

**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**Facultad de Construcciones**  
**Departamento de Ingeniería Civil**



**Determinación de los factores de equivalencia vehicular  
en las principales vías urbanas de Santa Clara**

**Trabajo de diploma presentado en opción al Título de Ingeniero Civil**

**Autora: Elizabeth Borges Chavez**

**Tutor: Dr. Ing. René García Depestre**

**Santa Clara**

**2017**

“...El conocimiento no solo es una necesidad del pensamiento y de la cultura, sino también es una necesidad revolucionaria de cualquier pueblo...”

Fidel Castro Ruz

**A mis padres:** por todo su apoyo, comprensión y amor en la realización de este sueño.

**A mi familia:** en especial a mi tía Onelia y a mi hermana Mariluz que siempre me han ofrecido su apoyo y cariño. A mi pareja Yurosman por su comprensión y por siempre estar presente cuando lo he necesitado.

**A mi tutor:** René por toda la paciencia que tuvo conmigo, por brindarme sus conocimientos y ayudarme en la realización de este proyecto.

**A mis compañeras de estudios:** por compartir conmigo todos estos años de sacrificios.

A todas las personas que contribuyeron a mi formación como profesional.

Gracias

## **RESUMEN**

La composición vehicular existente en Cuba y en particular en Villa Clara es heterogénea, marcada por una cantidad muy variada de vehículos lo que redundará en diferencias significativas en las velocidades entre los distintos tipos de los mismos, que afectan la capacidad y el nivel de servicio de las vías. Este tema influye en los estudios de Ingeniería de Tránsito donde se realiza la conversión de vehículos a una unidad común para la homogenización del flujo. En el presente trabajo de diploma se ha desarrollado una metodología para determinar los factores de equivalencia vehicular en las principales vías urbanas de Santa Clara utilizando al automóvil como el vehículo unitario basados en el método de la velocidad y el área proyectada de los vehículos a partir de la clasificación vehicular propuesta por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara. Los resultados obtenidos se comparan con los de la NC 53-118-1984 validando el método y finalmente proponiendo los factores equivalentes para las vías clasificadas como arterias principales y para las arterias menores y colectoras.

**Palabras claves:** Factores equivalentes, tránsito, velocidad, vías urbanas

## **ABSTRACT**

The vehicular essay existent in Cuba and particularly in Villa Clara is heterogeneous, dialed by a very varied vehicular which redounds with significative differences in the variances on the speeding between the distinct types of vehicles, that affect the ability and the level of the way services. This subject influences the surveys of the Traffic Engineering where does it happen the conversion of vehicles in a widespread unit to the homogeneity of the flux. On the present diploma work it is developed a methodology to determinate the factors of the vehicular equivalence on the principals urban ways of Santa Clara using the automotive vehicle as the unitary vehicle based in the speeding method and the area planned of the vehicles departing from the vehicular evaluation proposal by the Provincial Center of the Traffic Engineering in Villa Clara. The effects obtained are compared with the NC 53-118-1984 validating the method and finally proposing the equivalent factors to classified ways as principal arteries and to the minor arteries and colectors.

**Key words:** Equivalent factors, traffic, speed, urban ways

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL CONOCIMIENTO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS Y LOS FACTORES DE EQUIVALENCIA.....	7
1.1        Tipos de vehículos.....	7
1.1.1    Información básica sobre la geometría de los vehículos .....	12
1.2        Clasificación funcional de las vías urbanas.....	14
1.3        Factores equivalentes utilizados.....	17
1.4        Métodos utilizados para determinar los factores de equivalencia vehicular .....	21
Conclusiones parciales.....	26
CAPÍTULO II. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EQUIVALENCIA EN VÍAS URBANAS.....	27
2.1        Propuesta de metodología para la determinación de factores equivalentes en vías urbanas.....	27
2.2        Clasificación funcional de las vías urbanas.....	27
2.3        Selección de los tramos de vías urbanas a analizar .....	29
2.4        Agrupación de los vehículos por categorías .....	30
2.5        Realización del aforo vehicular en la hora pico.....	30
2.6        Selección del tamaño de la muestra a utilizar en la investigación.....	34
2.7        Trabajos de campo.....	34
2.7.1    Determinación de la velocidad .....	34
2.7.2    Determinación de las dimensiones de los vehículos .....	37
2.8        Aplicación del método seleccionado para determinar los factores equivalentes .....	38
2.9        Obtención de los factores por tipos de vehículos.....	39
2.10       Análisis de los resultados .....	40
Conclusiones parciales.....	40
CAPÍTULO III. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ..	41

3.1	Selección de los tramos de vías urbanas a analizar .....	41
3.2	Clasificación funcional de las principales vías urbanas de Santa Clara. ..	42
3.3	Agrupación de los vehículos por categorías .....	42
3.4	Realización del aforo vehicular .....	42
3.5	Selección del número de muestras.....	43
3.6	Trabajos de campo.....	45
3.6.1	Determinación de la velocidad .....	45
3.6.2	Área de los vehículos.....	46
3.7	Aplicación del método basado en la velocidad y área proyectada de los vehículos .....	47
3.8	Obtención de los factores equivalentes por tipos de vehículos .....	47
3.9	Análisis de los resultados .....	56
3.9.1	Comparación de los factores equivalentes determinados con los contemplados en la NC 53-118-1984 .....	56
3.9.2	Influencia de los factores equivalentes determinados en los estudios de Ingeniería de Tránsito.....	57
	Conclusiones parciales.....	58
CONCLUSIONES GENERALES .....		59
	Recomendaciones.....	60
BIBLIOGRAFÍA .....		61
ANEXOS .....		64
Anexo I	Aforo vehicular.....	64
Anexo II	Determinación de la velocidad.....	69
Anexo III	Determinación de la muestra.....	78
Anexo IV	Determinación de los factores equivalentes.....	79
Anexo V	Comprobación de los factores .....	79

## **INTRODUCCIÓN**

Con la invención de la rueda, el hombre comienza a desarrollar medios para trasladarse y mover de un lugar a otro personas y cargas, aparecen entonces los carricoches y las carretillas, estos medios de transporte de forma continua evolucionan hasta que en el siglo XIX surge el automóvil, fruto de la aplicación de los avances científicos y técnicos. Este automóvil se convierte en uno de los elementos primordiales del tránsito, y es necesario estudiarlo con detalle (Albentosa, et al. 2006).

En los últimos 80 años el progreso de la ciencia y la tecnología ha originado adelantos en los automóviles imposible de imaginárselos en los años 20 o 30 del siglo pasado, tales como sus dimensiones, sistema de frenado, iluminación, bolsas de aire como protección ante los accidentes, aplicación de la computación y comodidad en general, que permiten viajar a mayor velocidad y con la sensación de mayor seguridad. Es el vehículo el que mayor desarrollo ha experimentado de los tres componentes de la seguridad vial (Djeri-Alassani, 2010).

Según un estudio realizado por Enrique Kogan, en el 2013 existían en el mundo más de 1,1 mil millones de automóviles en la tierra, que es un aumento del 57% de los 700 millones de automóviles que se encontraban en los caminos en el año 2004. Estos se clasifican en función de sus características principales por su construcción y su utilización en: ligeros, pesados y ómnibus siendo los más tenidos en cuenta para los diferentes cálculos de ingeniería del tránsito los que son transformados a un vehículo equivalente con el objetivo de relacionar en los análisis una unidad de referencia.

Este mismo autor plantea que existen otros tipos de vehículos tales como motos, ciclos, tracción animal y humana que no se ha determinado un factor de equivalencia para llevarlos a autos equivalentes, por este motivo son excluidos de los métodos de cálculo de ingeniería de tránsito, pues los procedimientos de cálculos fueron ideados por países donde no se tienen la presencia de los vehículos antes mencionados.

En Cuba el tráfico en las carreteras es de naturaleza heterogénea con una amplia variación en las características dinámicas. Los vehículos según la Ley 109 Código de Seguridad Vial están divididos por su clasificación en ligeros (autos, microbús, jeeps, paneles y camionetas), vehículos pesados (camiones, remolque, semirremolque, arrastre y cuña de tracción), ómnibus, motos, ciclos, equipos especializados (tractores y vehículos

de construcción) y vehículos de tracción animal. Según el Centro Provincial de Registro de Vehículos perteneciente al Ministerio del Interior (MININT) en Villa Clara, el país cuenta con un total de 634 685 vehículos, de estos 350 860 pertenecen al sector particular y 283 825 pertenecen al sector estatal.

Algunas provincias han sufrido una serie de transformaciones y adecuaciones en los últimos años, donde el sistema de infraestructura vial, los modos de transporte y los sistemas reguladores del tránsito han influido en el desarrollo de la demanda vehicular de cada una. En la provincia de Villa Clara la clasificación es similar a la del país y cuenta con 41 306 vehículos que representa 6,5% de los vehículos de la nación, atendiendo a ello es la tercera provincia de Cuba que tiene mayor cantidad de vehículos, el flujo generado por los vehículos propios del territorio se ve incrementado por la condición de provincia central sumando los vehículos que cruzan por ella, además de los que tienen como destino la provincia.

En todos los países los vehículos transitan indistintamente atendiendo a su ubicación: por vías urbanas y rurales, sean clasificadas de principales, arteriales, colectoras o locales, este estudio va dirigido en particular a las vías urbanas (Gibson & Fernández).

Según la NC 53-80-1987 una vía urbana es la que se encuentra dentro del perímetro urbano, se caracteriza por tener un tránsito o flujo de vehículos interrumpido pudiendo existir tramos con flujos ininterrumpidos.

En los cálculos necesarios en la ingeniería de tránsito tanto a nivel internacional como en Cuba, es necesario convertir todo el tráfico mixto de vehículos en un vehículo estándar común que en lo adelante, en el desarrollo del trabajo se denominan autos equivalentes. Esta homogenización del tránsito se logra utilizando factores de equivalencia pues como existe diferencia significativa en las velocidades entre los distintos tipos de vehículos se afecta la capacidad y el nivel de servicio de las carreteras (Bull & Thomson).

Es importante tener en cuenta los factores que intervienen en los autos equivalentes entre los que se destacan las características del tráfico, densidad, flujo de tráfico y la velocidad que depende de la composición, el volumen y el ancho de la carretera por lo que el factor equivalente es diferente en un tramo de vía urbana que rural (Reddy & Patel, 2011).

La determinación de las equivalencias entre los diferentes tipos de vehículos en Cuba se recomienda en la NC 53-118-1984 Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y

niveles de servicio en Cuba. Esta norma está en desuso a raíz de nuevos procedimientos e indicaciones para determinar los niveles de servicio en el Manual de Capacidad de Carreteras del 2010 (HCM), donde además no se consideran los ciclos, vehículos de tracción animal y equipos especializados.

En Cuba para los diferentes análisis de circulación vehicular se emplean factores de equivalencia foráneos que no consideran las condiciones de los conductores, peatones, las vías y los tipos de vehículos. El estudio del contexto antes mencionado facilita plantear el **problema científico** de este trabajo: ¿Cómo determinar los factores de equivalencia para realizar los cálculos de ingeniería del tránsito en las vías urbanas fundamentales de la ciudad de Santa Clara?

El **objeto de estudio** de la presente investigación son los factores de equivalencia por tipos de vehículos, el **campo de acción** son las vías urbanas de Santa Clara.

**Objetivo general:**

Determinar los factores de equivalencias en los diferentes tipos de vehículos en las principales vías urbanas de Santa Clara.

**Objetivos específicos:**

- Realizar una búsqueda de bibliografía sobre el tema objeto de investigación a partir del criterio de investigadores en la temática.
- Seleccionar un conjunto de vías en las arterias urbanas cuyas características permitan realizar aforos vehiculares durante los horarios de máxima demanda, así como estudios de velocidad adecuadas para cada tipo de vehículo.
- Definir un método para estimar los factores de equivalencia vehicular para cada una de las vías urbanas estudiadas a partir de observaciones directas de flujos vehiculares.
- Comparar los factores de equivalencia vehicular obtenidos con los de otros estudios verificando diferencias entre los resultados.

**Hipótesis:**

La determinación de factores de equivalencia en función de los tipos de vehículos que transitan por las principales vías urbanas de la ciudad de Santa Clara contribuye a la obtención de resultados cercanos a la realidad en estudios de tránsito.

**Tareas de investigación:**

1. Recopilación bibliográfica preliminar, definición y apropiación del tema que permita conocer el estado del arte de la temática.
2. Selección de los tramos objeto de estudio de acuerdo a la clasificación de las vías urbanas en la ciudad de Santa Clara
3. Realización de los aforos vehiculares para determinar las características del tránsito.
4. Desarrollo de los estudios de velocidad.
5. Elaboración de una metodología para la determinación de factores de equivalencia utilizando el método basado en la velocidad y el área proyectada de los vehículos.
6. Análisis de los resultados obtenidos.
7. Elaboración del informe y defensa final.

La **novedad científica** del trabajo está dada en la determinación de factores de equivalencia en los diferentes vehículos para convertir la heterogeneidad del tráfico en homogeneidad lo que permite realizar para estudios de ingeniería de tránsito cercanos a la realidad.

El **aporte práctico** radica en la aplicación del método para la determinación de los factores de equivalencia en vías urbanas de Santa Clara, estudio de especial interés para el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara, para aplicarlo en los estudios relacionados con la circulación vehicular en la ciudad. Contribuye al conocimiento de futuras investigaciones en trabajos que involucren volúmenes de tránsito.

En el desarrollo de la investigación se utilizan diferentes **métodos** seleccionados, elaborados y aplicados sobre la base del método materialista dialéctico como, por ejemplo:

Histórico-lógico; permite conocer la temática estudiada desde el inicio, comparando diferentes procedimientos empleados para determinar los factores de equivalencia utilizados en los vehículos de las vías urbanas de Santa Clara.

Analítico-sintético: para establecer nexos, determinar aspectos comunes y distintivos en los enfoques metodológicos estudiados y obtener conclusiones.

Inductivo-deductivo: se irá de lo universal, en la determinación de factores de equivalencia, a lo particular en su aplicación en las vías urbanas de la provincia de Villa Clara y se pasará nuevamente a lo universal para arribar a conclusiones.

Sistémico-estructural: para analizar la utilización del procedimiento como parte de un sistema que interactúa con la planificación, la geometría de las carreteras y la calidad del servicio en vías urbanas.

**En los métodos empíricos** se emplea el análisis de documentos que permitan caracterizar los diferentes tipos de vehículos y valorar lo establecido al respecto en los factores de equivalencia en Cuba y otros países.

**En los métodos del nivel matemático y estadístico:** Se realiza un análisis de los factores de equivalencia a partir de índices y de la composición vehicular involucrada porcentualmente, para comparar los resultados obtenidos en cada tramo de vía seleccionada con los factores contemplados en la NC 53-118-1984, mediante el uso del Microsoft Office Excel 2010, utilizando diferentes estadígrafos como la media aritmética, la mediana, la desviación estándar, entre otros.

**Estructura del trabajo:**

La estructura del trabajo guarda relación directa con la metodología establecida y específicamente, con el desarrollo particular de cada una de las fases de la investigación. Se encuentra estructurada de la siguiente forma:

- Resumen
- Introducción
- Desarrollo

**Capítulo I: Estado del conocimiento sobre los diferentes tipos de vehículos y los factores de equivalencia**

Se realiza una extensa búsqueda bibliográfica relacionada con el tema de esta investigación para conocer los antecedentes y el estado actual del conocimiento sobre los diferentes tipos de vehículos que existen en el mundo y en Cuba. Aborda metodologías existentes en el mundo para la determinación de factores de equivalencias y demostrar porqué es necesaria su utilización.

## **Capítulo II: Procedimiento para la determinación de factores de equivalencia en vías urbanas**

Se expone el procedimiento establecido para la determinación del área, se calcula la velocidad y se determinan los factores de equivalencias utilizando el método de la velocidad y área proyectada de los vehículos a cada una de las vías urbanas objeto de la investigación, a partir de la clasificación vehicular propuesta por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara.

## **Capítulo III: Aplicación del procedimiento y análisis de los resultados**

En el presente capítulo se desarrollan cada uno de los pasos de la metodología descrita en el capítulo II para la determinación de los factores equivalentes. Se obtienen los resultados y se comparan con los establecidos en la NC 53-118-1984.

- Conclusiones
- Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas
- Anexos

# **CAPÍTULO I. ESTADO DEL CONOCIMIENTO SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS Y LOS FACTORES DE EQUIVALENCIA**

En este capítulo se realiza una extensa búsqueda bibliográfica relacionada con el tema de esta investigación, para conocer los antecedentes y el estado actual del conocimiento sobre los diferentes tipos de vehículos en Cuba y el mundo, sus principales características y las diversas clasificaciones. El capítulo aborda definiciones sobre la clasificación funcional de las vías urbanas. Concluye con el análisis de metodologías existentes en el mundo para la determinación de los factores de equivalencia. Esta revisión bibliográfica permite confirmar la hipótesis del trabajo y establecer la línea de trabajo a seguir.

## **1.1 Tipos de vehículos**

Cada país cuenta con un Reglamento Nacional de Vehículos, con el objetivo de establecer los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos, para que se registren, transiten y operen del Sistema Nacional de Transporte Terrestre. Los requisitos y características técnicas establecidas en el reglamento están orientadas a la protección y seguridad de las personas, los usuarios del transporte y del tránsito terrestre (Montoya, 2005).

Todo vehículo que transita por la infraestructura vial debe ser identificado de acuerdo a las características generales de diseño, uso y aplicación. Existen varias clasificaciones de vehículos como la de Mercosur, Bolivia, Ecuador y España. A continuación se presenta un ejemplo de la clasificación de vehículos según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2656:2012:

Categoría L. Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

Bici moto: Vehículo impulsado por un motor de baja potencia, con pedales de bicicleta para poder asistir al motor en las subidas o el arranque.

Trici moto: Vehículo de tres ruedas, cuya parte delantera es similar a la de una moto, pueden ser abiertos o cerrados, destinado al transporte de pasajeros y mercancías.

Motocicleta: Vehículo motorizado de dos ruedas para uso terrestre.

Tricar: Vehículo recreacional de tres ruedas.

Categoría M. Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

Cuatri moto: Vehículo de trabajo, deportivo o de recreación, con timón, montura y motor tipo motocicleta y cuatro ruedas.

Automóvil: Vehículos de menos de ocho asientos.

Microbús: Vehículo con un espacio interno para la circulación de pasajeros. El número de plazas puede ser hasta 26.

Minibús: Vehículo con un espacio interno para la circulación de pasajeros. El número de plazas puede ser hasta 60.

Ómnibus: Vehículo con un espacio interno para la circulación de pasajeros. El número de plazas puede ser hasta 90.

Ómnibus articulado: Formado por dos o más secciones rígidas, articuladas entre sí, en el cual los compartimentos de pasajeros de cada sección se intercomunican.

Furgoneta de pasajeros: Vehículo cerrado diseñado para el transporte de pasajeros. El número de plazas puede ser hasta 18.

Categoría N. Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

Camioneta: Vehículo diseñado para carga, con un volumen para carga de 3,5 ton.

Camión: Vehículo para el transporte de carga provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga, con un número de dos o más ejes.

Tracto camión: Vehículo diseñado esencialmente para apoyo y arrastre de una unidad de carga (semirremolque).

Furgoneta de carga: Vehículo cerrado, no posee ventanas ni asientos en la parte posterior.

Categoría O. Remolques (incluidos semirremolques).

Remolque: Unidad de carga no motorizada, diseñada para ser remolcada. Se apoya totalmente en un tren de ruedas posterior y un tren de ruedas delantero.

Semirremolque: Unidad de carga no motorizada, diseñada para ser acoplada a un tractor camión. Tiene un solo tren de ruedas posterior y su parte delantera se apoya en el tractor camión.

Combinaciones especiales. Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N y O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías o equipos especiales se clasifican en:

SA: Casas rodantes

SB: Vehículos blindados

SC: Ambulancias

SD: Vehículos funerarios

SE: Bomberos

SG: Porta tropas

No consideran vehículos de tracción animal, las máquinas agrícolas y equipos fabricados exclusivamente para el uso fuera de las vías públicas, en la industria de la construcción, minería y agricultura.

En Cuba los vehículos son agrupados por tipos, debido a la influencia particular de cada uno en las corrientes vehiculares y en las características geométricas del trazado de las vías. Para la correcta utilización del vehículo se debe tener en cuenta su estado técnico, el propósito para el cual será utilizado, además realizar un mantenimiento apropiado (Ramos, 2016).

En el año 2010 se implementó en Cuba la Ley 109 Código de Seguridad Vial, la clasificación vehicular según esta ley es la siguiente:

- Automóvil ligero: Vehículo de motor cuyo peso neto no exceda los 3 500kg.
- Microbús: Automóvil destinado al transporte de personas, cuyo número de asientos es mayor que ocho y no excede de 16, sin contar el del conductor.
- Automóvil: Vehículo de motor que sirve para el transporte vial de personas, animales o cosas, o para la tracción vial de vehículos utilizados para el transporte de personas, animales o cosas.
- Automóvil pesado: Vehículo de motor cuyo peso neto exceda de 3 500kg.
- Camiones: Vehículo de motor destinado al transporte de carga, cuyo peso máximo autorizado excede 3 500 kg.

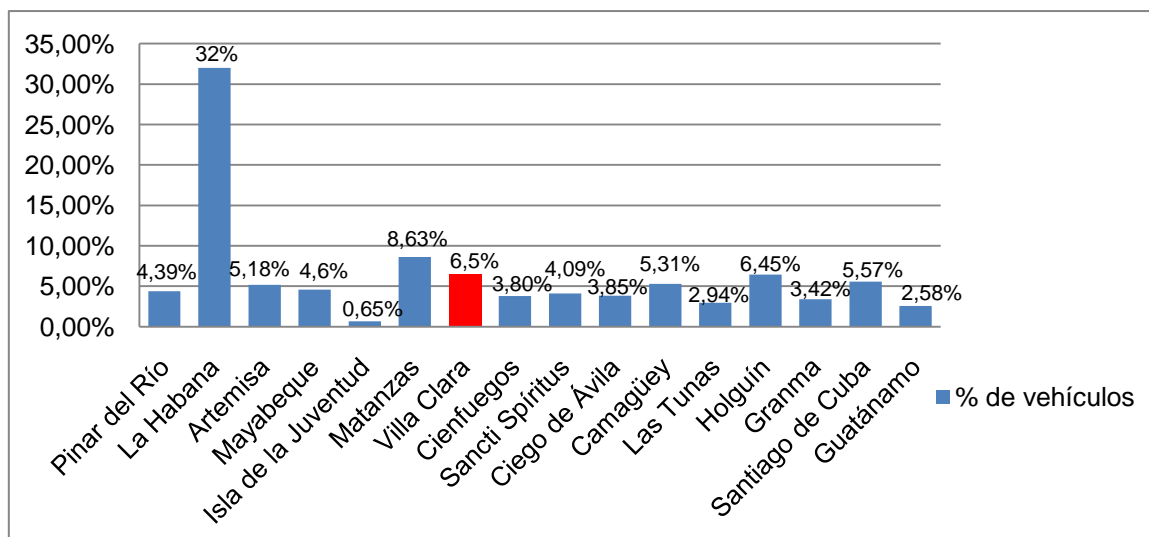
- Remolque: Vehículo sin motor arrastrado por un vehículo de motor.
- Remolque ligero: Remolque cuyo peso máximo autorizado no exceda de 750 kg.
- Semirremolque: Vehículo construido para ser acoplado a otro vehículo tractor o cuña, de tal manera que una parte sustancial de su peso y carga quede soportado por este último.
- Cuña de tracción: Vehículo de motor destinado al arrastre de un semirremolque, no preparado para llevar carga por sí mismo.
- Ómnibus: Vehículo destinado a transportar pasajeros, cuyo número de asientos exceda de 16 sin contar el del conductor.
- Motos: Vehículo provisto de propulsión propia que le permita circular por una vía, excepto el que se desplaza sobre rieles.
- Ciclomotor: Vehículo de por lo menos dos ruedas con motor térmico de cilindrada inferior a 50 cm<sup>3</sup> o con motor eléctrico de potencia no superior a 1 000 watt y una velocidad máxima por construcción hasta 50 km/h.
- Motocicleta: Vehículo de dos o tres ruedas, provisto de motor de propulsión con una cilindrada superior a 50 cm<sup>3</sup> o pueda arrollar una velocidad superior a los 50 km/h por construcción.
- Sidecar: Aditamento de una sola rueda acoplado a una motocicleta.
- Ciclos: Vehículo de por lo menos dos ruedas, movido por el esfuerzo muscular de las personas que lo conducen mediante pedales o manivelas.
- Vehículos especializados: Vehículos fabricados para trabajos agrícolas, obras y algunos servicios, con características especiales en cuanto a dimensiones, peso, etc.
- Tractor: Vehículo especial de motor, con dos o más ejes, que arrastra o empuja máquinas, aperos, remolques u otros vehículos.
- Vehículos de tracción animal: Vehículo arrastrado o tirado por animales.

La clasificación utilizada en la Norma Técnica Ecuatoriana difiere de la de Cuba ya que en la INEN 2656:2012 los vehículos se agrupan en diferentes categorías como la L, M, N, O y combinaciones especiales, mientras que en Cuba estos vehículos se encuentran por tipos con sus características principales. La Norma Ecuatoriana no comprende máquinas tales como tractores agrícolas, forestales, vehículos de tracción animal y máquinas industriales mientras que en la Ley 109 existe una clasificación para estos vehículos.

El Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito de Villa Clara agrupa estos vehículos en función del peso y la geometría de la forma siguiente:

- Ligeros: autos, microbús, jeeps, paneles y camionetas
- Pesados: camiones, remolque, semirremolque, arrastre y cuña de tracción
- Ómnibus: más de 16 asientos
- Motos: ciclomotor, motorinas
- Ciclos: bicicletas, triciclos
- Equipos especializados (tractores y vehículos de construcción)
- Vehículos de tracción animal

Según el Centro Provincial de Registro de Vehículos en Villa Clara, el país cuenta con un total de 634 685 vehículos. Como se puede apreciar en la figura 1.1, la provincia con mayor cantidad de vehículos es La Habana con 203 353 vehículos que representa un 32% de Cuba, Matanzas con 54 752 vehículos un 8,6% y Villa Clara con 41 306 vehículos es la tercera del país con 6,5%.

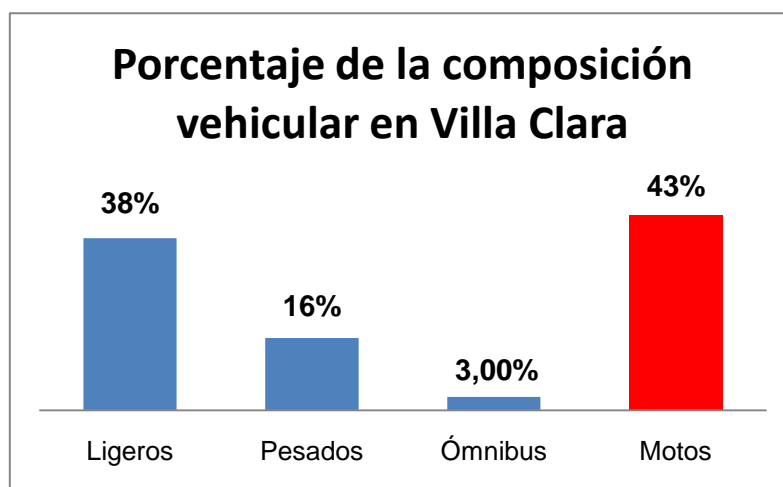


**Figura 1.1 Porcentaje de la composición vehicular por provincias**

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos proporcionados por el Centro Provincial de Registro de Vehículos en Villa Clara

En la figura 1.2 aparecen las categorías y el por ciento de vehículos en Villa Clara. Se destaca que la provincia presenta un 43% de motos en su composición vehicular, esta condición hace que este vehículo sea de gran importancia en la organización de los flujos vehiculares en espacios urbanos. La circulación, el uso y el crecimiento de motos son las

variables a analizar y en esta medida, es de gran importancia para la toma de decisiones, el definir la equivalencia de una motocicleta con un automóvil.



**Figura 1.2 Porcentaje de la composición vehicular en Villa Clara**

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos proporcionados por el Centro Provincial de Registro de Vehículos en Villa Clara

En la tabla 1.1 se observa el aumento de la cantidad de vehículos en Cuba fenómeno que ha crecido con el transcurso de los años. En los años de 1980 a 1989 hubo un incremento en la cantidad de vehículos con un total de 18 307 de los cuales un 56,7% pertenece a las motos.

**Tabla 1.1 Cantidad de vehículos por años en Villa Clara**

Clase de Vehículos	Antes 1959	1959-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	Posterior 2009
Ligeros	3760	472	1329	4770	1819	2145	1305
Pesados	372	414	1605	2724	758	600	526
Ómnibus	10	9	173	442	97	335	240
Motos	499	1703	2477	10371	1069	867	415
Total	4641	2598	5584	18307	3743	3947	2486

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos proporcionados por el Centro Provincial de Registro de Vehículos en Villa Clara

### 1.1.1 Información básica sobre la geometría de los vehículos

En Japón, en el estudio *Estimating capacity and vehicle equivalent unit by motorcycles at road segments in urban road*, a partir de Satish Chandra en 2003, se establecen valores

físicos de la geometría en dependencia del tipo de vehículo para destacar la importancia de estos datos en estudios de tránsito con tráfico heterogéneo. Estos datos se reflejan en la tabla 1.2:

**Tabla 1.2 Categorías de vehículos y sus dimensiones**

Tipo de vehículo	Longitud	Ancho	Área rectangular
Ciclo	1,9	0,45	0,86
Motocicleta	1,87	0,64	1,2
Automóvil	3,72	1,44	5,36
Microbús	6,1	2,1	12,81
Autobús	10,1	2,43	24,54

Fuente: Chandra, 2003

En la India en el estudio *Dynamic equivalency factor of mixed traffic stream for urban arterial midblocks* por Kumar Reddy y Chetan Patel se comprobó que en el área urbana existe en el tráfico vehículos de dos ruedas, tres ruedas, automóviles y bicicletas por lo que para llegar a una información razonable de las dimensiones representativas del vehículo para cada categoría, se calcula el promedio ponderado de cada dimensión del segmento de automóvil y debido a la falta de datos de referencia y que otras categorías de vehículos tienen poca participación en el tráfico urbano, sus dimensiones representativas son directamente tomado del estudio de Satish Chandra (2004).

La Tabla 1.3 muestra, las dimensiones de cada categoría de vehículo consideradas en este estudio.

**Tabla 1.3 Dimensiones de cada categoría de vehículos**

Número	Categoría	Vehículos incluidos	Dimensiones promedio (m)		Área (m <sup>2</sup> )
			Largo	Ancho	
1	Moto	Motocicleta, ciclomotor	2,00	0,74	1,48
2	Automóvil	Auto, jeep, camioneta pequeña	3,69	1,55	5,72
3	Autobús	Bus estándar	10,50	2,45	25,73
4	Camión	Camión grande	7,50	2,35	17,63
5	Ciclo	Bicicletas	1,90	0,45	0,86

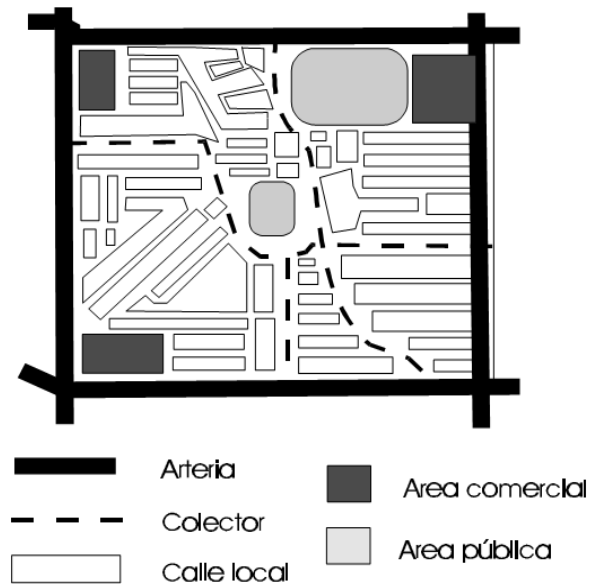
Fuente: Chandra, 2004

A diferencia de estos países, en Cuba se establece en el artículo 103 de la Ley No 109, Código de Seguridad Vial, como ancho máximo 2,60 m, altura máxima 4,00 m y la longitud para vehículos rígidos 15,00 m y para articulados 18,00 m. No se conoce que existan las dimensiones de los vehículos para cada clasificación.

## 1.2 Clasificación funcional de las vías urbanas

La clasificación funcional agrupa a carreteras de acuerdo al carácter del servicio que deben proveer. La mayoría de los viajes incluyen movimientos a través de redes viales y las vialidades utilizadas por estos movimientos pueden ser clasificadas de acuerdo a la red vial que conforman de una manera lógica. Por lo tanto, la clasificación funcional de las redes viales es consistente con la categorización de los viajes. La jerarquía de movimientos en áreas urbanas se ilustra en la Figura 1.3.

Sin embargo, la clasificación de vialidades es un poco complicada en áreas urbanas, ya que debido a la alta densidad y usos de suelo, los centros específicos de generación de viajes son muy difíciles de identificar; por lo tanto se deben tomar en cuenta consideraciones adicionales, tales como continuidad de las vialidades, distancia entre intersecciones, accesibilidad, de manera que se pueda definir una red lógica y eficiente (Montoya, 2005).



**Figura 1.3 Movimientos en una red vial urbana**

Un ejemplo de la clasificación de sistemas urbanos es la utilizada en Perú según Ingeniería de Tránsito. En este país los cuatro sistemas funcionales de vialidades para áreas urbanas son las arterias principales, las arterias menores (vialidad primaria), los colectores (vialidad secundaria) y las calles locales (Montoya, 2005).

### 1) Sistema de Arterias Urbanas Principales

Este tipo de sistema sirve a los mayores centros de actividad en áreas urbanas, los corredores con los más altos volúmenes vehiculares, los deseos de viaje más largos y lleva una proporción alta de la totalidad de los viajes urbanos a pesar de que constituyen un pequeño porcentaje de la red vial total de la ciudad.

Este tipo de sistemas incluyen autopistas y arterias principales con control de acceso parcial o sin control de acceso.

### 2) Sistema de Arterias Urbanas Menores

Este sistema se interconecta y complementa al sistema anterior. Incluye a todas las arterias no clasificadas como principales. Este sistema pone más énfasis en acceso y ofrece menos movilidad de tránsito que el sistema inmediatamente superior. Este sistema puede servir a rutas de autobuses locales y proveer continuidad entre comunidades, pero idealmente, no debería penetrar vecindarios.

### 3) Sistema de Colectores Urbanos

Este sistema provee acceso y circulación de tránsito dentro de vecindarios residenciales, áreas comerciales e industriales. Este sistema colecta tránsito de calles locales y los canaliza hacia el sistema de vialidades primarias.

### 4) Sistema de Calles Locales

Este sistema permite acceso directo a generadores de viajes, conectándolos con los sistemas de vialidades superiores. Ofrece el nivel más bajo de movilidad y por lo general, no debiera llevar rutas de autobuses (por deficiencias en los sistemas viales de nuestras ciudades, esto muchas veces no se cumple), (Montoya, 2005).

En Cuba la clasificación de las vías urbanas se realiza según la NC 53-80-1987, "Clasificación funcional de las vías urbanas", de acuerdo a la función que realiza y se aplica en trabajos de planeamiento, inversiones, codificación, estudios y proyectos viales. Esta clasificación es similar a las consultadas a nivel internacional.

Esta clasificación establece un sistema por categorías de las vías urbanas en los diferentes núcleos urbanos que permite a la población en general, conocer la función que estos prestan dentro de la red vial, de forma tal que cualquier conductor de vehículos

pueda conocer si la misma le permite salir del perímetro urbano, o si se conecta con otra vía de mayor categoría de acuerdo al sistema de señalización que se establezca.

Para la clasificación de las vías se partirá siempre del sistema superior (expresos, arterias principales), luego se procede con el sistema inmediato inferior (arterias menores, colectoras, locales). Algunas características de estas vías son las siguientes:

1) Vías expresas

Conducen el flujo vehicular rápido de los distritos de viviendas a zonas industriales periféricas del núcleo urbano. Permite además la comunicación del núcleo urbano con la red externa.

2) Arterias principales

Este sistema será el encargado de mover el tránsito en dirección hacia las vías expresas y el que provienen de ellas. Aunque este sistema sirva principalmente para mover el tránsito que entra o sale del área urbana, así como los movimientos transversales que rodean el centro de la ciudad actúan normalmente dándole servicios secundarios a las zonas pobladas a los lados.

3) Calle arterial menor

Son las encargadas de comunicación de las zonas de viviendas o de industrias entre sí y con los lugares de descanso, en zonas de viviendas son periféricas a los distritos. Su diseño permitirá una velocidad y un tráfico vehicular menos intenso que el sistema arterial principal.

4) Calle colectora

Este sistema difiere de los sistemas arteriales en que las vías de este sistema colector pueden penetrar en la vecindad distribuyendo viajes, desde las arterias a través de la superficie hasta su último destino, que puede ser en la calle local o colectora. Inversamente la calle colectora puede recoger tránsito de las calles locales de la vecindad y canalizarlas por los sistemas arteriales.

5) Calle local

El sistema de calles locales comprende todas las instalaciones que no se encuentran en los sistemas de mayor categoría. Estas vías tienen como función principal el prever

acceso inmediato a los lados de las zonas pobladas como a sistemas de un orden superior.

### 1.3 Factores equivalentes utilizados

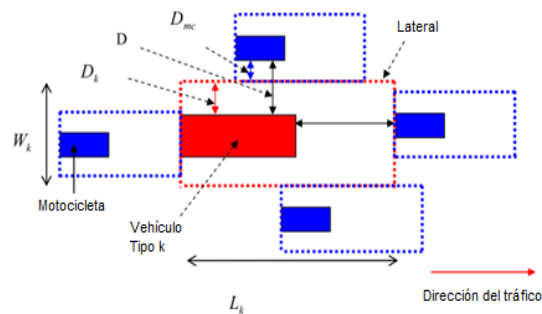
El término "equivalente de automóvil de pasajeros" se introdujo por primera vez en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) versión 1965 para definir el efecto de camiones y autobuses en el flujo de tráfico. Se definió como "el número de vehículos de pasajeros desplazados en el tráfico por un camión o un autobús, con las condiciones prevaletientes de la calzada y del tráfico. Sin embargo, la definición más reciente de auto equivalente en el (HCM 2000) es el número de pasajeros que están desplazados por un solo vehículo pesado de un tipo determinado en la calzada, con las condiciones de tráfico y de control que prevalece (Shalini & Kumar, 2014).

A continuación se realiza la descripción de algunos factores y relaciones de comparación de los diferentes vehículos con el automóvil, utilizados en diferentes investigaciones y publicaciones, contextualizando que de la composición del tráfico, el volumen y las condiciones físicas de la vía depende el factor de comparación o la equivalencia (Velandia, 2014).

En la India, se tiene la investigación recomendada por el IRC "*Indian Roads Congress*" (*India Infrastructure Report*, 2001) donde se ilustran valores, sin embargo este reporte no explica cómo fueron evaluados o calculados dichos factores (Yarce, 2015).

En el 2009 en Hanói, Vietnam se trabajó la estimación de la capacidad y la unidad equivalente en tramos viales urbanos. Para la investigación se aplicó el método de promedios ponderados y el modelo logarítmico de *Greenberg*, el cual fue ajustado con regresión lineal, para la estimación de la capacidad, el flujo máximo de vehículos, la velocidad crítica de la corriente media y la densidad crítica. Los resultados indican que la capacidad de las carreteras urbanas está en función del número y ancho de carriles. La investigación resalta que el espacio efectivo para un vehículo se define como el límite existente respecto a otros vehículos, manteniendo un estado de dependencia, este espacio permite maniobrar con respecto a la velocidad con la que se circule. Por lo tanto, esta variable depende de la velocidad del vehículo, el modo y otros vehículos adyacentes. Los datos de campo indicaron que el espacio efectivo de cada vehículo varía según la velocidad de movimiento del vehículo y el factor de equivalencia aumenta ligeramente

según el número de carriles de cada carretera urbana durante la hora de máxima demanda (Yarce, 2015).



**Figura 1.4 Espacio efectivo de un vehículo dentro de una corriente vehicular**

Fuente: Nguyen, et al, 2009

En Perú, un documento de la Universidad Nacional de Ingeniería, presenta consideraciones técnicas para el diseño de infraestructura vial e ingeniería de tránsito, en este documento se describe a los factores medios de equivalencia de diferentes tipos de vehículos en función de las vías que utilizan. Es de acotar que en la fuente de la elaboración de estos factores se cita en el año 1965, al *Research on Road Traffic-Road Research Laboratory-de Londres* como fuente primaria (Velandia, 2014).

En el 2014 en Guyana se presenta la estimación de los factores por la mezcla de tráfico y condiciones de flujo que prevalecen en las intersecciones dentro de la Metrópoli de Kumasi. Los resultados se muestran en función de la categoría del vehículo, del tipo de intersección y de la no presencia de fricción originada en la orilla del camino (Obiri, et al, 2014).

En el 2014 se realizó la estimación de factores equivalentes, utilizando el tráfico heterogéneo que prevalece en las arterias de la ciudad de Karachi, Pakistán (Adnan, 2014).

En la tabla 1.2 se muestran factores equivalentes para diferentes tipos de vehículos en varios países. Estos factores se determinaron empleando varios métodos de acuerdo con las características del tránsito de cada país pero no calcularon todas las categorías de vehículos por no ser de interés para la investigación. Se puede observar que en la India y Vietnam consideran a las motos como el vehículo unitario, y en Perú, Guyana y Pakistán es el automóvil.

**Tabla 1.4 Valores de equivalencia utilizados en vehículos en varios países**

Países	Ciclos	Motos	Automóvil	Minibús	Ómnibus	Camión
<b>India (2001)</b>	0,80	1,00	2,00	4,40	8,00	-
<b>Vietnam (2009)</b>	1,38	1,00	3,43	8,34	10,48	-
<b>Perú (2005)</b>	0,33	0,75	1,00	-	3,00	2,50
<b>Guyana (2014)</b>	-	-	1,00	1,35	-	2,25
<b>Pakistán (2014)</b>	-	0,25	1,00	2,00	2,50	3,00

Fuente: Elaboración propia a partir de diferentes estudios

- No se calculó el factor para estos vehículos por no ser de interés en la investigación de estos países

En Cuba los factores equivalentes empleados son los que recomienda la NC 53-118-1984 (Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio en Cuba), es preciso destacar que estos valores fueron determinados para las condiciones de los EE.UU, considera como vehículo unitario al automóvil.

Los factores que intervienen en la determinación de la equivalencia son el nivel de servicio, tipo de terreno, las características de la vía (ancho de carril, pendiente, radio de giro, superficie de rodadura, etc), la composición vehicular y características del conductor (Velandia, 2014).

La tabla 1.3 muestra los factores equivalentes promedio para camiones y ómnibus en carreteras de múltiples carriles en función del nivel de servicio y el tipo de terreno del tramo en estudio.

**Tabla 1.5 Factores equivalentes para camiones y ómnibus en carreteras de múltiples carriles**

Nivel de servicio		Factor equivalente		
		Terreno llano	Terreno ondulado	Terreno montañoso
<b>A</b>		Variable, uno o más camiones tienen el mismo efecto (no existen equivalencias)		
<b>Desde el B hasta el E</b>	<b>Para camiones</b>	2	4	8
	<b>Para ómnibus*</b>	1,6	3	5

\*usar solo cuando los volúmenes sean  $\geq 3\%$

La tabla 1.4 muestra los factores equivalentes promedio para camiones y ómnibus en carreteras de dos carriles en función del nivel de servicio y el tipo de terreno del tramo en estudio.

**Tabla 1.6 Factores equivalentes para camiones y ómnibus en carreteras de dos carriles**

Equivalentes	Nivel de servicio	Factor Equivalente		
		Terreno llano	Terreno ondulado	Terreno montañoso
Para camiones	A	3	4	7
	B y C	2,5	5	10
	D y E	2	5	12
Para ómnibus*	Todos los niveles	2	4	6

\*usar solo cuando los volúmenes sean  $\geq 3\%$

La comparación entre los valores de factores equivalentes en el mundo y los contemplados en Cuba según la NC 53-118-1984 arrojan diferencias significativas. Los factores cubanos fueron determinados solo para camiones y ómnibus en dependencia del tipo de terreno y del nivel de servicio. En el mundo los factores equivalentes para camiones se encuentran entre 2 y 3 unidades, esos valores son los utilizados en Cuba para terreno llano. Para ómnibus los valores se encuentran entre 2 y 8 unidades los que coinciden con los de Cuba para todo tipo de terreno. Los valores cubanos son similares a los determinados en el año 2014 en Pakistán.

Según las Normas de Semáforos pertenecientes a Ingeniería de Tránsito y al Minint, en Villa Clara los factores de equivalencia empleados se muestran en la tabla 1.7, estos se utilizan para determinar el volumen mínimo de vehículos, requisito que se debe cumplir para la instalación de un semáforo.

**Tabla 1.7 Coeficientes para la conversión de vehículos**

Categorías de vehículos	Factor equivalente
Motos	0,5
Autos, jeeps, camioneta, motos con sidecar, microbús	1
Camiones hasta 6 ton, cuñas tractoras, ómnibus chicos	2
Camiones mayores de 6 toneladas	2,5
Ómnibus grandes	2,5
Vehículos articulados	4
Vehículos de tracción animal	2,5

Fuente: Ingeniería de Tránsito, 2007

Nota: Los tractores sin arrastre se consideran autos, los tractores con arrastre se consideran como camiones hasta 6 toneladas.

## 1.4 Métodos utilizados para determinar los factores de equivalencia vehicular

Varios autores como Chandra, Zala y Kumar realizaron estudios donde compararon métodos para estimar los factores de equivalencia vehicular, utilizando datos de campo recolectados y encontraron una gran variación de valores de equivalencias vehiculares para cada uno de los métodos calculados, indicando que los resultados dependen del método escogido. A continuación se presentan varios métodos que permiten determinar estos factores:

- 1) Cálculo del flujo equivalente en carreteras de dos carriles según HCM (2010). Este método se puede determinar a través de la expresión 1.1:

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_p} \quad (1.1)$$

Donde:

$V_p$  : Tasa de flujo equivalente en vehículos ligeros para el período pico de 15 minutos (veh/h)

$V$  : Demanda de volumen para una hora pico completa (veh/h)

$PHF$  : Factor de hora pico

$N$  : Número de carriles

$f_{HV}$  : Factor de ajuste para vehículos pesados

$f_p$  : Factor de ajuste para tipo de conductor

Para obtener la tasa de flujo equivalente es necesario calcular el factor de ajuste para vehículos pesados, que permite convertir camiones y ómnibus a vehículos equivalentes a través de la expresión 1.2:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + Pb(Eb - 1) + P_R(Er - 1)} \quad (1.2)$$

Donde:

$P_T$  : Porcentaje de camiones en el tráfico, expresado en decimal

$Pb$  : Porcentaje de ómnibus en el tráfico, expresado en decimal

$P_R$  : Porcentaje de vehículos recreativos en el tráfico, expresado en decimal

$E_T$  : Equivalencia de vehículo por camión, obtenido de la tabla 1.8 o 1.9

$E_R$  : Equivalencia de vehículos por ómnibus, obtenido de la tabla 1.8 o 1.9

**Tabla 1.8 Equivalencia de camiones y ómnibus para determinar velocidades en segmentos en dos sentidos y segmentos direccionales**

Tipo de vehículo	Rango de velocidades de flujo en vías bidireccionales (veh/h)	Rango de velocidades de flujo en vías direccionales (veh/h)	Tipo de terreno	
			Llano	Ondulado
Trucks, ET	0-600	0-300	1,7	2,5
	>600-1200	>300-600	1,2	1,9
	>1200	>600	1,1	1,1
RV <sub>s</sub> , ER	0-600	0-300	1	1,1
	>600-1200	>300-600	1	1,1
	>1200	>600	1	1,1

Fuente: Manual de capacidad de carreteras, 1991

**Tabla 1.9 Equivalencias de camiones y ómnibus para determinar tiempos de seguimiento en segmentos en dos sentidos y segmentos direccionales**

Tipo de vehículo	Rango de velocidades de flujo en vías bidireccionales (veh/h)	Rango de velocidades de flujo en vías direccionales (veh/h)	Tipo de terreno	
			Llano	Ondulado
Trucks, ET	0-600	0-300	1,1	1,8
	>600-1200	>300-600	1,1	1,5
	>1200	>600	1	1
RV <sub>s</sub> , ER	0-600	0-300	1	1
	>600-1200	>300-600	1	1
	>1200	>600	1	1

Fuente: Manual de capacidad de carreteras, 1991

2) Estudio basado en demoras

Algunos estudios utilizan el atraso relativo entre los vehículos para calcular la equivalencia vehicular. Cunagin y Messer (1983) calcularon los factores de equivalencia a través del análisis de 14 tipos de vehículos en carreteras de dos carriles. Este método estima el valor del factor basado en la distribución de la velocidad y los volúmenes de tráfico como se muestra en la expresión 1.3:

$$E_{ij} = \frac{(D_{ij} - D_{base})}{D_{base}} \quad (1.3)$$

Donde:

$E_{ij}$ : Factor de equivalencia del vehículo tipo  $i$  sometido a la condición  $j$

$D_{ij}$ : Demora del vehículo ligero por causa del vehículo  $i$  sometido a la condición  $j$

$D_{base}$ : Demora del vehículo ligero por cruce de otro más lento

Una gran mayoría de resultados presentados demostraron que según aumenta el porcentaje de camiones, menor es el volumen equivalente vehicular. También fue constatado que, conforme aumenta la inclinación de la pista o volumen de vehículos en la carretera, mayor es  $E_{ij}$ .

### 3) Estudio basado en el intervalo de tiempo (headway)

Otro estudio realizado por Krammes y Crowley (1986) indica que los factores de equivalencia vehicular son diferentes para los tipos de carreteras y por tanto incorporan variables que contribuyen al impacto de los vehículos pesados en la calidad de servicio para cualquier tipo de carretera, ver expresión 1.4:

$$E_T = \frac{[(1-p)(\bar{h}_{MPT} + \bar{h}_{MTP} - \bar{h}_{MPP}) + p * \bar{h}_{MTT}]}{\bar{h}_{MTT}} \quad (1.4)$$

Donde:

$E_T$ : Factor de equivalencia vehicular

$p$ : Porcentaje de camiones en la corriente de tráfico

$\bar{h}_{MJK}$ : Intervalo para las combinaciones siendo  $j$  vehículo seguidor y  $k$  vehículo líder

$P$ : Vehículos ligeros

$T$ : Camiones

Algunas consideraciones sobre la expresión anterior:

$$\bar{h}_{MP} = \bar{h}_{MPT} = \bar{h}_{MPP} \quad (1.5)$$

$$\bar{h}_{MT} = \bar{h}_{MTP} = \bar{h}_{MTT} \quad (1.6)$$

De esta forma sustituyendo las expresiones 1.5 y 1.6 en 1.4 se obtiene:

$$E_T = \frac{\bar{h}_{MT}}{\bar{h}_{MP}} \quad (1.7)$$

Cuando son comparadas las cuatro combinaciones posibles: auto-auto, auto-camión, camión-auto, camión-camión la distancia entre dos vehículos pesados es mayor, también puede concluirse que el espaciamiento entre dos autos es menor. Cuando son comparados a velocidades inferiores de 30 km/h el caso auto-camión es mayor que

camión-auto. La relación camión-auto es menor cuando la velocidad sobrepase los 30 km/h. De esta forma, las simplificaciones hechas en el estudio de Krammes y Crowley (1986) pueden inducir errores importantes en la estimación del factor de equivalencia.

4) Estudio basado en velocidad y área proyectada de los vehículos

Estudios realizados en la India utilizan la relación entre la velocidad y área proyectada de los vehículos en carreteras como forma de obtener los factores equivalentes. Chandra (2004) presentó una forma de cálculo de los factores de equivalencia como una división de la relación entre las velocidades de autos y vehículos pesados entre el área ocupada por estos vehículos. De esta forma, para el cálculo del factor equivalente se utiliza la expresión 1.8:

$$E_T = \frac{V_c / V_i}{A_c / A_i} \quad (1.8)$$

Donde:

$E_T$ : Factor de equivalencia de vehículos de tipo  $i$

$V_c$ : Velocidad de vehículo ligero

$V_i$ : Velocidad del vehículo de tipo  $i$

$A_c$ : Área rectangular del vehículo ligero

$A_i$ : Área rectangular proyectada del vehículo de tipo  $i$

Los autores calculan los factores para camiones, autos y ómnibus en todas las categorías estudiadas y los factores decrecen con el aumento del flujo de vehículos, también se verificó que los valores decrecen cuando la proporción de vehículos estudiados aumenta con la corriente de tráfico. Para los vehículos pesados conforme aumenta su porcentaje en la corriente, el factor de equivalencia vehicular es menor.

5) Estudio basado en tasas de flujo y densidades

Reilly y Seifert (1969) calcularon el factor de equivalencia vehicular comparando el flujo de una carretera de dos carriles con autos y camiones. Para cada una de las vías fueron colectados datos de flujo-velocidad. El cálculo se realizó mediante la expresión 1.9:

$$E_T = \frac{(q_b - q_m * p)}{p * q_m} \quad (1.9)$$

Donde:

$E_T$  : Factor de equivalencia vehicular

$q_b$  : Flujo básico auto/h

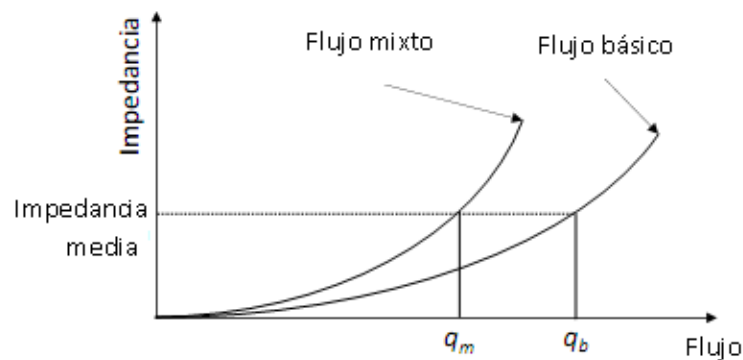
$q_m$  : Flujo mixto veh/h

$p$  : Porcentaje de camiones

Los factores de equivalencia obtenidos indican que los valores decrecen cuando el porcentaje de camiones sobrepasa el 10%.

6) Estudio basado en la impedancia de la tasa de flujo

En este método propuesto por Huber (1982), los factores de equivalencia se calculan a través de la relación entre los flujos de una corriente de tráfico, una traficando camiones junto con autos (flujo mixto) y otra corriente de tráfico solo con autos (flujo básico) considerando que las dos corrientes presenta un mismo nivel de impedancia.



**Figura 1.5 Concepto de equivalencia entre una corriente de tráfico básica y mixta (Huber, 1982)**

El estudio demostró que los factores de equivalencia vehicular pueden ser calculados por la expresión 2.0:

$$E_T = \frac{1}{p} \left( \frac{q_b}{q_m} - 1 \right) + 1 \quad (2.0)$$

Donde:

$E_T$  : Factor de equivalencia vehicular de camiones en una corriente de tráfico

$q_b$  : Flujo básico solo con autos

$q_m$  : Flujo mixto compuesto autos y camiones

$p$  : Fracción de camiones en la corriente de tráfico

Estos métodos son basados en condiciones de tráfico homogéneas para países desarrollados, excepto el método basado en la velocidad y área proyectada de los vehículos que puede ser aplicado a tráfico heterogéneo. Existen diferencias significativas en estos ya que se realizan según las condiciones del tránsito de cada país.

### **Conclusiones parciales**

- En el mundo los vehículos se clasifican por categorías según la función que realizan y en Cuba la Ley 109, no agrupa los vehículos, sino que muestra de forma directa los tipos de vehículos que circulan en el país según las características geométricas del trazado de las vías incluso contiene los vehículos de tracción animal, los que no son mencionados en los demás países.
- Los factores equivalentes de la NC 53-118-1984 (Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio en Cuba) no están actualizados y se determinaron solo para camiones y ómnibus, estos son similares a los obtenidos en el año 2014 en Pakistán ya que en ambos países para lograr la uniformidad del tránsito consideran al automóvil como el vehículo equivalente.
- Existen varios métodos para la determinación de los factores equivalentes como el método basado en la velocidad y el área proyectada de los vehículos el cual es adecuado para ser aplicado a condiciones de tráfico heterogéneo, el método basado en las demoras, método basado en el intervalo de tiempo, etc se basan principalmente en condiciones homogéneas del tráfico en países desarrollados.
- La revisión de la bibliografía y la realización de varios estudios donde se determinan los factores equivalentes permiten confirmar la hipótesis del trabajo trazada en el marco teórico de la investigación.

## **CAPÍTULO II. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EQUIVALENCIA EN VÍAS URBANAS**

En el siguiente capítulo se proponen los aspectos que se deben considerar en la determinación de factores equivalentes en vías urbanas desde el punto de vista metodológico. La base teórica en la que se fundamenta esta metodología se encuentra descrita en la revisión bibliográfica anteriormente realizada.

### **2.1 Propuesta de metodología para la determinación de factores equivalentes en vías urbanas**

En este epígrafe se mostrará el procedimiento que se propone seguir para determinar los factores equivalentes en vías urbanas de interés en la provincia de Villa Clara.

1. Selección de los tramos de vías urbanas a analizar
2. Clasificación funcional de las vías urbanas
3. Agrupación de los vehículos por categorías
4. Realización del aforo vehicular en la hora pico
5. Selección del tamaño de la muestra a utilizar en la investigación
6. Trabajos de campo en los sitios seleccionados
7. Aplicación del método seleccionado para determinar los factores equivalentes
8. Obtención de los factores por tipos de vehículos
9. Análisis de los resultados

Los aspectos anteriormente expuestos son la base de la investigación científica a seguir, para lograr determinar los factores equivalentes en las principales vías urbanas de Santa Clara.

### **2.2 Clasificación funcional de las vías urbanas**

La red viaria de la provincia de Villa Clara presenta un desarrollo de 6 643,14 km, de interés nacional hay 1 064,49 km, la mayor cantidad de vías en la provincia son de interés específico con 2 997,32 km lo que representa el 45,12%. No tiene declaradas vías de

interés provincial, dentro de las vías municipales hay 1 346,51 km (52,16%) que son vías rurales y 1 234,82 km (47,84%) son vías urbanas (Peraza, 2016).

Estas vías urbanas se clasifican según la NC 53-80-1987, "Clasificación funcional de las vías urbanas" en:

- Vías expresas
- Arterias principales
- Calles arteriales menores
- Calles colectoras
- Calles locales

Las vías expresas: Estarán localizadas en poblaciones mayores que 500 000 habitantes. Dan poco o ningún servicio a las zonas urbanas a cada lado de su trayectoria. Se encargarán en una ciudad de aliviar la congestión del tránsito que no va dirigido a la misma. Estarán divididas en multicarriles con poca o ninguna intersección a nivel y podrán acomodar viajes de paso.

Las vías expresas están diseñadas para grandes intensidades de tránsito a alta velocidad y son principalmente propuestas para dar servicio a los viajes largos. Las autopistas urbanas estarán contempladas dentro de la clasificación de vías expresas. Por la vía expresa circulará el transporte colectivo, expreso o semiexpreso. Estará situada de manera que no trastorne el desarrollo previsto de los usos del terreno y servirá de barrera entre terrenos de distintos usos.

Las arterias principales: Estas vías se encuentran en ciudades con más de 100 000 habitantes. En estas vías se concentran los viajes de paso. El parqueo, la carga y descarga pueden haber sido limitados o prohibidos en ellas para mejorar su capacidad. La longitud del viaje principal será mayor que 1,5 km. Su uso por el medio de transporte colectivo será normal o semiexpreso.

Permitirá la comunicación entre los diferentes distritos de la ciudad o zonas industriales, comerciales y residenciales con el centro a altas velocidades. Su diseño permitirá un volumen de tránsito intenso.

Calle arterial menor: Este sistema interconecta con el sistema arterial principal urbano, aumentándolo y proporcionando servicio a viajes de longitud menor de 1,5 km. Estas vías

se encuentran en ciudades mayores de 20 000 habitantes. Conecta un área o zona del perímetro urbano con el sistema arterial principal. Este sistema no se utilizará para viaje de paso por la ciudad, ni tendrá que ser continuo necesariamente. Se diferencia del sistema arterial principal, por la longitud del viaje que ellos pueden acomodar. Podrá ser usado por ómnibus y camiones para penetrar a un área y dar servicio directo a dicha área. Podrá conectar vías rurales de menor importancia con el sistema arterial principal.

Calles colectoras: Proporciona tanto el servicio de acceso al uso del terreno, como los movimientos de tránsito local entre los microdistritos de viviendas, áreas comerciales o zonas industriales.

Proporciona el uso del medio de transporte colectivo para conectar un destino específico más próximo en casos de zonas comerciales. Definen el servicio de las arterias y la distribución de rutas de medios de transporte colectivo. Ofrece un buen nivel de movilidad al uso del medio de transporte colectivo permitiendo contener rutas de ómnibus.

Calles locales: Este sistema se utiliza fundamentalmente como red interna dentro de los microdistritos de viviendas, zonas industriales y comerciales. Ofrece el más bajo nivel de movilidad y no deberán contener rutas de ómnibus. Deliberadamente no deberá estimularse al servicio directo de tránsito, así como es preciso evitar que las use el tránsito de paso.

La longitud del viaje principal será mayor de 0,8 km. Las calles locales se subclasifican de acuerdo a la ubicación del área en que sirven en:

1. Residenciales
2. Industriales
3. Comerciales

Ocupan un gran por ciento del total de kilómetros de vías de una ciudad pero aportan una pequeña proporción de vehículos por kilómetro de viaje.

### **2.3 Selección de los tramos de vías urbanas a analizar**

Los tramos de vías urbanas se seleccionarán en función de la categoría funcional y técnica, de las condiciones geométricas de la infraestructura vial, volúmenes de tránsito, composición vehicular, los índices de accidentalidad debido al nivel de peligrosidad, la conectividad entre las arterias ya sea de norte a sur o de este a oeste, ya que estas son

las características que ofrecen una adecuada movilidad a través de una suficiente velocidad de operación, garantizan la funcionabilidad de la vía, la seguridad, la comodidad, la estética, y la compatibilidad con el medio ambiente (García).

## 2.4 Agrupación de los vehículos por categorías

Las categorías de los vehículos, el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito, las agrupa en seis, en función del peso del vehículo y otras consideraciones en cuanto a la geometría y a la función que realiza, para los diferentes estudios que allí se realizan, como se muestra en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Categorías según el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito**

Categoría	Vehículos que incluye
Ligeros	Autos, microbús (menos de 16 asientos), jeeps, paneles, camionetas
Pesados	Camiones, arrastre, cuña, remolque, semirremolque
Ómnibus	(Más de 16 asientos)
Motos	Ciclomotor y motorinas
Ciclos	Bicicletas y triciclos
Equipos especializados	Tractores, equipos de construcción (grúas, cargadores, etc.)
Vehículos de tracción animal	

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de los factores equivalentes se toma una muestra de vehículos por cada categoría.

## 2.5 Realización del aforo vehicular en la hora pico

En Ingeniería de Tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas o peatones. Los conteos se realizan para obtener datos reales sobre estimaciones de volumen, tasas de flujo, demanda y capacidad (Spíndola & Grisales, 1994).

Los aforos se realizarán según el Manual de Ingeniería de Tránsito perteneciente al Minint (2007). El aforo es la enumeración de los vehículos que pasan por uno o varios puntos de una vía o vías, clasificándolos de acuerdo con distintos criterios según el objeto del estudio. A no ser que se enumeren los vehículos continuamente todo el año, año tras año, los aforos constituyen una toma de muestras que pueden ser desde unos pocos minutos hasta muchos meses.

Las razones para realizar estos estudios son variadas, y el tipo de dato así como el tiempo de duración de los mismos dependen de la aplicación que se les vaya a dar. Algunos requieren determinar la composición vehicular y los movimientos direccionales, como el caso de estudio de una intersección urbana, y en otros solo se necesita conocer volúmenes totales.

Conforme al procedimiento y equipo empleados pueden distinguir dos clases principales de aforos: manuales y con instrumentos registradores, aunque a veces también se usa el método de filmación. Normalmente se evita hacer los aforos en condiciones anormales: mal tiempo, días de fiesta, eventos deportivos importantes, a no ser que el aforo se haga para estudiar el efecto de esas condiciones especiales.

- **Aforos manuales**

Gran parte de los aforos de volúmenes de tránsito se hacen de forma manual debido a varias razones, en primer lugar, los aforos manuales están al alcance de más ingenieros de tránsito y profesores, especialmente de los que cuentan con pocos recursos. En segundo lugar en aforos que duran pocas horas no vale la pena llevar, instalar y recoger equipo automático. En tercer lugar, la percepción de los aforadores humanos es siempre mucho más inteligente que la de las máquinas, por perfeccionadas que estas sean, y permite captar fácilmente muchos detalles que son difíciles de obtener mecánicamente tales como los movimientos direccionales de los vehículos y los relacionados con la clasificación de lo que se cuenta. Sin embargo, las máquinas, según se van perfeccionando, van acercando su percepción a la humana.

La mayoría de los aforos manuales son cortos y se hacen en las horas pico, durante una o dos horas, divididas en períodos que son comúnmente de 15 minutos. Cuando interesa conocer las variaciones diurnas de los volúmenes, los aforos se hacen de siete de la mañana a siete de la noche, período en el que se considera circula el 70% del volumen diario. Los modelos de campo pueden confeccionarse de forma que se adapten a los requerimientos del aforo.

Dentro de la precisión de los estudios se destaca el error estimado de la muestra:

- menos del 10% si  $TPD > 500$  veh/día
- menos del 20% si  $TPD < 500$  veh/día
- Nivel de confianza del 95%

Aunque los resultados de estos tipos de estudios se emplean mayormente en actividades de planeamiento urbano, su objetivo principal es estimar el tránsito promedio diario anual (TPDA) o el tránsito promedio diario (TPD) para días laborales, a media cuadra, en las vías principales de una ciudad.

En vías urbanas las variaciones temporales más importantes de los patrones de los volúmenes de tránsito son las diarias y las semanales, no las anuales. En cambio la distribución de las horas y días de labor son los factores que influyen poderosamente en la demanda de tránsito urbano y causan las variaciones diarias y semanales en los patrones de volúmenes que se han mencionado.

- **Aforos automáticos**

Si se desea hacer aforos de volúmenes de más de 10 horas el costo del personal aumenta proporcionalmente al tiempo. Entonces se deben considerar los aforos automáticos. La principal desventaja de los aforos automáticos es que, la mayoría de ellos solo proporcionan número de vehículos o ejes y no distinguen el tipo de vehículo, ni su movimiento direccional, ni los peatones, etc. Los avances tecnológicos permiten captar cada día más detalles del tránsito automáticamente, automatizar más las tareas de reducción y análisis de los datos captados y reducir el tamaño del equipo para que sea más fácil de ocultar.

Cuando la unidad captadora cuenta ejes, hay que convertir el número de ejes en número de vehículos. La dificultad estriba en que todos los vehículos no tienen dos ejes, por lo es preciso tomar una muestra manualmente para estimar el número promedio de ejes por vehículo y dividir el número de ejes contados entre ese promedio. Algunos consideran que en un aforo automático de 24 horas se pueden seleccionar dos horas para observar los ejes.

En estos últimos años ha surgido un tipo de contador para detectar el paso de los vehículos (no sus ejes). Combina las unidades captadoras y acumuladoras en un dispositivo muy pequeño que es completamente independiente y su fila sobre el pavimento. Puede registrar también la velocidad, tipo y longitud de los vehículos. Un programa informático reduce, analiza los datos captados y produce distintos tipos de gráficos. Ellos pueden ser:


- Portátiles o fijos

- Se utilizan para aforos de larga duración
- Algunos sólo cuentan número de ejes
- No contabilizan movimientos direccionales
- **Filmación y cámaras virtuales**

Es posible obtener todos los movimientos direccionales que ocurran simultáneamente, por intensos que sean, utilizando un solo observador. Ofrece mayor confianza pues se puede comprobar datos que parezcan erróneos. Se trabaja más cómodamente y al abrigo de las inclemencias del tiempo. Permite obtener otros datos que interesen.

A partir de todo lo expuesto en relación a los métodos para estudios de volúmenes de tránsito se decide que los estudios de volúmenes se llevarán a cabo mediante aforos de tránsito realizados manualmente en un tramo de las vías seleccionadas para el estudio. Se realizan en la hora pico, divididas en períodos de 15 minutos registrando los vehículos que pasan, en una hoja de campo especial, correspondiente a la clasificación que se quiera hacer de los vehículos (ver tabla 2.2). Los aforadores deben colocarse en lugares donde distingan bien a los vehículos, pero sin distraer a sus conductores (Radelat, 1985).

**Tabla 2.2 Modelo para la realización del aforo vehicular**

 <b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>									
<b>MININT</b>	<b>Organización del Tránsito</b>							<b>Hoja de campo</b>	
<b>Lugar:</b>					<b>Tramo:</b>				
<b>Fecha:</b>					<b>Sentido:</b>				
<b>Tiempo:</b>					<b>Chequeador:</b>				
<b>Categorías</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>								
	<b>Hora</b>		<b>Hora</b>		<b>Hora</b>		<b>Hora</b>		
	<b>dos ruedas</b>	<b>tres ruedas</b>	<b>dos ruedas</b>	<b>tres ruedas</b>	<b>dos ruedas</b>	<b>tres ruedas</b>	<b>dos ruedas</b>	<b>tres ruedas</b>	
Ligeros									
Pesados									
Ómnibus									
Motos									
Ciclos									
Equipos especializados									
Vehículos de tracción animal									
<b>Total</b>									

Fuente: Elaboración propia a partir de los modelos usados en el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara

## 2.6 Selección del tamaño de la muestra a utilizar en la investigación

Luego de la realización del aforo se toma el período de 15 minutos más cargado para cada categoría como el tamaño de la población para la selección de la cantidad de vehículos a analizar (Depestre, 2012).

El cálculo del número de muestras (cantidad de vehículos por categoría) se realiza utilizando la expresión 2.1, que es recomendable utilizar cuando se conoce el tamaño de la población.

$$n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq} \quad (2.1)$$

Donde:

$n$  : Tamaño de la muestra

$E$  : Precisión o error

$Z$  : Nivel de confianza

$P$  : Variabilidad positiva

$q$  : Variabilidad negativa

$N$  : Tamaño de la población

En este caso el nivel de confianza utilizado es de un 95%, la variabilidad positiva y negativa 0,5 y el error de 5%.

La determinación del número de muestras de velocidad que se analiza en cada sitio sujeto a estudio para calcular la velocidad de operación, se obtiene de aplicar la expresión 2.1 pues se dispone del número total de vehículos en las vías urbanas analizadas por categorías e intervalo de tiempo.

## 2.7 Trabajos de campo

### 2.7.1 Determinación de la velocidad

Existen factores que causan variaciones en las velocidades de los vehículos entre los que se pueden distinguir: los físicos, que afectan el funcionamiento de los vehículos, los psicológicos y los artificiales, que modifican en el comportamiento del conductor (García, 2016). De estos factores se derivan varios elementos específicos que influyen en la velocidad de los vehículos, tales como:

- Tipo de conductor
- Tipo y características de vías y vehículos
- Medio ambiente y hora del día

- Interacción vehicular
- Regulación del tránsito

La velocidad se determinará según el Manual de Trabajo perteneciente al Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito, 2007 por dos medios mediante el enoscopio y el radar.

- **Estudio de velocidad en un punto con enoscopio**

Este estudio consiste en determinar la velocidad de los vehículos en un punto o estación de la vía. El primer aspecto de los estudios del Inventario Vial consiste en conocer la velocidad de la vía en los diferentes tramos, pues a partir de este dato es que se determinan las longitudes de las cuerdas para los estudios de visibilidad.

Instrucciones:

- 1) Se realiza una inspección de lugar a fin de observar si existen obstrucciones visuales, que no hagan impedimentos físicos y que exista un lugar donde puedan permanecer los chequeadores ocultos si es posible, todo para evitar que los conductores no reduzcan la velocidad y continúen en forma habitual.
- 2) Este estudio se realiza mediante el enoscopio auxiliado de una cuerda y un cronómetro. La duración será de un conteo de 120 vehículos o 2 horas de conteo ininterrumpido en cualquier hora.
- 3) El enoscopio se sitúa a 30 m del observador cuando el estudio se hace en una zona urbana o curvas a 50 m, cuando se realiza en zona rural en rectas. Cuando el observador percibe la imagen de un vehículo en el espejo del enoscopio pone en marcha el cronómetro y no lo para hasta que el mismo vehículo pase frente él, entonces anota con un palote en las columnas de autos o camiones y en el tiempo que horizontalmente corresponda. Cuando el tránsito es muy intenso no posible medir la velocidad de cada vehículo y hay que hacer una selección al azar.
- 4) Llenar el modelo OT-1 (estudios de velocidad en un punto) que dice:
  - a) Lugar: El lugar donde se realiza el estudio.
  - b) Entre: Entre que calles se encuentra el punto (para zona urbana) y entre carretera en zona rural.
  - c) Fecha: La fecha en que se realiza.
  - d) Sentido: Hacia qué sentido se están tomando las velocidades.

- e) Distancia: Se pondrá la distancia a la que se encuentra el chequeador del aparato.
- f) Tiempo: Se pondrá las horas a las que se realiza el estudio.

- **Estudio de velocidad en un punto con radar**

Para realizar el estudio el equipo se dividirá en parejas, el radista (el que apunta con el radar y mide la velocidad) y el otro compañero que tendrá una tablilla y anota la velocidad en el modelo de estudio de velocidad (OT-1A).

Este modelo se llenará previo al estudio del modo siguiente:


- a) Lugar: Ahí se anotará la vía que se trate.
- b) Fecha: Día que se realice el estudio, mes y año.
- c) Hora: Hora del comienzo del estudio.
- d) Entre: Significa entre los lugares que se realiza el estudio.
- e) Sentido: El sentido hacia el cual los vehículos se dirigen.
- f) Equipo usado: El medio que usa para el estudio.

Precauciones:

Al realizar el estudio los dos compañeros estarán solos. El del radar estará próximo a la vía pero no encima de ella. El anotador puede estar sentado pero próximo al compañero del radar. No deben vestir ropa verde olivo y/o que parezcan un militar. Si pueden y tienen se pueden poner para protegerse una gorra de la vía civil o un sombrero, no deben conversar para garantizar la calidad del trabajo. Cuando se acercan varios vehículos deben tomar la velocidad del vehículo más cercano.

De estos métodos se empleará el estudio de velocidad en un punto con pistola radar, se mide la velocidad a la cantidad total de vehículos por categorías que se obtienen de aplicar la expresión 2.1 y se registran en la siguiente hoja de campo.

Tabla 2.2 Modelo para la determinación de la velocidad

		<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito Ministerio del Interior</b>					
<b>MININT</b>	<b>Estudio de velocidad en un punto Cronómetro chino y radar</b>					<b>Modelo OT-1A</b>	
<b>Lugar:</b>			<b>Fecha:</b>				
<b>Entre</b>			<b>Sentido:</b>				
<b>Distancia del aparato:</b>			<b>Chequeador:</b>				
		<b>Categorías</b>					
Radar (km/h)	Ligeros	Pesados	Ómnibus	Motos	Ciclos	Equipos especializados	Tracción animal
Total de vehículos							

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

### 2.7.2 Determinación de las dimensiones de los vehículos

Las dimensiones (largo y ancho) de las diferentes categorías de vehículos se tomarán de países que realicen estudios de ingeniería de tránsito basados en condiciones similares a las de Cuba y de investigaciones cubanas relacionadas con el presente estudio, deben cumplir las limitaciones de la Ley 109 Código de Seguridad Vial. Estas dimensiones se comprobarán de forma manual con cinta métrica debido a que no existe un documento oficial con esta información. Se llenará la tabla 2.2 donde se hallará un promedio de las dimensiones largo y ancho.

Tabla 2.3 Dimensiones de los vehículos por categorías

Categorías	Vehículos incluidos	Dimensiones (m)		Área (m <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	
Ligeros	Autos, microbús, jeeps, paneles y camionetas			
Pesados	Camiones, remolque, semirremolque, arrastre y cuña de tracción			
Ómnibus	Más de 16 asientos			
Motos	Ciclomotor, motorinas			
Ciclos	Bicicletas, triciclos			
Tracción animal				
Equipos especializados	Tractores, equipos de construcción (grúas, cargadores, etc.)			

Fuente: Elaboración propia

## 2.8 Aplicación del método seleccionado para determinar los factores equivalentes

Existen varios métodos para determinar los factores equivalentes como el cálculo del flujo equivalente en carreteras de dos carriles según HCM (2010), el método basado en demoras, el método basado en el intervalo de tiempo (headway), método basado en tasas de flujo y densidades, método basado en la impedancia de la tasa de flujo y el método basado en la velocidad y área proyectada de los vehículos el cual será utilizado en esta investigación.

Este método es el más adecuado para condiciones de tráfico heterogéneas, que son las condiciones que existen en Cuba. Un estudio realizado en la India por Chandra et al, 2003 consideró la velocidad como una variable principal para determinar el efecto relativo de vehículos individuales en el tráfico.

De esta forma, para el cálculo del factor equivalente la fórmula utilizada es la siguiente:

$$E_T = \frac{V_c / V_i}{A_c / A_i} \quad (2.2)$$

Donde:

$E_T$ : Factor de equivalencia de vehículos de tipo  $i$

$V_c$ : Velocidad de vehículo ligero

$V_i$ : Velocidad del vehículo de tipo  $i$

$A_c$ : Área rectangular del vehículo ligero

$A_i$ : Área rectangular proyectada del vehículo de tipo  $i$

El tamaño físico de un vehículo es un indicador de la ocupación espacial, que es crucial en características de flujo de tráfico, sin embargo, el valor del tamaño de un vehículo es constante. La variable de relación de velocidad en la ecuación es una función de las condiciones de la carretera y del tráfico, cualquier cambio en estas condiciones afectará la velocidad de los vehículos. La velocidad de cualquier tipo de vehículo será la verdadera representación de interacción del tipo de vehículo debido a la presencia de otros vehículos de su categoría y de otro tipo (Chandra et al, 2003).

## 2.9 Obtención de los factores por tipos de vehículos

Después de calcular los diferentes factores equivalentes por tipos de vehículos en cada vía se determinará la media de estos factores a través de la expresión 2.3:

$$F_{veq}^- = \frac{\sum F_{eq}}{N} \quad (2.3)$$

Donde:

$F_{veq}^-$  : Media de los factores equivalentes

$F_{eq}$  : Factores equivalentes

$N$  : Número de factores equivalentes calculados en cada vía

Debido a que no todos los vehículos viajan a la misma velocidad, existe una dispersión de sus velocidades alrededor de la media. Una medida estadística de esta dispersión es la desviación estándar muestral (S), la cual por definición se expresa como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_{eq} - F_{veq}^-)^2}{N - 1}} \quad (2.4)$$

Donde:

$S$  : Desviación estándar muestral

$F_{eq}$  : Factores equivalentes

$F_{veq}^-$  : Media de los factores equivalentes

$N$  : Número de factores equivalentes calculados en cada vía

El intervalo de confianza para un nivel de confiabilidad del 95% se determinará de la forma siguiente:

$$[F_{veq}^- - k * S ; F_{veq}^- + k * S] \quad (2.5)$$

Donde:

$S$  : Desviación estándar muestral

$F_{veq}^-$  : Media de los factores equivalentes

$k$  : Constante de confiabilidad para el 95%=1,96 según la tabla 9.6 del libro de Ingeniería de Tránsito, Cal, et al, 2010

## **2.10 Análisis de los resultados**

Después de una correcta revisión y recogida de datos proporcionados por los modelos de Ingeniería de Tránsito se destacarán las vías que presentan mayor volumen vehicular. Con la aplicación del método de la velocidad y el área proyectada de los vehículos a los tramos de vías delimitados se podrá establecer una comparación entre los factores de la NC 53-118-1984 y los obtenidos.

### **Conclusiones parciales**

- Se propone un procedimiento metodológico general que permite determinar los factores equivalentes para las diferentes categorías de vehículos en vías urbanas de la provincia de Villa Clara tomando como vehículo unitario al automóvil.
- La selección de las vías utilizadas en la investigación se realiza a partir de los resultados obtenidos en la NC 53-80-1987 y de criterios como la conectividad que ofrecen a la ciudad, el volumen de vehículos que son capaces de almacenar, la capacidad vehicular y los índices de accidentalidad que muestran.
- Se emplearán para los estudios de volúmenes de tránsito aforos manuales en los tramos de vías seleccionadas aplicando las categorías empleadas por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito.
- La determinación de la velocidad se realizará utilizando la pistola radar y el método empleado para determinar los factores equivalentes será el de la velocidad y el área proyectada de los vehículos el cual es fundamental para la obtención de resultados cercanos a la realidad.
- Se utilizarán varias fórmulas estadísticas para el procesamiento de los datos como la media de los factores equivalentes y la desviación estándar muestral.

## **CAPÍTULO III. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados de la aplicación del procedimiento descrito en el capítulo II, para diez tramos de vías urbanas de interés en la provincia de Villa Clara. Primeramente se escogerán los tramos de vías, se clasificarán funcionalmente y se realizarán trabajos de campo para luego aplicar el método de la velocidad y área proyectada de los vehículos y determinar los factores equivalentes en las principales vías urbanas. Es importante destacar que la aplicación se ha realizado en conjunto con el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito dada la importancia de los resultados del análisis.

### **3.1 Selección de los tramos de vías urbanas a analizar**

En este trabajo de diploma se analizarán diez tramos de las siguientes vías ya que fueron diseñadas para un flujo vehicular inferior al que están sometidos en la actualidad, debido a la variedad de vehículos que circulan por dichas vías y al aumento de la población en las zonas urbanas.

- 1) Carretera Central desde el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito-Sandino: es una arteria principal
- 2) Carretera Central desde el Palacio de Pioneros-Avenida 9 de Abril
- 3) Carretera Central desde INPUD 1<sup>ro</sup> de Mayo-Riviera
- 4) Carretera Camajuaní desde Tren Blindado-Calle Tomás Ruiz
- 5) Calle Unión entre Independencia y Martí
- 6) Calle Maceo entre N<sup>tra</sup> Nicolasa y Avenida 9 de abril
- 7) Calle Colón entre Estrada Palma y Misionero
- 8) Calle Cuba entre Estrada Palma y Misionero
- 9) Calle San Miguel entre Juan Bruno Zayas y Alemán
- 10) Calle Martí entre Luis Estévez y Máximo Gómez

Estas son las vías objeto de estudio, ya que según información brindada por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito se encuentran dentro de las que presentan mayor tráfico vehicular y peligrosidad debido al nivel de accidentalidad.

### 3.2 Clasificación funcional de las principales vías urbanas de Santa Clara.

La clasificación funcional de las vías urbanas se realizó según la NC 53-80-1987 “Clasificación funcional de las vías urbanas” atendiendo a la función que estas prestan dentro de la red vial. En la tabla 3.1 se muestran los resultados de la clasificación realizado a los tramos de vías seleccionados en la investigación:

**Tabla 3.1. Clasificación funcional de las principales vías urbanas de Santa Clara**

Vías	Clasificación según NC 53-80-1987
Carretera Central desde el CPIT - Sandino	Arteria principal
Carretera Central desde Palacio Pioneros - Avenida 9 Abril	Arteria principal
Carretera Central desde INPUD 1 <sup>o</sup> de Mayo - Riviera	Arteria principal
Carretera Camajuaní desde Tren Blindado - Calle Tomás Ruiz	Calle arterial menor
Calle Unión entre Independencia y Martí	Calle colectoras
Calle Maceo entre N <sup>tra</sup> Nicolasa y Avenida 9 de Abril	Calle colectoras
Calle Colón entre Estrada Palma y Misionero	Calle colectoras
Calle Cuba entre Estrada Palma y Misionero	Calle colectoras
Calle San Miguel entre Juan Bruno Zayas y Alemán	Calle colectoras
Calle Martí entre Luis Estévez y Máximo Gómez	Calle colectoras

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar la mayoría de las vías urbanas seleccionadas tienen la clasificación de vías colectoras, las cuales corresponden a las vías que enlazan las viviendas, áreas comerciales o zonas industriales con buena movilidad.

### 3.3 Agrupación de los vehículos por categorías

Como se presenta en el capítulo II, para el presente estudio se toma la clasificación vehicular ofrecida por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara. Cada categoría y los tipos de vehículos que incluye se muestran en la tabla 2.1 del capítulo II.

### 3.4 Realización del aforo vehicular

En cada una de las diez vías seleccionadas se realizan aforos vehiculares mediante el método manual, durante la hora de máxima demanda (8:00 a 9:00 am), estos aforos se presentan en el anexo I.

Como parte de los resultados de los aforos realizados, se muestran en la tabla 3.2 los porcentajes de la composición vehicular y el total de vehículos contados.

**Tabla 3.2 Porcentaje de la composición vehicular en la hora de máxima demanda (8:00-9:00)**

Vías	Composición vehicular (%)							Total
	Ligeros	Pesados	Ómnibus	Motos	Ciclos	Equipos especiales	Tracción animal	
CPIT-Sandino	45	8	7	19	17	1	3	600
Palacio Pioneros-Ave 9 Abril	52	7	4	35	3	0	1	773
INPUD-Riviera	40	8	5	28	15	1	3	993
Camajuaní	39	5	3	22	20	1	10	684
Calle Unión	35	4	2	26	17	1	15	361
Calle Maceo	46	3	2	25	19	0	5	635
Calle Colón	20	1	2	37	29	0	11	396
Calle Cuba	26	3	3	27	27	2	12	365
Calle San Miguel	32	2	3	30	25	0	8	290
Calle Martí	34	1	3	38	21	0	3	369

Fuente: Elaboración propia

Mediante los aforos vehiculares se logra determinar los tipos de vehículos que con mayor frecuencia circulan en la provincia de Villa Clara, obteniéndose que en la composición del tránsito predominan los vehículos ligeros alcanzando valores de 52% en la Carretera Central en el tramo Palacio de Pioneros-Avenida 9 de Abril, lo que representa más de la mitad de la cantidad total de vehículos que pasan durante la hora pico (8:00-9:00) en esta vía. Además se destacan las motos y los ciclos con los mayores porcentajes de circulación, por detrás de los ligeros. Los equipos especializados presentan los menores porcentajes de circulación en todas las vías donde se realiza la investigación. Es de destacar que la calle Unión presenta un 15% de vehículos de tracción animal

### 3.5 Selección del número de muestras

En los 15 minutos más cargados para cada una de las diez vías seleccionadas, se calculan las unidades de muestra o la cantidad de vehículos a los que se le medirá la velocidad, ver anexo III.

Los resultados se muestran en la tabla 3.3, donde se incluyen el total de vehículos contados, el número de muestras calculadas y la cantidad de muestras realizadas, este

último aspecto se obtiene después de concluir los estudios de velocidad que se presentan en el epígrafe siguiente.

**Tabla 3.3 Total de muestras analizadas**

Vías	Cantidad/Muestras/Muestras analizadas							
	Ligeros	Pesados	Ómnibus	Ciclos	Motos		Equipos especiales	Tracción animal
					dos ruedas	tres ruedas		
CPIT-Sandino	76/41/42	11/10/10	12/11/11	25/20/20	26/20/23	3/3/3	0	5/5/5
Palacio Pioneros-Ave 9 Abril	143/55/56	11/10/10	9/8/9	2/2/2	25/20/20	19/16/16	0	0
INPUD-Riviera	110/50/50	22/18/18	18/15/15	44/30/30	39/27/28	28/21/22	2/2/2	4/4/4
Camajuaní	69/39/40	11/10/10	5/5/5	18/15/15	33/24/25	33/24/25	2/2/2	18/15/15
Unión	35/25/26	4/4/4	1/1/1	14/12/13	25/20/20	4/4/4	1/1/1	15/13/13
Maceo	43/29/30	4/4/4	1/1/1	18/15/15	25/20/20	9/8/9	0	3/3/3
Colón	38/27/27	2/2/3	4/4/4	33/24/25	38/27/27	32/24/24	0	22/18/18
Cuba	21/17/18	1/1/1	4/4/4	17/14/15	17/14/15	15/13/13	1/1/1	20/16/17
San Miguel	19/16/16	3/3/3	4/4/4	19/16/16	19/16/16	5/5/5	1/1/1	5/5/5
Martí	33/24/25	0	4/4/4	20/16/17	30/23/23	10/09/10	0	2/2/2

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un total de 1 026 muestras, de ellas se realizaron 1 056 durante los trabajos de campo, para un 102,9% en el cumplimiento de la muestra. En la tabla 3.4 se presenta la cantidad total de muestras realizadas para cada categoría, donde la mayor cantidad pertenece al grupo de vehículos ligeros con 330 muestras, lo que se corresponde con la metodología adoptada en la investigación, que presenta este tipo de vehículo como la unidad de referencia para la determinación de los factores de equivalencia vehicular. Igualmente se destacan las motos de dos ruedas con 217 muestras y los vehículos especializados presentan la menor cantidad de muestras con un total de 7 durante los estudios de velocidad.

**Tabla 3.4 Muestras realizadas para cada categoría**

Ciclos	Motos		Ligeros	Pesados	Ómnibus	Equipos especializados	Tracción animal	Total
	de dos ruedas	de tres ruedas						
168	217	131	330	63	58	7	82	1056

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Trabajos de campo

#### 3.6.1 Determinación de la velocidad

Las mediciones de velocidades se realizaron con el asesoramiento de los compañeros del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito, se utilizó la pistola radar en función del total de muestras obtenidas. Los registros de campo se muestran en el anexo II.

Durante los estudios de velocidad, los mayores valores corresponden a los vehículos ligeros en cada una de las diez vías donde se realiza la investigación. La tabla 3.5 muestra la velocidad media y la velocidad máxima registrada para este tipo de vehículo en cada vía.

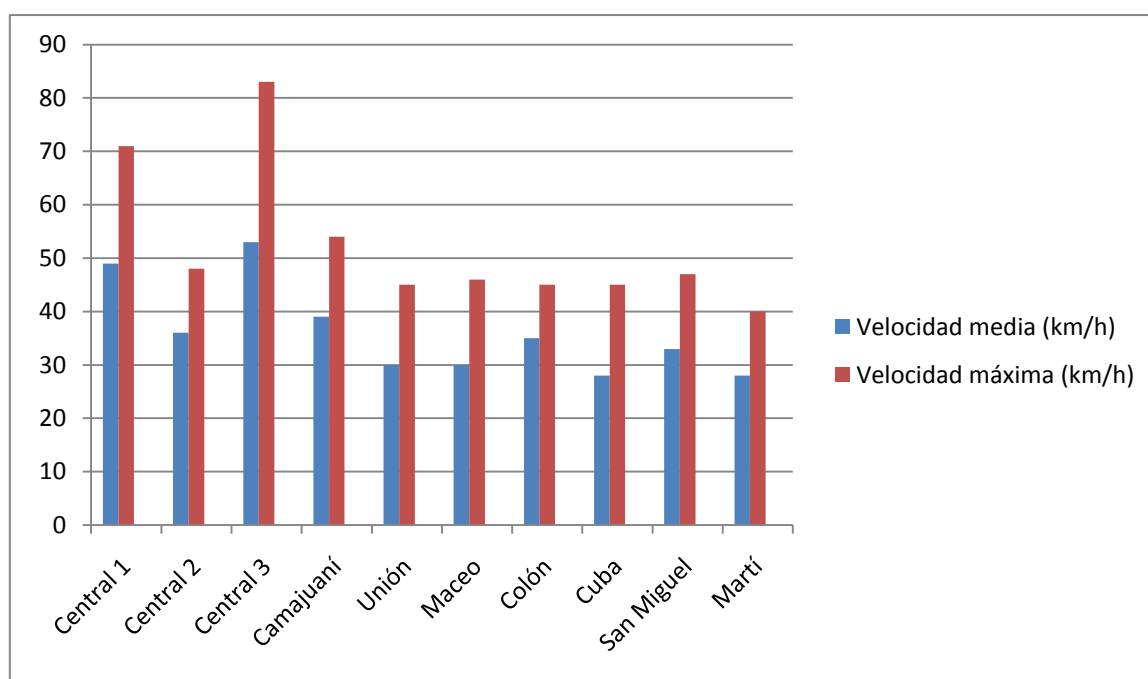


Figura 3.1 Velocidad de los vehículos ligeros

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que las mayores velocidades se encuentran en la Carretera Central. En las otras vías la velocidad es menor debido a la presencia de los vehículos de tracción animal, ciclos y motos en mayores proporciones y a la presencia de rutas de ómnibus.

### 3.6.2 Área de los vehículos

Las dimensiones de los vehículos ligeros, pesados y ómnibus se seleccionaron del Servicio Nacional de Caminos, Bolivia, 2004, que se encuentra en el “Texto del alumno Ingeniería de Tráfico”.

En los equipos especializados se toman las dimensiones de los vehículos pesados, esto se debe a que la geometría es similar en algunos de los vehículos que forman parte de esta categoría, por ejemplo los vehículos destinados a la construcción (grúas, camiones hormigoneras, etc) en su mayoría están adaptados sobre camiones.

Los vehículos de tracción animal se midieron de forma manual con una cinta métrica, dado que no existen investigaciones que contengan dimensiones que se ajusten a las características que presenta este tipo de vehículo en Cuba.

Las dimensiones de las motos se seleccionaron a partir de un estudio realizado en Colombia por Yarce Marín, 2015 debido a la similitud en las características del tránsito de este país y Cuba.

Los ciclos se seleccionaron a partir de un estudio realizado en Japón por Nguyen Cao Y, 2014 ya que muestra similitud en cuanto al tipo de vehículo de este país y Cuba.

Las dimensiones y el área para cada categoría, que se utilizan para la determinación de los factores equivalentes, se presentan de forma resumida en la tabla 3.6.

**Tabla 3.5 Dimensiones de los vehículos por categorías**

Categorías	Vehículos incluidos	Dimensiones (m)		Área (m <sup>2</sup> )
		Largo	Ancho	
Ligeros	Autos, microbús, jeeps, paneles y camionetas	5,80	2,10	12,18
Pesados	Camiones, remolque, semirremolque, arrastre y cuña de tracción	9,40	2,60	24,44
Ómnibus	Más de 16 asientos	1,90	0,60	1,1
Motos	Ciclomotor, motorinas	3,50	1,20	4,20
Ciclos	Bicicletas, triciclos	1,90	0,45	0,86
Tracción animal		4,80	1,40	6,72
Equipos especializados	Tractores, equipos de construcción (grúas, cargadores, etc.)	9,40	2,60	24,44

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla 3.6, las dimensiones escogidas para desarrollar la investigación cumplen con los límites establecidos para la circulación de los vehículos en Cuba según la Ley 109 Código de Seguridad Vial.

### 3.7 Aplicación del método basado en la velocidad y área proyectada de los vehículos

Los factores equivalentes se determinan en función de los resultados de las muestras de velocidad obtenidas y de las áreas escogidas para cada categoría, en cada una de las vías seleccionadas aplicando la expresión siguiente:

$$E_T = \frac{V_c / V_i}{A_c / A_i}$$

Donde:

$E_T$ : Factor de equivalencia de vehículos de tipo  $i$

$V_c$ : Velocidad de vehículo ligero, anexo II

$V_i$ : Velocidad del vehículo de tipo  $i$ , anexo II

$A_c$ : Área rectangular del vehículo ligero

$A_i$ : Área rectangular proyectada del vehículo de tipo  $i$

### 3.8 Obtención de los factores equivalentes por tipos de vehículos

Los cálculos de los factores equivalentes para cada vehículo se muestran en el anexo IV. A continuación se muestran los resultados de los factores equivalentes, así como la desviación estándar y el intervalo de confianza para cada categoría, en cada una de las vías seleccionadas para la investigación.

Tabla 3.6 Resultados de los factores equivalentes en la vía clasificada como arteria principal

Vías	CPIT-Sandino	Palacio Pioneros-Ave. 9 Abril	INPUD-Riviera
Categoría	Factor equivalente	Factor equivalente	Factor equivalente
Ciclos	0,2	0,2	0,3
Motos	Dos ruedas	0,1	0,2
	Tres Ruedas	0,4	0,5
Ligeros	1,0	1,0	1,0
Pesados	2,3	2,2	2,3
Ómnibus	2,1	1,9	2,2
Especializados	0	0,0	1,8
Tracción animal	2,4	0,0	2,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Resultados de la desviación estándar en la vía clasificada como arteria principal

Vías		CPIT-Sandino	Palacio Pioneros-Ave. 9 Abril	INPUD-Riviera
Categoría		Desviación estándar	Desviación estándar	Desviación estándar
Ciclos		0,05	0,09	0,06
Motos	Dos ruedas	0,03	0,03	0,04
	Tres ruedas	0,03	0,12	0,14
Ligeros		0	0,00	0,00
Pesados		0,36	0,35	0,37
Ómnibus		0,45	0,33	0,38
Especializados		0	0,00	0,25
Tracción animal		0,61	0,00	0,11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Resultados del intervalo de confianza en la vía clasificada como arteria principal

Vías		CPIT-Sandino	Palacio Pioneros-Ave. 9 Abril	INPUD-Riviera
Categoría		Intervalo de confianza	Intervalo de confianza	Intervalo de confianza
Ciclos		0,14-0,35	0,01-0,37	0,15-0,38
Motos	Dos ruedas	0,09-0,20	0,08-0,21	0,09-0,25
	Tres ruedas	0,33-0,46	0,19-0,66	0,17-0,73
Ligeros		1,00-1,00	1,00-1,00	1,00-1,00
Pesados		1,57-2,97	1,55-2,93	1,55-2,99
Ómnibus		1,22-2,97	1,26-2,57	1,40-2,90
Especializados		0	0	1,29-2,28
Tracción animal		1,16-3,56	0	2,28-2,71

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Resultados obtenidos en la Carretera Camajuaní desde Tren Blindado-Calle Tomás Ruiz

Categoría		Factor equivalente	Desviación estándar	Intervalo de confianza
Ciclos		0,2	0,05	0,08-0,26
Motos	Dos ruedas	0,1	0,02	0,06-0,16
	Tres ruedas	0,4	0,07	0,23-0,49
Ligeros		1,0	0,00	1,00-1,00
Pesados		2,1	0,39	1,36-2,90
Ómnibus		2,3	0,31	1,67-2,90
Especializados		2,8	0,48	1,83-3,72
Tracción animal		1,6	0,19	1,23-1,97

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10 Resultados de los factores equivalentes en las vías colectoras

Vías	Unión	Maceo	Colón	Cuba	San Miguel	Martí
<b>Categoría</b>	<b>Factor equivalente</b>					
<b>Ciclos</b>	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
<b>Motos</b>	<b>Dos ruedas</b>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	<b>Tres ruedas</b>	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5
<b>Ligeros</b>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>Pesados</b>	1,9	1,8	2,1	2,2	1,8	0,0
<b>Ómnibus</b>	2,2	1,7	2,1	1,9	2,4	2,2
<b>Especializados</b>	4,0	0	0	2,8	3,3	0,0
<b>Tracción animal</b>	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11 Resultados de la desviación estándar en las vías colectoras

Vías	Unión	Maceo	Colón	Cuba	San Miguel	Martí
<b>Categoría</b>	<b>Desviación estándar</b>					
<b>Ciclos</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02
<b>Motos</b>	<b>Dos ruedas</b>	0,02	0,02	0,04	0,07	0,3
	<b>Tres ruedas</b>	0,05	0,02	0,07	0,10	0,13
<b>Ligeros</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Pesados</b>	0,64	0,36	0,29	0,00	0,54	0,00
<b>Ómnibus</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Especializados</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tracción animal</b>	0,17	0,14	0,19	0,24	0,18	0,13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Resultados del intervalo de confianza en las vías colectoras

Vías	Unión	Maceo	Colón	Cuba	San Miguel	Martí
<b>Categoría</b>	<b>Intervalo de confianza</b>					
<b>Ciclos</b>	0,04-0,25	0,06-0,26	0,07-0,26	0,06-0,26	0,10-0,22	0,11-0,19
<b>Motos</b>	<b>Dos ruedas</b>	0,06-0,14	0,08-0,16	0,05-0,21	0,03-0,24	0,06-0,17
	<b>Tres ruedas</b>	0,29-0,48	0,33-0,43	0,25-0,52	0,15-0,53	0,22-0,71
<b>Ligeros</b>	1,00-1,00	1,00-1,00	1,00-1,00	1,00-1,00	1,00-1,00	1,00-1,00
<b>Pesados</b>	0,66-3,18	1,08-2,50	1,47-2,63	2,15-2,15	0,70-2,83	0,00
<b>Ómnibus</b>	2,22-2,22	1,71-1,71	2,14-2,14	1,86-1,86	2,44-2,44	2,22-2,22
<b>Especializados</b>	4,00-4,00	0,00	0,00	2,8-2,8	3,30-3,30	0,00
<b>Tracción animal</b>	1,10-1,78	1,24-1,79	1,21-1,96	1,10-2,04	1,21-1,91	0,94-1,45

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los factores equivalentes en cada vía muestran variación en cada una de las categorías analizadas. Los valores que presentan mayor desviación estándar pertenecen a los vehículos especializados, esto se debe a las diferentes velocidades con

que circulan estos vehículos. La calle Unión se destaca por presentar el mayor valor equivalente obtenido (4,0 unidades), que pertenece a los vehículos especializados. También es preciso destacar los resultados de los vehículos de tracción animal, puesto que ningún estudio extranjero consultado durante la revisión bibliográfica hace referencia a esta categoría, para este grupo los valores en la Carretera Central están sobre 2,5 unidades equivalentes, excepto en el tramo Palacio de Pioneros-Avenida 9 de Abril que presenta una señal de restricción de este tipo de vehículo, mientras que en las otras vías los valores están alrededor de 1,5 unidades, pues presentan velocidades similares en todas las vías estudiadas

Los gráficos que se presentan a continuación, muestran el comportamiento de los resultados de los factores equivalentes en cada una de las diez vías donde se realiza la presente investigación. Los vehículos ligeros tienen un factor igual a 1,0 en todas las vías.

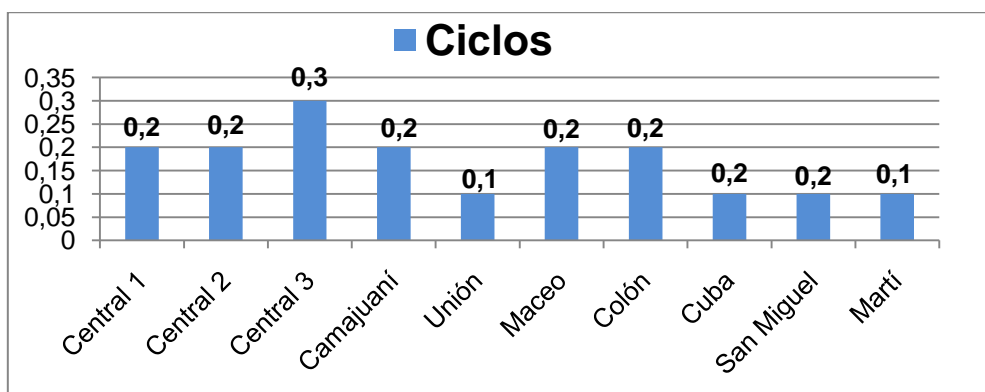


Figura 3.2 Factores equivalentes para ciclos

Fuente: Elaboración propia

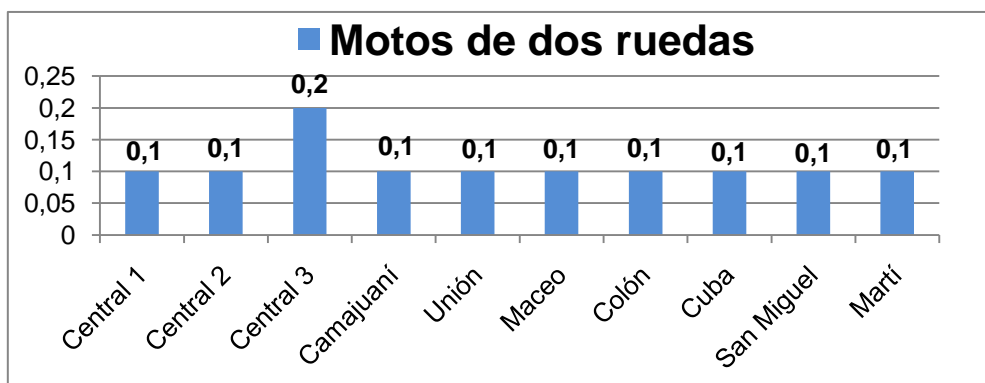


Figura 3.3 Factores equivalentes para motos de dos ruedas

Fuente: Elaboración propia

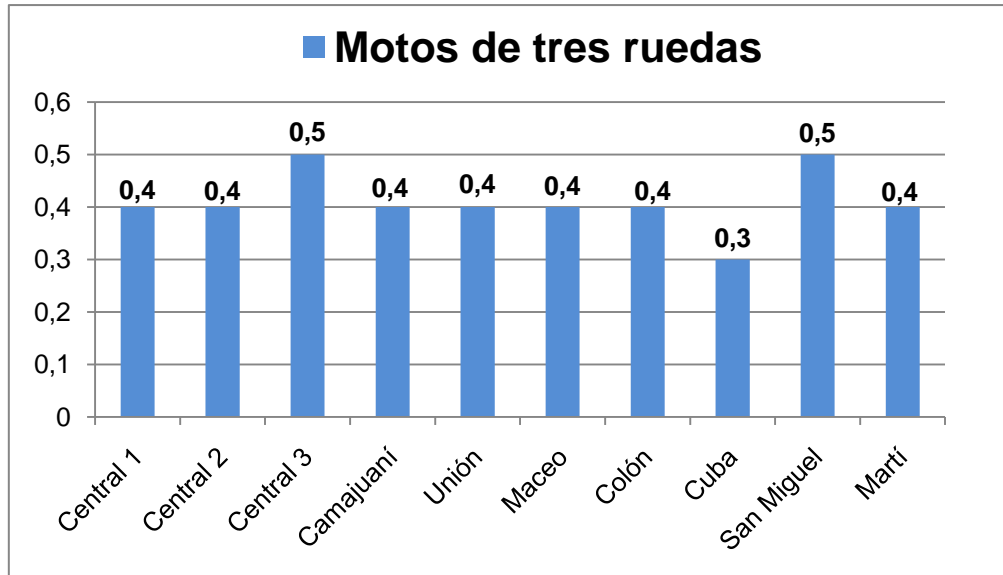


Figura 3.4 Factores equivalentes para motos de tres ruedas

Fuente: Elaboración propia

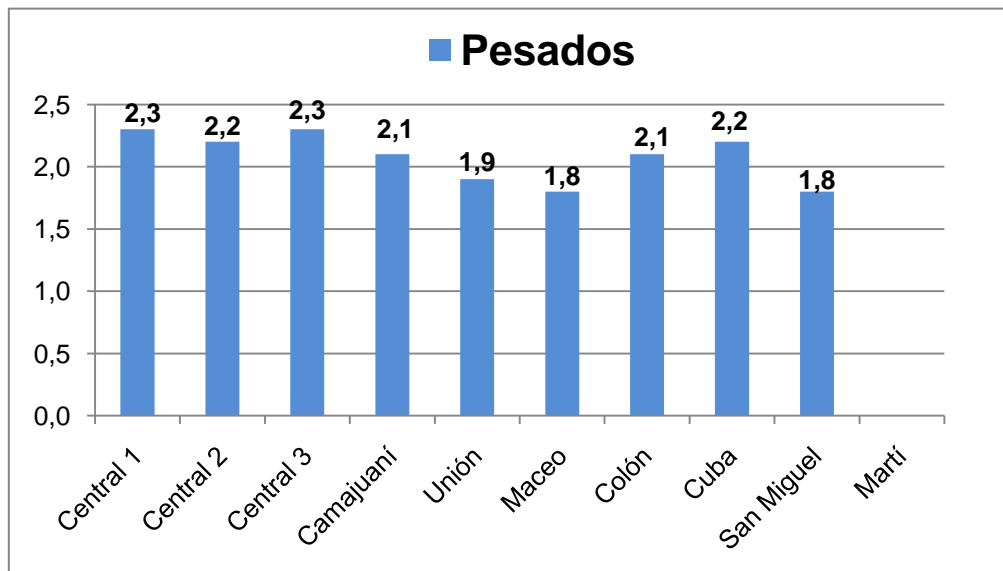


Figura 3.5 Factores equivalentes para pesados

Fuente: Elaboración propia

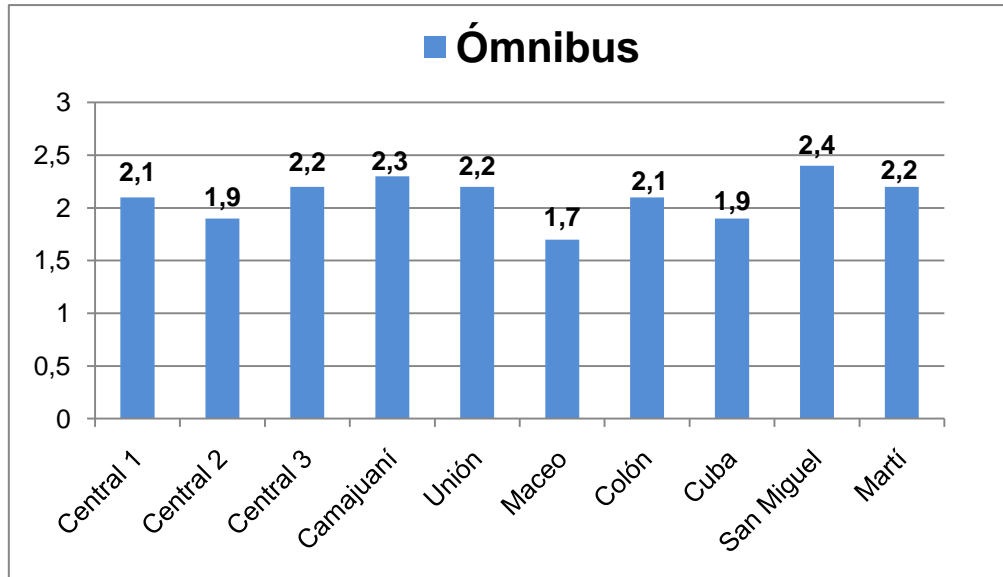


Figura 3.6 Factores equivalentes para ómnibus

Fuente: Elaboración propia

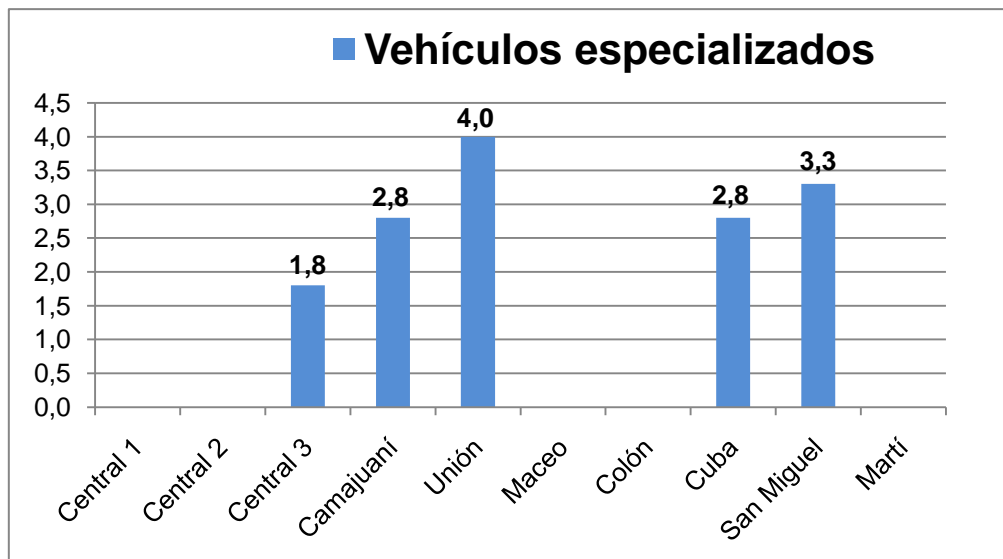


Figura 3.7 Factores equivalentes para equipos especializados

Fuente: Elaboración propia

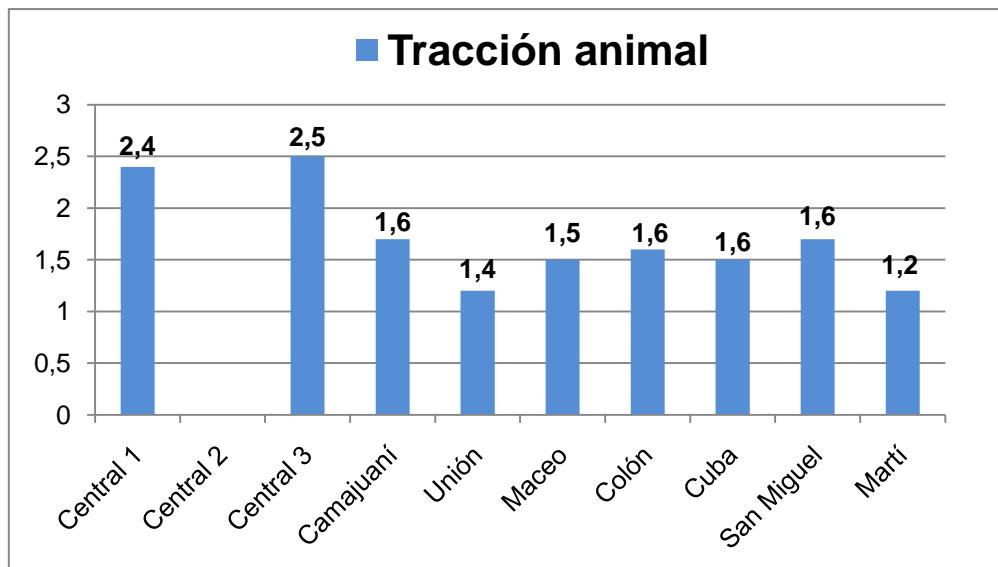


Figura 3.8 Factores equivalentes para vehículos de tracción animal

Fuente: Elaboración propia

Los factores equivalentes obtenidos se separaron en arterias principales y arterias menores y colectoras debido a diferencias obtenidas en la categoría de tracción animal. Los resultados obtenidos de una misma categoría para las diez vías seleccionadas se introdujeron en el programa *Statgraphics*, se obtiene como resultado la tabla ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0152308	2	0,00761538	1,59	0,2133
Intra grupos	0,234	49	0,00477551		
Total (Corr.)	0,249231	51			

Figura 3.9 Tabla ANOVA de ciclos en arterias principales

Fuente: Elaboración propia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0156384	2	0,00781918	2,94	0,0597
Intra grupos	0,180981	68	0,00266149		
Total (Corr.)	0,19662	70			

Figura 3.10 Tabla ANOVA de motos de dos ruedas en arterias principales

Fuente: Elaboración propia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,278667	2	0,139333	0,86	0,4322
Intra grupos	5,17733	32	0,161792		
Total (Corr.)	5,456	34			

Figura 3.11 Tabla ANOVA de motos de tres ruedas en arterias principales

Fuente: Elaboración propia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,278667	2	0,139333	0,86	0,4322
Intra grupos	5,17733	32	0,161792		
Total (Corr.)	5,456	34			

**Figura 3.12 Tabla ANOVA de ómnibus en arterias principales**

Fuente: Elaboración propia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,000526316	2	0,000263158	0,00	0,9979
Intra grupos	4,445	35	0,127		
Total (Corr.)	4,44553	37			

**Figura 3.13 Tabla ANOVA de pesados en arterias principales**

Fuente: Elaboración propia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0293889	1	0,0293889	0,12	0,7351
Intra grupos	1,6595	7	0,237071		
Total (Corr.)	1,68889	8			

**Figura 3.14 Tabla ANOVA de tracción animal en arterias principales**

Fuente: Elaboración propia

Los equipos especializados no se muestran porque un solo tramo de vía presenta esta categoría.

Como los valores de la última columna son mayores que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las tres variables analizadas para un nivel de confianza del 95%.

Este comportamiento ocurre también en las arterias menores y colectoras.

En el anexo V se presentan los ficheros del *Statgraphics* para todas las vías analizadas, donde además de los elementos anteriores se muestran la tabla de medias con intervalos de confianza del 95%, las pruebas de múltiple rangos, el gráfico de dispersión y el gráfico ANOVA.

Se procede a agrupar todas las muestras realizadas durante los estudios de velocidad según las categorías y se obtienen los factores para las vías principales y las arterias menores y colectoras.

La tabla 3.13 y 3,14 recogen los valores obtenidos de los factores equivalentes luego de agrupar las muestras según la clasificación funcional de estas.

Las vías clasificadas como arterias principales son la Carretera Central en sus tres tramos.

**Tabla 3.13 Resultados obtenidos para las vías principales**

<b>Categoría</b>	<b>Factor equivalente</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Intervalo de confianza</b>
<b>Ciclos</b>	0,2	0,05	0,13-0,32
<b>Motos</b>	<b>Dos ruedas</b>	0,2	0,04
	<b>Tres ruedas</b>	0,4	0,15
<b>Ligeros</b>	1,0	0,00	1,00-1,00
<b>Pesados</b>	2,2	0,5	1,21-3,19
<b>Ómnibus</b>	2,0	0,44	1,15-2,86
<b>Equipos especializados</b>	1,5	0,21	1,10-1,94
<b>Vehículos de tracción animal</b>	2,1	0,40	1,36-2,93

Fuente: Elaboración propia

La vía clasificada como calle arterial menor es la Carretera Camajuaní y las vías clasificadas como calles colectoras son la calle Unión, Maceo, Colón, Cuba, San Miguel y Martí.

**Tabla 3.14 Resultados obtenidos para las arterias menores y calles colectoras**

<b>Categoría</b>	<b>Factor equivalente</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Intervalo de confianza</b>
<b>Ciclos</b>	0,2	0,04	0,10-0,24
<b>Motos</b>	<b>Dos ruedas</b>	0,1	0,04
	<b>Tres ruedas</b>	0,4	0,09
<b>Ligeros</b>	1,0	0,00	1,00-1,00
<b>Pesados</b>	1,9	0,43	1,07-2,76
<b>Ómnibus</b>	2,2	0,53	1,19-3,25
<b>Equipos especializados</b>	3,1	0,87	1,43-4,85
<b>Vehículos de tracción animal</b>	1,5	0,20	1,09-1,89

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos para todas las vías en general son un reflejo de los valores para cada vía en particular, se destacan los vehículos especializados con 3,1 unidades, que presentan la mayor desviación en sus resultados y en consecuencia de esto, el mayor intervalo de confianza para el factor equivalente obtenido en esta categoría.

### 3.9 Análisis de los resultados

#### 3.9.1 Comparación de los factores equivalentes determinados con los contemplados en la NC 53-118-1984

Con la obtención de los factores de equivalencia vehicular para cada una de las categorías propuestas por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara, se procede a comparar los valores obtenidos con los contemplados en la NC 53-118-1984 (Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio en Cuba).

La NC 53-118-1984 solo muestra valores de factores equivalentes para camiones y ómnibus, en función del nivel de servicio de la carretera, el tipo de terreno y la cantidad de carriles que posee la vía.

En esta investigación las vías que poseen dos carriles de circulación son la Carretera Central y la Carretera Camajuaní, las demás presentan un solo carril de circulación, en ellas la velocidad se determinó en tramos rectos en función de los vehículos que agrupa cada una y para un flujo de circulación, por tanto se decide que los valores de la NC 53-118-1984 que se ajustan al presente estudio están en correspondencia al nivel de servicio B, para terrenos llanos y para carreteras de dos carriles.

La tabla 3.15 muestra los valores de los factores equivalentes según la NC 53-118-1984 y los valores obtenidos en la presente investigación.

**Tabla 3.15 Comparación de los factores equivalentes**

Factores equivalentes			
Categoría	NC 53-118-1984	Presente investigación	
		Arterias principales	Arterias menores y colectoras
<b>Ciclos</b>	-	0,2	0,2
<b>Motos</b>	<b>Dos ruedas</b>	-	0,2
	<b>Tres ruedas</b>	-	0,4
<b>Ligeros</b>	1,0	1,0	1,0
<b>Pesados</b>	2,5	2,2	1,9
<b>Ómnibus</b>	2,0	2,0	2,2
<b>Equipos especializados</b>	-	1,5	3,1
<b>Vehículos de tracción animal</b>	-	2,1	1,5

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede concluir que los factores equivalentes determinados en la presente investigación incluyen a todos los tipos de vehículos que circulan actualmente

en Cuba, mientras que la norma cubana solo recoge los valores para camiones y ómnibus, en ambos casos en función de los vehículos ligeros.

Para los vehículos pesados, los factores equivalentes correspondientes a la presente investigación son menores al valor normado en la NC 53-118-1984.

Para los ómnibus, el factor equivalente obtenido en las arterias principales y el presente en la norma cubana son iguales, mientras que el factor obtenido en las calles arteriales menores es mayor que el de la norma.

### 3.9.2 Influencia de los factores equivalentes determinados en los estudios de Ingeniería de Tránsito

Para demostrar la influencia de los nuevos factores equivalentes en los estudios de ingeniería de tránsito, se comparan la cantidad de vehículos equivalentes que se obtienen a partir de los valores de la NC 53-118-1984 y los determinados en la presente investigación. Para esto se toman los 15 minutos más cargados determinados en el aforo vehicular realizado en la Carretera Central desde INPUD 1ro de Mayo-Riviera. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 3.16.

**Tabla 3.16 Vehículos equivalentes para la Carretera Central desde INPUD-Riviera**

Categoría	Cantidad	NC 53-118-1984	Vehículos equivalentes	
			Arterias principales	Arterias menores y colectoras
<b>Ciclos</b>	44	0	9	9
<b>Motos</b>	<b>Dos ruedas</b>	39	0	4
	<b>Tres ruedas</b>	28	0	12
<b>Ligeros</b>	110	110	110	110
<b>Pesados</b>	22	55	49	42
<b>Ómnibus</b>	18	35	35	40
<b>Equipos especializados</b>	2	0	3	7
<b>Vehículos de tracción animal</b>	4	0	9	6
<b>Total</b>	257	201	232	230

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se obtiene la cantidad de vehículos equivalentes, que son el resultado de multiplicar el factor equivalente de cada categoría por la cantidad obtenida en el aforo vehicular. Estos son los valores usados para los diferentes estudios de ingeniería de tránsito, puesto que representan una unidad común entre los diferentes tipos de vehículos. La cantidad total de vehículos equivalentes es mayor según los factores determinados en la presente investigación tanto para arterias principales como

para colectoras con una diferencia de 31 y 29 unidades respectivamente, la cual es considerable para solo 15 minutos de conteo vehicular. Es preciso destacar que los factores equivalentes según la NC 53-118-1984 se consideran de cero unidades para las categorías que no recoge la norma y esto trae como consecuencia que estas categorías tengan cero unidades de vehículos equivalentes como resultado.

### **Conclusiones parciales**

- Se determinaron los factores equivalentes para cada categoría, en las diez vías seleccionadas y para todas las vías de forma general atendiendo a la clasificación funcional que estas presenten mediante la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo anterior.
- Los resultados obtenidos muestran variedad en los valores debido a que algunas son de dos carriles de circulación y otras de uno solo, se destaca la categoría de vehículos especializados donde los factores varían debido a las diferentes velocidades con que circulan estos vehículos en cada vía.
- La comparación de los factores equivalentes obtenidos en la presente investigación con los establecidos en la NC 53-118-1984, muestra valores similares para las categorías de ómnibus y camiones, con los vehículos ligeros como la unidad equivalente. La diferencia está en que la NC 53-118-1984 solo contempla factores de equivalencia vehicular para las categorías anteriores.
- La influencia de los factores equivalentes determinados en la presente investigación en los estudios de ingeniería de tránsito, al convertir a vehículos equivalentes, es significativa con respecto a los valores de vehículos equivalentes que se obtienen usando la NC 53-118-1984.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

1. En la presente investigación se determinaron los factores de equivalencia vehicular para las categorías propuestas por el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara, en las principales vías urbanas de Santa Clara.
2. Se realizó una profunda revisión bibliográfica a nivel internacional sobre estudios de factores de equivalencia vehicular y a nivel nacional se consultaron investigaciones relacionadas con el tema, puesto que en Cuba no se cuenta con antecedentes de estudios acerca de factores equivalentes en el tránsito.
3. La aplicación del método de la velocidad y área proyectada de los vehículos en diez tramos de vías urbanas de la provincia de Villa Clara, ha permitido localizar las vías con mayor volumen vehicular y velocidad debido a la heterogeneidad del tráfico de la provincia.
4. A partir de criterios de interés para el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara y la clasificación de las vías urbanas según la NC 53-80-1987, se seleccionaron las principales vías y se realizaron aforos vehiculares durante la hora pico para la selección de la muestra, así como estudios de velocidad para cada categoría.
5. Los resultados de los factores equivalentes obtenidos en la presente investigación difieren a los contemplados en la NC 53-118-1984 principalmente dado a que en la norma cubana solo se establecen valores para ómnibus y camiones. En ambos casos el vehículo ligero se considera como la unidad equivalente.
6. La influencia en estudios de ingeniería de tránsito de los nuevos factores de equivalencia vehicular es significativa con respecto a los factores de la NC 53-118-1984 cuando se obtiene la cantidad de vehículos equivalentes.

## **Recomendaciones**

Aplicar la metodología propuesta en el capítulo II del trabajo de diploma en vías urbanas de interés en la provincia, siendo actualizadas las investigaciones en función del desarrollo que vayan alcanzando las vías, la evolución de las normas y metodologías existentes en el mundo para tener conocimiento sobre los diferentes factores equivalentes.

Realizar estudios que registren las dimensiones de los vehículos.

Determinar los factores equivalentes en intervalos de tiempo donde circulen los vehículos que no pasaron a la hora de la realización del estudio.

Exponer los resultados obtenidos al Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito en Villa Clara, para que sean considerados los factores equivalentes en futuras investigaciones en las vías urbanas de la provincia.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ADNAN, M. (2014) Passenger car equivalent factors in heterogeneous traffic environment are we using the right numbers? *Procedia engineering*, 77: 106-113.
- THOMSON, I. & BULL, A. 2002. La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la CEPAL*.
- CHANDRA, S. (2004). Capacity estimation procedure for two lane roads under mixed traffic conditions. IN: INDIAN ROADS CONGRESS. *Journal of Indian Road Congress*, 65(1): 139-170.
- CHANDRA, S. & KUMAR, U. (2003) Effect of Lane Width on Capacity under Mixed Traffic Condition in India. *Journal of Transportation Engineering*, 129(2): 155-160.
- DEPESTRE, R. A. G. (2012). Procedimiento para la valoración de la seguridad vial en Carreteras rurales de interés nacional. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- DJERI-ALASSANI, T. (2010). Incidencia del tránsito en la seguridad vial de las carreteras de dos carriles de interés nacional en la provincia de Villa Clara. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara.
- GARCÍA, P. M. (2016) Aplicación del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), para la evaluación del nivel de servicio en el tramo de carretera rural de dos carriles Santa Clara-Universidad. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara.
- GIBSON, J. & FERNANDEZ, R. 1989. Acta IV Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, Universidad de Chile.
- HIGHWAY CAPACITY MANUAL. (2000) Washington D. C.
- HIGHWAY CAPACITY MANUAL. (2010) Washington D. C.
- HUBER, M. J. (1982) Estimation of passenger-car equivalents of trucks in stream (discussion and closure).
- HUDIEL, S. N. (2008) Clasificación funcional de carreteras Nicaragua.
- JOHNSON, R. C. G. (2004) Texto del Alumno. Ingeniería de Tráfico (CIV-326). Cochabamba.
- KOGAN, E. (2014). Cuántos vehículos hay en el mundo, quienes lo fabrican y que se espera para el futuro. <http://www.huffingtonpost.com>
- KRAMMES, R. A. & CROWLEY, K. W. (1986). Passenger car equivalents for trucks on level freeway segments. *Transportation Research Record* (1091).
- MANUAL DE CAPACIDAD VIAL. (1991). (Primera Edición). México.
- MANUAL DE TRABAJO. (2007). Ingeniería de Tránsito. Ministerio del Interior.

- MINH, C.C., SANO, K. & MATSUMOTO, S. (2005). The speed, flow and headway analyses of motorcycle traffic. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6: 1496-1508.
- MONTOYA, G. (2005). Tema 05: Ingeniería de Tránsito, Facultad de Ingeniería Civil. NC: 53-80-1987. (1987). Clasificación funcional de las vías urbanas. NC: 53-118-1984. (1984). Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio en Cuba. Habana Vieja.
- INEN 2656:2012. (2012). Norma Técnica Ecuatoriana.
- OBIRI-YEBOAH, A.A., TUFFOUR, Y. A. & SALIFU, M. (2014). Passenger Car Equivalentents for Vehicles at Signalized Intersections within the Kumasi Metropolis in Ghana. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*.
- PERAZA, A. (2016). Evaluación de un tramo de carretera rural Santa Clara entronque Vuelta aplicando el método "Pavement Condition Index y los métodos cubanos. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- PIVA, F. J. (2015). Factores de equivalencia de vehiculos pesados em rodovias de pista dupla. Universidad de Sao Paulo, Sao Carlos.
- RADELAT, G. (1985). Manual de Ingeniería de Tránsito. Cuba.
- RAHMAN, M.M. & NAKAMURA, F. (2005). Measuring passenger car equivalentents for Nonmotorized vehicle (rickshaws) at mid block sections. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6: 119-126.
- RAMOS, Y. P. (2016). Caracterización de la accidentalidad en la provincia de Villa Clara en el período de 2014 al 2015 en las vías rurales pavimentadas. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- REDDY, T. V. K. & PATEL, C. R. (2011). Dinamic Equivalency Factor of Mixed Traffic Stream for Urban Arterial Midbloks.
- REILLY, E. F. & SEIFERT, J. (1969). Truck equivalency. *Highway Researd Road*, 28:25-37.
- REYNOLDS, D. (1966). Research on Road Traffic Road Research Laboratory. Liverpool Univ Press po box 147, Liverpool L69 3BX, England.
- Rodríguez, T. A., et al. (2006). Vía a la Vida: una oportunidad para reflexionar. Dirección Nacional de Tránsito, Ministerio del Interior. Cuba.

- SHALINI, K. & KUMAR, B. (2014). Estimation of the Passenger Car Equivalent: A Review. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 4(6): 97-102.
- SPÍNDOLA, R. C. Y M. R. & GRISALES, J. C. (1994). Ingeniería de Tránsito.
- VELANDIA, P. J. 2014). Criterios metodológicos para involucrar el factor moto en los estudios de tránsito en Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Y, N. C., SANO, K., TU, T. V. & ANH, N. V. (2007). Estimating Capacity and Vehicle Equivalent Unit by Motorcycles at Road Segments in Urban Road.
- YARCE, Y. G. 2015. Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicletas. Aplicación en la ciudad de Medellín., Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

## ANEXOS

## Anexo I Aforo vehicular

Las siguientes tablas muestran el aforo vehicular realizado a los 10 tramos de vías seleccionadas, en el horario de 8:00 a 9:00, con la clasificación y el conteo de los vehículos en períodos de 15 minutos.

## Tramo 1: Carretera Central desde Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito-Sandino

MININT	Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito Ministerio del Interior							
	Organización del Tránsito Volumen de vehículos						Hoja de campo	
Lugar: Carretera Central				Tramo: CPIT-Sandino				
Fecha: 4-4-2017				Sentido: suma de los 2				
Tiempo: 1 hora				Chequeador: Elizabeth Borges Chavez				
Categorías	Cantidad de vehículos							
	8:00-8:15		8:15-8:30		8:30-8:45		8:45-9:00	
	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas
Ligeros	76		65		66		65	
Pesados	11		12		8		19	
Ómnibus	12		7		8		12	
Motos	26	3	30	1	30	3	21	2
Ciclos	25		25		22		31	
Equipos especializados	0		0		0		1	
Tracción animal	5		8		3		4	
<b>Total</b>	<b>158</b>		<b>148</b>		<b>140</b>		<b>154</b>	

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito


## Tramo 2: Carretera Central desde Palacio de Pioneros-Avenida 9 de abril

MININT	Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito Ministerio del Interior							
	Organización del Tránsito Volumen de vehículos						Hoja de campo	
Lugar: Carretera Central				Tramo: Palacio de Pioneros-Aven.9 de abril				
Fecha: 5-4-2017				Sentido: suma de los 2				
Tiempo: 1 hora				Chequeador: Elizabeth Borges Chavez				
Categorías	Cantidad de vehículos							
	8:00-8:15		8:15-8:30		8:30-8:45		8:45-9:00	
	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas
Ligeros	79		86		143		92	
Pesados	11		16		11		15	
Ómnibus	11		5		9		8	

Motos	39	39	43	33	25	19	32	38
Ciclos	4		8		2		4	
Equipos especializados	0		0		0		0	
Tracción animal	0		0		0		1	
<b>Total</b>	<b>183</b>		<b>191</b>		<b>209</b>		<b>190</b>	


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

**Tramo 3: Carretera Central desde INPUD 1<sup>o</sup> de Mayo-Riviera**

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b>							
	<b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Organización del Tránsito</b>						<b>Hoja de campo</b>	
<b>Volumen de vehículos</b>								
<b>Lugar: Carretera Central</b>				<b>Tramo: INPUD 1<sup>o</sup> de Mayo-Riviera</b>				
<b>Fecha: 6-4-2017</b>				<b>Sentido: suma de los 2</b>				
<b>Tiempo: 1 hora</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Categorías</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>							
	<b>8:00-8:15</b>		<b>8:15-8:30</b>		<b>8:30-8:45</b>		<b>8:45-9:00</b>	
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>
Ligeros	110		93		91		105	
Pesados	22		20		16		25	
Ómnibus	18		10		12		7	
Motos	39	28	51	24	50	21	42	20
Ciclos	44		39		35		37	
Equipos especializados	2		1		2		0	
Tracción animal	4		8		8		10	
<b>Total</b>	<b>267</b>		<b>245</b>		<b>235</b>		<b>246</b>	

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito


**Tramo 4: Carretera Camajuaní desde Tren Blindado-Calle Tomás Ruiz**

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b>							
	<b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Organización del Tránsito</b>						<b>Hoja de campo</b>	
<b>Volumen de vehículos</b>								
<b>Lugar: Carretera Camajuaní</b>				<b>Tramo: Tren Blindado-Calle Tomás Ruiz</b>				
<b>Fecha: 10-4-2017</b>				<b>Sentido: suma de los 2</b>				
<b>Tiempo: 1 hora</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Categorías</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>							
	<b>8:00-8:15</b>		<b>8:15-8:30</b>		<b>8:30-8:45</b>		<b>8:45-9:00</b>	
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>
Ligeros	69		70		56		71	
Pesados	11		9		8		10	
Ómnibus	5		4		3		6	
Motos	33	33	25	18	20	4	17	1
Ciclos	18		15		48		56	
Equipos	2		1		0		1	

especializados				
Tracción animal	18	15	20	17
<b>Total</b>	<b>189</b>	<b>157</b>	<b>159</b>	<b>179</b>


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

**Tramo 5: Calle Unión entre Independencia y Martí**

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b>							
	<b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Organización del Tránsito Volumen de vehículos</b>						<b>Hoja de campo</b>	
<b>Lugar: Calle Unión</b>				<b>Tramo: Independencia-Martí</b>				
<b>Fecha: 11-4-2017</b>				<b>Sentido: suma de los 2</b>				
<b>Tiempo: 1 hora</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Categorías</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>							
	<b>8:00-8:15</b>		<b>8:15-8:30</b>		<b>8:30-8:45</b>		<b>8:45-9:00</b>	
	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>
Ligeros	30		35		28		32	
Pesados	5		4		3		2	
Ómnibus	3		1		1		2	
Motos	19	6	25	4	15	7	13	5
Ciclos	13		14		18		19	
Equipos especializados	0		1		1		0	
Tracción animal	14		15		12		14	
<b>Total</b>	<b>90</b>		<b>99</b>		<b>85</b>		<b>87</b>	


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

**Tramo 6: Calle Maceo entre N<sup>tra</sup> Nicolasa y Avenida 9 de abril**

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b>							
	<b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Organización del Tránsito Volumen de vehículos</b>						<b>Hoja de campo</b>	
<b>Lugar: Calle Maceo</b>				<b>Tramo: N<sup>tra</sup> Nicolasa-Avenida 9 de abril</b>				
<b>Fecha: 12-4-2017</b>				<b>Sentido: suma de los 2</b>				
<b>Tiempo: 1 hora</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Categorías</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>							
	<b>8:00-8:15</b>		<b>8:15-8:30</b>		<b>8:30-8:45</b>		<b>8:45-9:00</b>	
	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>	<b>2 ruedas</b>	<b>3 ruedas</b>
Ligeros	43		49		50		40	
Pesados	4		1		2		2	
Ómnibus	1		3		2		1	
Motos	25	9	14	4	19	7	17	6
Ciclos	18		18		16		24	
Equipos especializados	0		0		0		0	
Tracción animal	3		2		6		10	
<b>Total</b>	<b>103</b>		<b>91</b>		<b>102</b>		<b>100</b>	

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

**Tramo 7: Calle Colón entre Estrada Palma y Misionero**

 <b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>									
<b>MININT</b>		<b>Organización del Tránsito</b>						<b>Hoja de campo</b>	
<b>Volumen de vehículos</b>									
<b>Lugar: Calle Colón</b>				<b>Tramo: Estrada Palma-Misionero</b>					
<b>Fecha: 13-4-2017</b>				<b>Sentido: suma de los 2</b>					
<b>Tiempo: 1 hora</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>					
<b>Categorías</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>								
	<b>8:00-8:15</b>		<b>8:15-8:30</b>		<b>8:30-8:45</b>		<b>8:45-9:00</b>		
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>
Ligeros	32		29		30		38		
Pesados	1		1		3		2		
Ómnibus	1		4		4		4		
Motos	27	27	30	22	34	28	38	32	
Ciclos	51		46		52		33		
Equipos especializados	0		0		0		0		
Tracción animal	19		14		13		22		
<b>Total</b>	<b>158</b>		<b>146</b>		<b>164</b>		<b>167</b>		


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

**Tramo 8: Calle Cuba entre Estrada Palma y Misionero**

 <b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>									
<b>MININT</b>		<b>Organización del Tránsito</b>						<b>Hoja de campo</b>	
<b>Volumen de vehículos</b>									
<b>Lugar: Calle Cuba</b>				<b>Tramo: Estrada Palma-Misionero</b>					
<b>Fecha: 17-4-2017</b>				<b>Sentido: suma de los 2</b>					
<b>Tiempo: 1 hora</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>					
<b>Categorías</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>								
	<b>8:00-8:15</b>		<b>8:15-8:30</b>		<b>8:30-8:45</b>		<b>8:45-9:00</b>		
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>	<b>ruedas</b>
Ligeros	21		27		32		16		
Pesados	1		1		6		3		
Ómnibus	4		3		4		2		
Motos	17	15	11	9	14	5	10	16	
Ciclos	17		35		20		27		
Equipos especializados	1		2		2		1		
Tracción animal	20		7		7		9		
<b>Total</b>	<b>96</b>		<b>95</b>		<b>90</b>		<b>84</b>		


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

## Tramo 9: Calle San Miguel entre Juan Bruno Zayas y Alemán

 <b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>									
MININT	Organización del Tránsito Volumen de vehículos							Hoja de campo	
Lugar: Calle San Miguel					Tramo: Juan Bruno Zayas-Alemán				
Fecha: 18-4-2017					Sentido: suma de los 2				
Tiempo: 1 hora					Chequeador: Elizabeth Borges Chavez				
Categorías	Cantidad de vehículos								
	8:00-8:15		8:15-8:30		8:30-8:45		8:45-9:00		
	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	
Ligeros	28		19		26		19		
Pesados	1		3		2		1		
Ómnibus	1		4		2		1		
Motos	24	4	19	5	11	9	10	5	
Ciclos	10		19		16		26		
Equipos especializados	0		1		0		0		
Tracción animal	5		5		6		8		
<b>Total</b>	<b>73</b>		<b>75</b>		<b>72</b>		<b>70</b>		


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

## Tramo 10: Calle Martí entre Luis Estévez y Máximo Gómez

 <b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>									
MININT	Organización del Tránsito Volumen de vehículos							Hoja de campo	
Lugar: Calle Martí					Tramo: Luis Estévez-Máximo Gómez				
Fecha: 19-4-2017					Sentido: suma de los 2				
Tiempo: 1 hora					Chequeador: Elizabeth Borges Chavez				
Categorías	Cantidad de vehículos								
	8:00-8:15		8:15-8:30		8:30-8:45		8:45-9:00		
	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	2 ruedas	3 ruedas	
Ligeros	33		26		32		33		
Pesados	0		1		3		1		
Ómnibus	4		2		1		3		
Motos	30	10	17	13	18	16	26	10	
Ciclos	20		19		19		19		
Equipos especializados	0		0		1		0		
Tracción animal	2		3		5		2		
<b>Total</b>	<b>99</b>		<b>81</b>		<b>95</b>		<b>94</b>		


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

## Anexo II Determinación de la velocidad

	Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito Ministerio del Interior							
MININT	Estudio de velocidad en un punto Cronómetro chino y radar						Modelo OT-1A	
Lugar: Carretera Central			Fecha: 8-5-2017					
Entre: CPIT-Sandino			Sentido: 2 sentidos					
Distancia del aparato:			Chequeador: Elizabeth Borges Chavez					
Radar (km/h)	Categorías							
	Ligeros	Pesados	Ómnibus	Motos		Ciclos	Equipos especializados	Tracción animal
				2 R	3 R			
	56	35	48	35	39	12	0	13
	38	37	50	34	45	18		14
	50	50	38	29	45	16		14
	44	46	31	31		14		8
	47	55	45	26		14		11
	41	43	51	31		11		
	47	50	44	41		17		
	49	48	51	39		17		
	56	36	61	21		17		
	57	41	52	32		13		
	64		61	41		14		
	52			21		24		
	36			32		24		
	53			31		14		
	43			30		12		
	42			32		11		
	54			35		11		
	36			27		11		
	40			34		15		
	63			33		13		
	44			29				
	71			41				
	63			32				
	43							
	60							
54								
31								
50								
59								
47								
52								
49								
51								
36								


	50							
	35							
	38							
	46							
	53							
	51							
	43							
	53							
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>5</b>

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito


 <b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>									
MININT		Estudio de velocidad en un punto Cronómetro chino y radar						Modelo OT-1A	
Lugar: Carretera Central				Fecha: 9-5-2017					
Entre: Palacio de Pioneros- Avenida 9 Abril				Sentido: 2 sentidos					
Distancia del aparato:				Chequeador: Elizabeth Borges Chavez					
<b>Categorías</b>									
		Ligeros	Pesados	Ómnibus	Motos		Ciclos	Equipos especializados	Tracción animal
		2 R	3 R						
Radar (km/h)	44	35	32	33	23	33	20	0	0
	44	27	25	29	31	42	10		
	30	38	28	35	18	30			
	25	35	35	35	24	30			
	34	31	38	35	27	39			
	33	29	39	42	21	25			
	45	32	36	48	24	16			
	48	29	27	48	30	27			
	48	32	35	43	17	35			
	41	29	33		25	40			
	48	35			31	31			
	32	28			19	31			
	42	34			23	29			
	37	24			21	39			
	39	39			28	29			
	41	39			16	21			
	40	39			36				
	27	35			26				
	41	27			17				
	36	36			20				
40	37								
24	35								
39	32								
37	29								
43	27								

	38							
	36							
	46							
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

 <b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>									
MININT		Estudio de velocidad en un punto Cronómetro chino y radar						Modelo OT-1A	
Lugar: Carretera Central				Fecha: 10-5-2017					
Entre: INPUD 1 <sup>ro</sup> de Mayo-Riviera				Sentido: 2 sentidos					
Distancia del aparato:				Chequeador: Elizabeth Borges Chavez					
Categorías									
	Ligeros		Pesados	Ómnibus	Motos		Ciclos	Equipos especializados	Tracción animal
					2 R	3 R			
	47	46	51	50	35	40	14	54	12
	57	46	52	61	38	37	16	66	12
	60	46	56	51	21	58	16		12
	64	46	52	48	38	18	18		11
	54	53	53	56	22	43	26		
	62	61	50	44	27	46	14		
	44	52	51	50	18	51	19		
	45	68	44	50	36	50	9		
	46	49	56	33	38	34	16		
	47	62	53	51	24	44	12		
	61	51	54	60	28	42	15		
	48	52	46	62	33	42	18		
	46	72	49	40	27	44	13		
	49	52	35	53	40	34	13		
	54	61	35	49	24	52	12		
	53	55	42		24	46	12		
	50	50	42		24	45	16		
	50	52	38		38	47	15		
	65	52			34	31	14		
	44	54			43	51	14		
	14	52			33	39	16		
	60	56			24	52	18		
	55	57			35		14		
	59	83			33		14		
	46	46			21		14		
					47		11		
					30		9		
					30		19		
							14		
							14		
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>18</b>	<b>15</b>		<b>28</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>4</b>




	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Estudio de velocidad en un punto</b> <b>Cronómetro chino y radar</b>						<b>Modelo</b> <b>OT-1A</b>	
<b>Lugar: Calle Unión</b>				<b>Fecha: 12-5-2017</b>				
<b>Entre: Independencia y Martí</b>				<b>Sentido: 1 sentido</b>				
<b>Distancia del aparato:</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Radar</b> <b>(km/h)</b>	<b>Categorías</b>							
	<b>Ligeros</b>	<b>Pesados</b>	<b>Ómnibus</b>	<b>Motos</b>		<b>Ciclos</b>	<b>Equipos especializados</b>	<b>Tracción animal</b>
				<b>2 R</b>	<b>3 R</b>			
	29	40	27	28	27	10	15	14
	30	21		23	30	10		10
	25	33		28	23	12		12
	20	40		25	29	12		11
	30			33		12		14
	34			45		17		12
	39			27		21		10
	38			25		16		11
	22			25		17		11
	26			24		18		12
	30			29		15		11
	30			33		17		14
	32			32		13		10
	29			33				
	28			33				
	24			23				
	26			19				
	26			28				
	25			34				
	31			39				
	31							
	45							
	40							
31								
35								
38								
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>13</b>


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Estudio de velocidad en un punto</b> <b>Cronómetro chino y radar</b>						<b>Modelo</b> <b>OT-1A</b>	
<b>Lugar: Calle Maceo</b>				<b>Fecha: 15-5-2017</b>				
<b>Entre: N<sup>tra</sup> Nicolasa-Avenida 9 de Abril</b>				<b>Sentido: 1 sentido</b>				
<b>Distancia del aparato:</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Radar</b> <b>(km/h)</b>	<b>Categorías</b>							
	<b>Ligeros</b>	<b>Pesados</b>	<b>Ómnibus</b>	<b>Motos</b>		<b>Ciclos</b>	<b>Equipos especializados</b>	<b>Tracción animal</b>
				<b>2 R</b>	<b>3 R</b>			
	35	41	35	25	29	11	0	11
	22	29		21	25	14		10
	25	40		25	27	19		12
	25	28		24	28	21		
	30			25	20	15		
	25			19	25	12		
	46			18	26	13		
	25			31	25	15		
	25			25	22	11		
	31			26		15		
	29			30		18		
	30			27		10		
	39			30		12		
	21			30		11		
	29			24		10		
	22			25				
	35			19				
	39			21				
	30			22				
	27			20				
	35							
	31							
	35							
	24							
	35							
30								
38								
34								
25								
27								
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>3</b>


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Estudio de velocidad en un punto</b> <b>Cronómetro chino y radar</b>						<b>Modelo</b> <b>OT-1A</b>	
<b>Lugar: Calle Colón</b>				<b>Fecha: 16-5-2017</b>				
<b>Entre: Estrada Palma y Misionero</b>				<b>Sentido: 1 sentido</b>				
<b>Distancia del aparato:</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Radar</b> <b>(km/h)</b>	<b>Categorías</b>							
	<b>Ligeros</b>	<b>Pesados</b>	<b>Ómnibus</b>	<b>Motos</b>		<b>Ciclos</b>	<b>Equipos especializados</b>	<b>Tracción animal</b>
				<b>2 R</b>	<b>3 R</b>			
	35	38	25	39	53	13	0	13
	36	31	40	27	38	20		11
	41		36	21	39	22		12
	32		34	29	31	15		11
	31			35	32	11		14
	44			40	36	12		11
	34			31	29	30		11
	28			29	32	10		11
	35			23	32	17		15
	43			31	39	10		11
	35			34	33	17		12
	40			36	22	21		16
	24			14	28	17		11
	34			38	23	11		12
	34			24	37	13		14
	31			14	34	13		13
	43			25	27	14		11
	25			28	27	14		14
	34			18	33	23		
	34			30	30	14		
	35			30	30	15		
	35			27	31	12		
	28			28	31	16		
	28			29	33	10		
45			17		10			
29			17					
40			24					
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>18</b>


Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Estudio de velocidad en un punto</b> <b>Cronómetro chino y radar</b>						<b>Modelo</b> <b>OT-1A</b>	
<b>Lugar: Calle Cuba</b>				<b>Fecha: 17-5-2017</b>				
<b>Entre: Estrada Palma y Misionero</b>				<b>Sentido: 1 sentido</b>				
<b>Distancia del aparato:</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Radar</b> <b>(km/h)</b>	<b>Categorías</b>							
	<b>Ligeros</b>	<b>Pesados</b>	<b>Ómnibus</b>	<b>Motos</b>		<b>Ciclos</b>	<b>Equipos especializados</b>	<b>Tracción animal</b>
				<b>2 R</b>	<b>3 R</b>			
	29	26	24	31	20	12	20	10
	23		25	30	36	14		14
	30		39	31	32	12		14
	38		39	24	30	14		16
	45			22	45	14		16
	40			48	45	12		11
	39			34	22	11		14
	25			27	22	11		10
	15			45	42	14		10
	15			33	29	12		12
	20			39	24	12		12
	20			8	33	15		12
	20			60	21	15		10
	25			31		12		14
	23			15		11		11
	40							14
32							12	
28								
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>17</b>

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

	<b>Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito</b> <b>Ministerio del Interior</b>							
<b>MININT</b>	<b>Estudio de velocidad en un punto</b> <b>Cronómetro chino y radar</b>						<b>Modelo</b> <b>OT-1A</b>	
<b>Lugar: Calle San Miguel</b>				<b>Fecha: 18-5-2017</b>				
<b>Entre: Juan Bruno Zayas y Alemán</b>				<b>Sentido: 1 sentido</b>				
<b>Distancia del aparato:</b>				<b>Chequeador: Elizabeth Borges Chavez</b>				
<b>Radar</b> <b>(km/h)</b>	<b>Categorías</b>							
	<b>Ligeros</b>	<b>Pesados</b>	<b>Ómnibus</b>	<b>Motos</b>		<b>Ciclos</b>	<b>Equipos especializados</b>	<b>Tracción animal</b>
				<b>2 R</b>	<b>3 R</b>			
	30	30	21	18	35	13	20	13
	32	34	35	25	19	11		12
	47	57	38	18	30	15		13
	21		22	27	19	18		10
	27			27	27	14		11
	34			32		15		
	42			21		15		
	27			35		16		
	22			24		19		
	34			36		16		
	32			26		11		
	44			26		18		
	38			32		17		
	46			30		11		
	30			35		18		
	26			30		19		
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

	Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito Ministerio del Interior								
MININT	Estudio de velocidad en un punto Cronómetro chino y radar						Modelo OT-1A		
Lugar: Calle Martí				Fecha: 19-5-2017					
Entre: Luis Estévez y Máximo Gómez				Sentido: 1 sentido					
Distancia del aparato:				Chequeador: Elizabeth Borges Chavez					
Radar (km/h)	Categorías								
	Ligeros	Pesados	Ómnibus	Motos		Ciclos	Equipos especializados	Tracción animal	
				2 R	3 R				
	31	0	30	28	25	12	0	14	
	29		29	30	27	16		12	
	30		19	31	26	15			
	30		26	17	17	15			
	29			25	30	15			
	25			30	33	13			
	26			22	30	14			
	30			17	28	13			
	30			28	23	17			
	29			19	28	14			
	25			24		11			
	35			24		11			
	32			27		16			
	23			25		14			
	25			34		11			
	26			17		14			
	24			28		12			
40			21						
28			28						
29			33						
20			24						
24			15						
26			25						
22									
35									
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	

Fuente: Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito

### Anexo III Determinación de la muestra

Este anexo consiste en una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, donde se calcula la cantidad de muestras para cada categoría vehicular, en cada una de las diez vías seleccionadas.

#### **Anexo IV Determinación de los factores equivalentes**

Es una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel, donde se determinan los factores equivalentes para cada categoría vehicular, en cada una de las diez vías seleccionadas en función de la cantidad de muestras obtenidas. Además se determinan los factores de forma general para todas las vías separando las arterias principales y las arterias menores y colectoras.

#### **Anexo V Comprobación de los factores**

Este anexo es el programa Statgraphics aplicado a cada una de las diez vías para comprobar la no existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos.