



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UGM-INF-02-2020

DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES CAMIÓN ASOCIADOS A ENCUESTAS DE CARGA Y ESTACIONES DE PESAJE EN COSTA RICA EN EL PERÍODO 2007-2017

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal
Unidad de Materiales y Pavimentos
LanammeUCR

San José, Costa Rica
Enero, 2020

Página en blanco



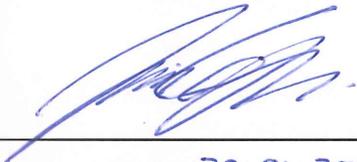
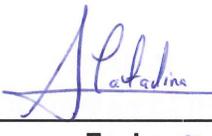
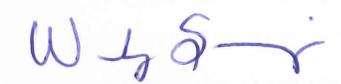
1. Informe LM-PI-UGM-INF-02-2020		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Determinación De Los Factores Camión Asociados A Encuestas De Carga Y Estaciones De Pesaje En Costa Rica En El Período 2007-2017		4. Fecha del Informe: Enero, 2020
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias		
7. Resumen El factor camión es uno de los componentes principales en la estimación de la demanda de cargas que tendrá el pavimento de una carretera, por este motivo contar con factores camión confiables es de suma importancia durante la etapa de diseño. El presente informe recopiló y analizó las bases de datos sobre factores camión calculados entre los años 2007 y 2017 por el LanammeUCR, donde se contó con más de 15 millones de vehículos pesados, distribuidos en diferentes rutas del país. Dada la necesidad de disponer de factores camión actualizados que consideren la realidad nacional, tanto en la época sin control como después de esta, es que se propone generar factores camión que estén asociados con cierto nivel de confiabilidad y que además, consideren la cantidad de vehículos que contribuyen en la estimación del factor camión. Los factores camión determinados en el presente informe, contemplan la variabilidad interanual que existe actualmente y pondera dichos factores dando mayor peso a los factores estimados con mayor cantidad de vehículos. Además, brinda una serie de recomendaciones con el propósito de contar a futuro con factores camión más detallados.		
8. Palabras clave Pesaje, Factor camión, confiabilidad	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas: 38
11. Preparado por:		
Ing. Jaime Allen Monge, PhD Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 22/01/2020	Ing. Eliécer Arias Barrantes Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 17/01/2020	Ing. Catalina Vargas Sobrado, M.Eng. Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 17/01/2020
12. Revisado por:		
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica  Fecha: 17/01/2020	Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal, LanammeUCR  Fecha: 21/01/2020	13. Aprobado por: Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, MSc Coordinadora General PITRA  Fecha: 17/01/2020

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	9
1.1	SITUACIÓN ACTUAL	9
1.2	ANTECEDENTES	10
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	11
1.4	OBJETIVO GENERAL	12
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.6	MARCO TEÓRICO	12
1.7	ALCANCES.....	14
1.8	LIMITACIONES	14
2	RESULTADOS.....	16
3	CONCLUSIONES.....	23
4	RECOMENDACIONES.....	23
5	REFERENCIAS.....	25
6	APÉNDICE.....	26
6.1	RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN POR AÑO, RUTA Y TIPO DE VEHÍCULO.....	26
7	ANEXOS.....	33
7.1	DISTRIBUCIONES PORCENTUALES POR RUTAS Y TIPOS DE VEHÍCULOS.....	33
7.2	ESALS DIARIOS Y ANUALES PARA DISTINTOS PERCENTILES SEGÚN LAS DISTINTAS RUTAS Y TIPOS DE VEHÍCULOS.....	36



ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS RECOPIADOS	20
CUADRO 2. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN ESTIMADOS (2007-2017) Y VALORES UTILIZADOS POR EL MOPT.....	21
CUADRO A 1. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS PARA DISTINTOS AÑOS DE LA RUTA SAN JOSÉ-LIMÓN	26
CUADRO A 2. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS PARA DISTINTOS AÑOS DE LA RUTA LIMÓN-SAN JOSÉ	26
CUADRO A 3. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS PARA DISTINTOS AÑOS DE LA RUTA CAÑAS	27
CUADRO A 4. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS PARA DISTINTOS AÑOS DE LA RUTA SAN JOSÉ-OCHOMOGO	27
CUADRO A 5. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS PARA DISTINTOS AÑOS DE LA RUTA CARTAGO-SAN JOSÉ.....	27
CUADRO A 6. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN Y PORCENTAJE DE CANTIDAD DE VEHÍCULOS DEL TOTAL DE DATOS UTILIZADOS PARA DICHO CÁLCULO EN LA RUTA SAN JOSÉ-LIMÓN.....	28
CUADRO A 7. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN Y PORCENTAJE DE CANTIDAD DE VEHÍCULOS DEL TOTAL DE DATOS UTILIZADOS PARA DICHO CÁLCULO EN LA RUTA LIMÓN-SAN JOSÉ.....	29
CUADRO A 8. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN Y PORCENTAJE DE CANTIDAD DE VEHÍCULOS DEL TOTAL DE DATOS UTILIZADOS PARA DICHO CÁLCULO EN LA RUTA DE CAÑAS	30
CUADRO A 9. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN Y PORCENTAJE DE CANTIDAD DE VEHÍCULOS DEL TOTAL DE DATOS UTILIZADOS PARA DICHO CÁLCULO EN LA RUTA SAN JOSÉ-CARTAGO (OCHOMOGO)	31
CUADRO A 10. RESUMEN DE FACTORES CAMIÓN Y PORCENTAJE DE CANTIDAD DE VEHÍCULOS DEL TOTAL DE DATOS UTILIZADOS PARA DICHO CÁLCULO EN LA RUTA CARTAGO-SAN JOSÉ.....	32
CUADRO A 11. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR RUTAS SEGÚN LA CANTIDAD TOTAL DE CADA TIPO DE VEHÍCULOS	33
CUADRO A 12. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR RUTAS SEGÚN LA CANTIDAD TOTAL DE VEHÍCULOS ENCUESTADOS	35



CUADRO A 13. CANTIDAD DE ESALS DIARIOS Y ANUALES PARA PERCENTIL 80 SEGÚN RUTA Y TIPO DE VEHÍCULO	36
CUADRO A 14. CANTIDAD DE ESALS DIARIOS Y ANUALES PARA PERCENTIL 85 SEGÚN RUTA Y TIPO DE VEHÍCULO	36
CUADRO A 15. CANTIDAD DE ESALS DIARIOS Y ANUALES PARA PERCENTIL 90 SEGÚN RUTA Y TIPO DE VEHÍCULO	37
CUADRO A 16. CANTIDAD DE ESALS DIARIOS Y ANUALES PARA PERCENTIL 95 SEGÚN RUTA Y TIPO DE VEHÍCULO	37
CUADRO A 17. CANTIDAD DE ESALS DIARIOS Y ANUALES PARA PERCENTIL 99 SEGÚN RUTA Y TIPO DE VEHÍCULO	38

INDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i> VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CAMIÓN PARA LA RUTA 32 EN EL SENTIDO LIMÓN-SAN JOSÉ PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS.....	18
<i>FIGURA 2.</i> VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CAMIÓN PARA EN EL SENTIDO SAN JOSÉ-CARTAGO (OCHOMOGO) PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS.....	18
<i>FIGURA 3.</i> FACTOR CAMIÓN PARA EL 85% DE NIVEL DE CONFIANZA Y RANGOS DEL MOPT PARA LOS VEHÍCULOS C2, BUS C2, C3, C4, T3-S2 Y T3-S3	21
<i>FIGURA 4.</i> FACTOR CAMIÓN PARA EL 85% DE NIVEL DE CONFIANZA Y RANGOS DEL MOPT PARA LOS VEHÍCULOS TIPO C2+ Y PICKUP.....	22



Página en blanco

1 Introducción

1.1 Situación actual

Los factores camión que se utilizan actualmente en el país para el diseño de sobrecapas asfálticas y rehabilitaciones siguen las recomendaciones del oficio DVOP-5170-07, elaborado en el año 2007 por el señor Pedro Castro Fernández, viceministro del Ministerio de Obras Públicas y Transportes de ese momento, el cual se basa a su vez en la encuesta de cargas del año 2007. Los valores recomendados han sido muy utilizados y siguen en vigencia puesto que ha sido el último pronunciamiento de la administración respecto del tema de factores camión.

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) ha realizado estudios sobre el tema de cargas vehiculares con el fin de generar insumos de diseño actualizados y representen en mejor manera las condiciones reales y actuales de carga a las cuales se ven sometidas las estructuras de pavimento. Según se detalla en el informe LM-PI-AT-121-2017, con fecha de emisión Marzo del 2018, de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, a partir de la revisión de diseños detallada, se evidenció que los factores camión empleados (los recomendados por el oficio DVOP-5170-07) por los contratistas para el diseño se encuentran desactualizados.

Es por este motivo que los esfuerzos del LanammeUCR van enfocados en calcular factores camión actualizados que puedan ser utilizados como insumos por la administración, y sobre todo entrar en una dinámica de actualización continua que permita utilizar factores camión adecuados a la flotilla vehicular del país y por lo tanto permitan obtener diseños más confiables.

Se agradece la participación del estudiante Allan Ureña Bermúdez, en su calidad de asistente del Programa de Infraestructura de Transporte, en el desarrollo de esta investigación para la determinación de los factores camión que actualmente rigen para Costa Rica.

1.2 Antecedentes

En el año 2007 se publicó el oficio DVOP-5170-07, de fecha 10 de Setiembre del 2007, dirigido al Departamento de Ingeniería y Subárea de Geotecnia y Materiales, del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), con el fin de contar con una guía o línea de referencia respecto al tema de los factores camión. Los valores detallados en el oficio hacen referencia al uso de los factores camión calibrados en el año 2007 a partir de una encuesta de cargas y presenta tres valores de factores camión; valores mínimos, máximos y los valores promedios que en este caso son los valores recomendados por el oficio salvo algún mejor criterio de diseñador.

En el año 2007 se realizó un estudio relevante acerca de la *Determinación de factores camión en pavimentos de Costa Rica* (Allen, Badilla y Ulloa, 2007), que parte de la necesidad de contar con una encuesta de carga propia para cada país, con el objetivo de determinar la magnitud de cargas que transitan realmente por las carreteras. Con este estudio se concluyó que los factores camión utilizados hasta el momento para ocho rutas del país, subestimaban el peso real de los vehículos que atraviesan las carreteras de Costa Rica.

En el año 2009 se elaboró un estudio denominado *Incidencia de las Estaciones de Pesaje Móvil en los Factores Camión en Pavimentos de Costa Rica* (Badilla & Molina). Este estudio se realizó con el objetivo general de evaluar las variaciones en los Factores Camión, antes y después de la implementación del control de pesaje en el uso de estaciones de pesaje móvil. Los resultados obtenidos se basaron en las estaciones de pesaje móvil implementadas por el MOPT y CONAVI, los mismos evidenciaron, principalmente, la importancia de controlar las cargas de los vehículos, esto porque cuando existen controles de carga se generan importantes reducciones en los valores del factor camión, lo que permite una mejora de la vida útil de los pavimentos. Además, se obtuvo como conclusión que los factores camión encontrados fueron menores a los que existían antes del año 2007. También se determinó que existía una tendencia a estabilización de las cargas vehiculares dentro del rango permitido en la legislación, esto producto de mayores controles de cargas.

En el proyecto de trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica desarrollado en conjunto con el

LanammeUCR por Espinoza (2013), denominado *Determinación de factores camión y espectros de carga representativos de autobuses urbanos e interurbanos para diseño de pavimentos flexibles en carreteras de Costa Rica*, se estudió la influencia significativa que representan los autobuses en el daño generado a las estructuras de pavimento.

Por último, en el año 2018 el LanammeUCR elabora el informe denominado *Evaluación de parámetros y metodología utilizada en los diseños de pavimentos realizados bajo el marco de licitación pública 2014LN-000018-0CV00*. Este informe es importante para el presente trabajo pues ratifica que los valores que están siendo actualmente utilizados por los diseñadores se encuentran desactualizados. Por ello, el presente informe es una muestra de los esfuerzos que sigue el LanammeUCR en la línea de los factores camión para Costa Rica, el cual incluye una actualización basándose en la información disponible para la institución al mes de diciembre del año 2017.

1.3 Justificación

La vida útil de una estructura de pavimento se puede ver comprometida por diversos factores, entre ellos: las condiciones extremas del medio ambiente que la rodean, características de los materiales que la componen, la cantidad de vehículos que transitan por la estructura, su proceso constructivo, entre otros. Sin embargo, un aspecto de gran importancia es el daño que genera la carga de los vehículos en las estructuras de pavimento.

Se entiende que los vehículos pesados son aquellos que generan mayor daño a una estructura de pavimento, de hecho, se ha demostrado que cuando se genera un incremento de carga más allá de lo permitido el daño crece de manera exponencial (Allen, 2014).

Cuando no se conocen de manera precisa las cargas que transitan por las vías, los diseños no son óptimos, se incurre en sobre diseños que son resistentes, pero tienen un costo elevado o diseños en los que su resistencia es menor que la demanda a la cual van a ser sometidos y por ende disminuirá durante su vida útil.

Por lo tanto, conocer y controlar las cargas vehiculares se torna importante para su diseño y para un adecuado aprovechamiento de la vida útil de las mismas. De tal manera que en este estudio se pretende brindar factores camión actualizados que representen la realidad actual

de las cargas a las cuales se ven sometidas las estructuras de pavimento de distintas rutas de la red vial nacional.

1.4 Objetivo general

Determinar factores camión actualizados y acordes con la realidad de carga nacional por medio del análisis del registro histórico de los factores camión generados por el LanammeUCR, en los diferentes proyectos de investigación

1.5 Objetivos específicos

- Recopilar las bases de datos utilizadas en los diferentes proyectos asociados a encuestas de carga y estimación de factores camión.
- Analizar la incidencia que tiene la cantidad de vehículos pesados en los diferentes estudios realizados para estimar los factores camión.
- Generar una serie de factores camión por tipo de vehículo que tomen en consideración los diferentes valores históricos y que estén asociados a un nivel de confianza determinado.

1.6 Marco teórico

En Costa Rica, actualmente para diseñar una estructura de pavimento se aplica la metodología de la guía de diseño AASTHO 93, en el método es necesario estimar el tránsito vehicular y la carga que circulará sobre ella a lo largo de su vida útil. Sin embargo, dado que estas características son variables según la composición de la flota vehicular, es necesario homogenizar las diferentes magnitudes y formas en que se transmiten las cargas.

Esta homogenización se logra mediante la determinación de Ejes Equivalentes de Carga que toman en cuenta las diferencias del tránsito que circula por el pavimento y las homogeniza en una carga única de referencia, los Ejes Equivalentes de Carga (ESALs por sus siglas en inglés “*Equivalent Single Axle Loads*”). Los ESALs permiten evaluar el daño relativo del paso de un tipo de eje y carga cualquiera, en relación con el daño de un eje simple estándar; en Costa

Rica un ESAL es equivalente al daño que genera un eje simple dual de 80 kN o bien, 18 000 lb (Badilla y Molina, 2009).

Para determinar los ESALs, se deben conocer otros parámetros: los factores camión y los factores equivalentes de carga. Los factores de equivalencia de carga (LEF, por sus siglas en inglés) representan la relación existente entre el daño que genera una carga específica de un eje, y la provocada por el eje de referencia. Estos ejes están definidos en la guía de diseño AASHTO 93 para cada tipo de: pavimento (flexible, rígido), eje (simple, tándem, tridem), espesor, número estructural y serviciabilidad final (Badilla y Molina, 2009).

Una vez determinados los factores de equivalencia de carga, se pueden calcular los factores camión (FC). Estos permiten conocer el daño que los ejes de cada vehículo le generan al pavimento, y corresponden a la suma de los LEF de cada vehículo.

$$FC \text{ promedio} = \frac{[\Sigma(\text{número de ejes} * LEF)]}{\text{Número de vehículos encuestados}} \quad [1]$$

De tal manera que se puede determinar la cantidad de ejes equivalentes de carga de 80 kN que deberá soportar en total una determinada estructura de pavimento para todos sus años de servicio. Posteriormente, para conocer el valor de ejes equivalentes de diseño para cada tipo de vehículo, se aplica la siguiente ecuación:

$$ESAL_{(día)} = \Sigma(TPDA * \text{distribución por tipo e vehículo, \%}) * FC_{(tipo de vehículo)} \quad [2]$$

Sin embargo, para el diseño se debe conocer la cantidad total de ESALs por día ($ESAL_{día}$), es decir, considerando todas las clases de vehículos, por lo que se suman los ESALs de todas las categorías anteriores. Por último, para conocer la cantidad de ejes equivalentes con los cuales una determinada obra deberá ser diseñada, es necesario considerar aspectos propios de los carriles y la vida útil de la carretera, por lo que se aplica la siguiente ecuación:

$$ESAL_{diseño} = ESAL_{día} * DS * LDF * GF * Y * 365 \quad [3]$$

$$GF * Y = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad [4]$$

Donde cada una de las variables son:

- $ESAL_{\text{diseño}}$: Ejes equivalentes de diseño (totales).
- DS: Factor direccional.
- LDF: Factor de distribución por carril.
 - r: Tasa de crecimiento en fracción.
 - n: años de análisis.

1.7 Alcances

Para la estimación de los factores camión se utilizarán las bases de datos que ha podido recopilar el LanammeUCR ya sea, mediante encuestas de carga en proyectos propios o datos brindados por el MOPT, asociados a las estaciones de pesaje que operan en las diferentes rutas de la red vial nacional y que han sido procesados en LanammeUCR. De manera que se incluyen en el análisis del presente informe las bases de datos asociadas a los años 2005-2007 y las asociadas al período que comprende los años 2008-2017.

Para el presente estudio no se toma en consideración realizar de nuevo el cálculo de los factores camión sino, más bien realizar un análisis más detallado de los valores que han sido estimados entre los años 2007 y 2017, que tome en consideración los factores camión calculados cada año y la cantidad de vehículos que fueron considerados en cada uno de los estudios previamente realizados.

Este informe pretende brindar una serie de “factores camión” generales para el país utilizando las bases de datos disponibles, que estén asociados a un nivel de confianza que permita contar con factores camión actualizados y acordes con la realidad nacional sin dejar de lado el comportamiento histórico de los mismos.

1.8 Limitaciones

Los factores camión estimados en el presente informe son aplicables a diseños de pavimentos flexibles ya que utilizan como referencia los factores de equivalentes de carga asociados a este tipo de pavimentos, sin embargo, estos representan la gran mayoría de los pavimentos del país.

Los diferentes estudios considerados obedecen a distintas realidades nacionales asociadas a épocas donde existió un mayor o menor control de las cargas que transitan por las carreteras costarricenses, sin embargo, ambas realidades aportan información valiosa al presente estudio ya que en Costa Rica son pocas las rutas que están sometidas a un régimen de control de cargas.

La cantidad de rutas consideradas es limitada (cerca de 12 rutas), sin embargo, los estudios se han enfocado en capturar el comportamiento de carga en diferentes rutas del país y la cantidad total de los vehículos considerados asciende a 15.386.304 vehículos pesados.

2 Resultados

A partir del análisis y estudio de las bases disponibles de datos sobre factores camión se obtienen los siguientes resultados. Los mismos se basan en el análisis de 15.386.304 vehículos que se clasifican en 8 categorías (Pickup, C2, Bus C2, C2+, C3, C4, T3-S2, y T3-S3) para cuatro rutas nacionales las cuales se componen de dos rutas de medio tráfico, una ruta de tránsito bajo y una ruta de tránsito alto (Limón-San José, San José-Limón, Ochomogo-San José, San José-Ochomogo, Paso Canoas y Cañas).

Dado que el objetivo del presente informe es brindar un factor camión asociado a un cierto valor de confianza, se da un mayor peso a los factores que han sido calculados mediante estaciones de pesaje que poseen una mayor cantidad de vehículos. Por ejemplo, la encuesta de carga del 2007 registró una gran cantidad de vehículos y rutas, ofreció una gran ventana de observación, pero sobre vehículos no controlados, es decir obtuvo valores extremos de factores camión, sin embargo, esto obedece a un esquema experimental donde el muestreo es limitado. En el presente informe se consideran y ponderan valores de estudios recientes que ofrecen una ventana de observación más realista de vehículos que se encuentran en un control continuo.

Es así como, a partir de los estudios recientes, se considera para el cálculo de factores camión una gran cantidad de vehículos del tipo C2, gracias a los datos obtenidos de la ruta de San José-Cartago y Cartago-San José, y se consideran mayor cantidad de vehículos T3-S2 y T3-S3, correspondiente a vehículos articulados de 5 y 6 ejes, aportados en su gran mayoría por la Ruta 32.

Este comportamiento se puede apreciar mejor en el Anexo 7.1 (Cuadro A 11). En este cuadro se muestra la distribución porcentual por rutas según la cantidad total de vehículos encuestados por cada tipo de vehículo, es decir, permite observar según la ruta y el período en donde se registra un mayor aporte para un tipo de vehículo dado. Por ejemplo, para el caso de los vehículos C2 y C3, en el sentido San José-Cartago, se tienen colores amarillos y rojos (mayor aporte), esto indica que para las estimaciones finales estos datos deben tener un mayor peso que los cercanos al color “verde”. De manera similar, sucede con los vehículos T3-S3, en este caso la ruta que más aporte representa para estos vehículos es el sentido San José-Limón.

De forma análoga, en el Anexo 7.2, en el Cuadro A 12 se muestra la distribución porcentual por ruta según la cantidad total de vehículos encuestados. Es decir, en este caso se representan con colores más oscuros las rutas y períodos que representan más peso de la cantidad total de vehículos. Por ejemplo, en el cuadro se muestra que la encuesta de carga tiene muy poco peso respecto de la cantidad total de vehículos encuestados, las rutas que presentan un registro continuo pasan a tener un mayor peso, que en este caso corresponde a los vehículos C2 en la ruta de Cartago en ambos sentidos y a los vehículos pesados articulados de la Ruta 32, en ambos sentidos.

A partir de los datos recolectados desde el año 2008 se muestran gráficas que permiten observar el comportamiento de los factores camión a través de los años. En la figura 1 y 2, siguientes, se muestra el ejemplo de dos rutas en donde se observa el comportamiento general para cada tipo de vehículo. En general se observa que, pese al establecimiento de estaciones de control de pesaje en el año 2008, aún no se tiene una tendencia a estabilización para los factores camión en los distintos tipos de vehículos, a pesar de que otras rutas muestran menos variación interanual.

Además, también es importante considerar que entre el año 2008 y 2011 las mediciones no eran durante las 24 horas del día, por lo que podría haber un flujo de vehículos pesados no considerado en las estimaciones. Esto hace que sea difícil hacer proyecciones sobre los factores camión y sobre todo hace necesario tomar en cuenta un valor de confianza del resultado final del factor camión brindado asociado a la desviación estándar que las observaciones tienen.

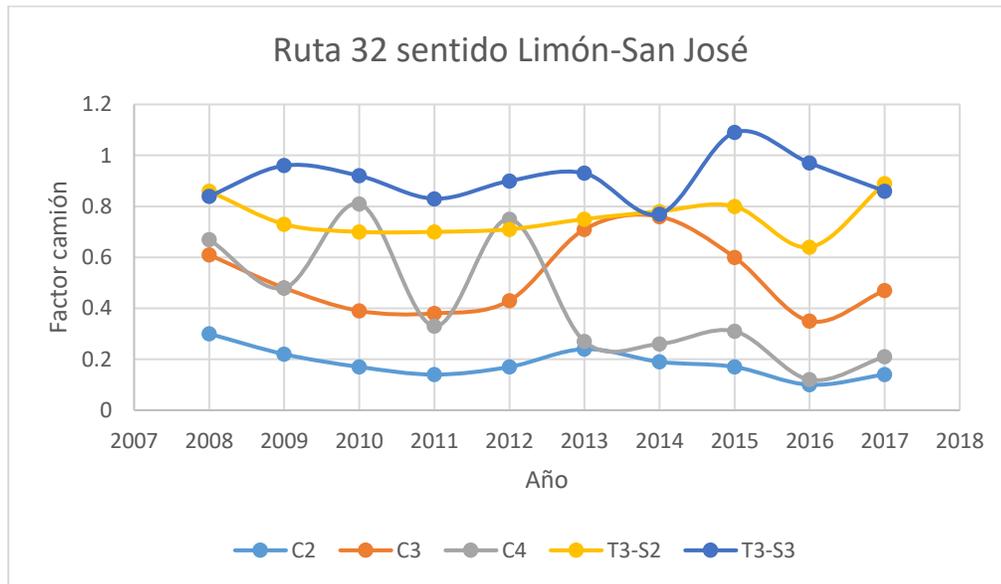


Figura 1. Variación del comportamiento de los factores camión para la ruta 32 en el sentido Limón-San José para los diferentes tipos de vehículos

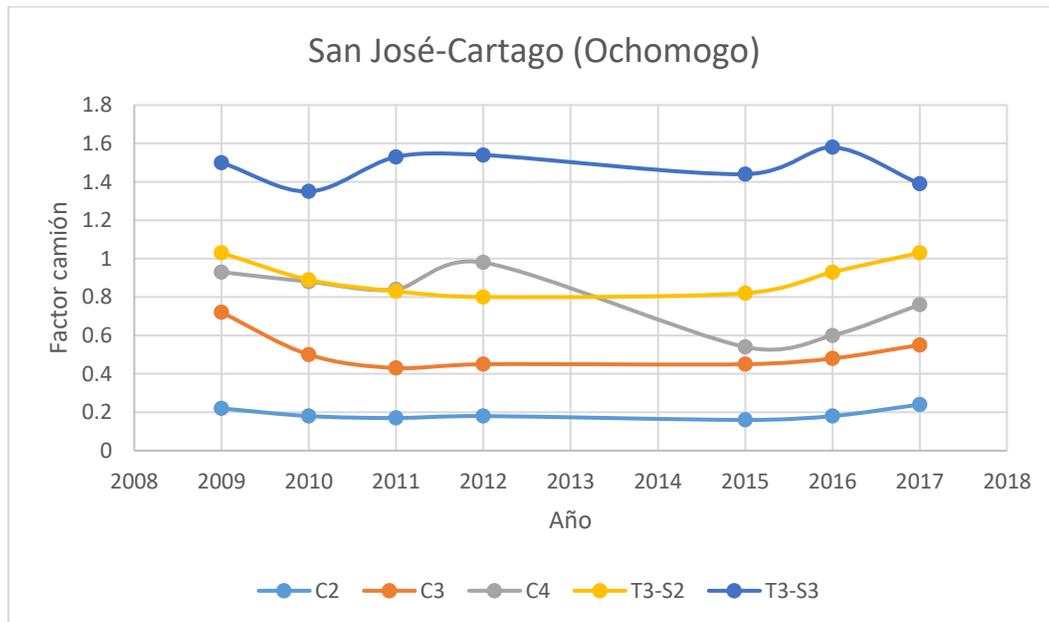


Figura 2. Variación del comportamiento de los factores camión para en el sentido San José-Cartago (Ochomogo) para los diferentes tipos de vehículos

Dado que los resultados han estado variando año a año, se determinó la importancia de analizar todo el espectro de datos disponibles, en el Cuadro 1 se adjunta una estadística descriptiva de los datos. De manera general, se puede decir que los valores para los diferentes tipos de vehículos tienen rangos bastante altos, es decir, tienen una gran separación entre su valor máximo y su valor mínimo, esto asociado también a una alta distancia promedio entre los valores y el valor medio (desviación estándar).

Esta variación se puede apreciar también mediante el coeficiente de variación que expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mediante el coeficiente de variación se muestra el grado de variabilidad independientemente de cuál sea la escala de la variable, a diferencia de la desviación estándar. En el Cuadro 1 es posible apreciar que, por ejemplo, pese a que la media de los vehículos tipo C2 es 0,27 esta tiene un coeficiente de variación de 77,8 %. De igual manera, sucede con los vehículos tipo C3, que cuentan con una media de 0,9; pero cuentan con un coeficiente de variación de 89,8 %.

Los altos valores del coeficiente de variación se interpretan **como que la media aritmética no es representativa para un conjunto de datos** y esto sucede porque se cuenta con una desviación estándar considerable. Específicamente para el análisis en cuestión se puede decir que la media aritmética no es representativa, pues pese a que se cuenta con cerca de 14 años de mediciones los valores de los factores camión aún no cuentan con una tendencia definida y tienen una alta variabilidad.

Para el caso de estudios posteriores la cantidad de años a considerar podría cambiar, si se encuentra que los valores de factores camión comienzan a seguir una tendencia definida, por lo pronto debido a que los datos cuentan con una alta variabilidad, se decide aplicar el componente probabilístico con intervalos y límites de predicción (Ryan, 2007) a la matriz general de datos, que se asociará a un nivel de confianza como se detalla más adelante.



Cuadro 1. Descripción estadística de los datos recopilados

Tipo de Vehículo	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar	Varianza	Coefficiente de variación	Rango	Mínimo	Máximo
C2	0,27	0,20	0,20	0,21	0,04	77,77 %	1,06	0,10	1,16
C2+	0,05	0,02	0,02	0,08	0,01	20,00 %	0,22	0,01	0,23
C3	0,88	0,54	0,43	0,89	0,79	89,77 %	3,44	0,33	3,77
C4	0,75	0,76	0,88	0,36	0,13	17,33 %	1,49	0,12	1,61
Bus C2	2,36	2,06	-	0,90	0,81	34,32 %	2,67	1,02	3,69
Pickup	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00 %	0,00	0,01	0,02
T2-S1	0,89	0,71	-	0,51	0,26	29,21 %	1,44	0,44	1,87
T3-S1	1,13	1,12	-	0,28	0,08	7,08 %	0,82	0,75	1,57
T3-S2	1,47	1,07	1,03	0,91	0,83	56,46 %	3,58	0,64	4,22
T3-S3	1,50	1,54	0,86	0,45	0,21	30,00 %	1,54	0,77	2,31

Como se mencionó en líneas previas, el propósito del presente informe fue recopilar y analizar los valores de factor camión y darle un peso adecuado según la cantidad de vehículos encuestados, para con ello obtener una serie de factores camión ponderados por tipo de vehículo. Adicionalmente, se utilizó la desviación estándar de los valores globales por tipo de vehículo y con esto calcular una serie de factores que cumplieran cierto nivel de confianza, según el siguiente modelo.

$$FC_{VjPi} = FC_{Vj} + \sigma_j Z_i \quad [5]$$

Donde:

- FC_{VjPi} = Factor camión para el vehículo “j”, dado un nivel de confianza “i”.
- FC_{Vj} = Factor camión ponderado para el vehículo “j”.
- σ_j = Desviación normal estándar para el vehículo “j”.
- Z_i = valor de z asociado a un nivel de confianza “i”, para la distribución normal estándar.

Como resultados finales se tiene un resumen con los factores camión a distintos niveles de confianza (ver Cuadro 2), y la Figura 3 y 4 muestran de manera gráfica la posición de los valores calculados, respecto a los valores máximos y mínimos que propone el Ministerio de Obras Públicas y Transportes para los distintos vehículos.

Cuadro 2. Resumen de factores camión estimados (2007-2017) y valores utilizados por el MOPT

Factor Camión Propuesto para diferentes niveles de confianza						MOPT		
Vehículo	80%	85%	90%	95%	99%	Mínimo MOPT	Máximo MOPT	Promedio
Pickup	0,013	0,013	0,014	0,014	0,015	0,010	0,020	0,010
C2	0,360	0,400	0,451	0,527	0,670	0,260	0,630	0,470
Bus C2	2,559	2,734	2,954	3,281	3,893	1,250	2,290	1,710
C2+	0,093	0,107	0,126	0,154	0,205	0,010	0,070	0,026
C3	1,250	1,414	1,621	1,928	2,504	0,990	1,280	1,100
C4	1,123	1,193	1,282	1,413	1,659			
T3-S2	1,920	2,098	2,321	2,652	3,273	1,510	2,380	1,710
T3-S3	2,142	2,230	2,341	2,506	2,815			

En las figuras 3 y 4 se puede apreciar como incluso para un valor mínimo recomendado del 85% de confianza, los valores de FC superan el rango utilizado, esto para los C2+, C2_{Bus}, y C3, vehículos que son muy comunes en muchas rutas del país, indiferentemente si es nacional o municipal. Es por este motivo que es de gran importancia mantener factores camión actualizados y que se ajusten de forma dinámica a las necesidades de carga del país.

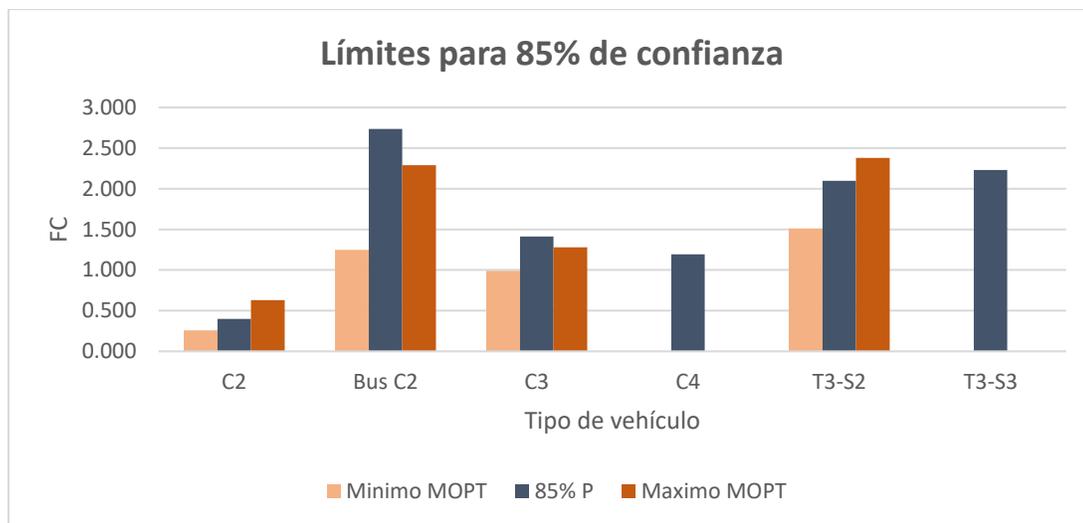


Figura 3. Factor camión para el 85% de nivel de confianza y rangos del MOPT para los vehículos C2, Bus C2, C3, C4, T3-S2 y T3-S3

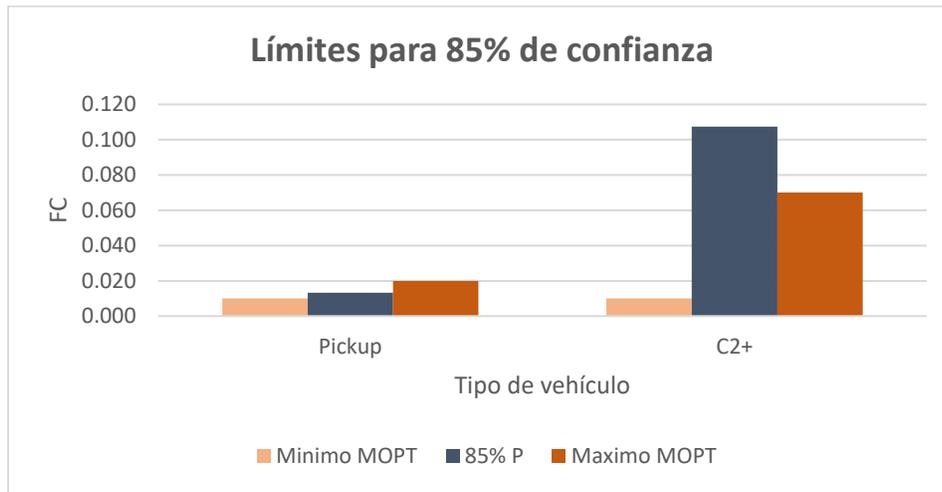


Figura 4. Factor camión para el 85% de nivel de confianza y rangos del MOPT para los vehículos tipo C2+ y pickup

Con base en la revisión y análisis de los ESALs para diferentes rutas del país, con diferentes niveles tránsito vehicular (ver Anexo 7.2), se recomienda como mínimo los valores de factores camión para el 85 % de confiabilidad. Este valor de 85 % es comúnmente utilizado en el ámbito de la estadística ingenieril y representa por ejemplo para el caso de los vehículos C2 que, si se realiza alguna medición el 85 % de los vehículos de este tipo, tienen un factor camión de 0,40 o menos (ver Cuadro 2). Sin embargo, esto no exime que pueda utilizarse otro nivel de confianza si se determina que es necesario disminuir la incertidumbre.



3 Conclusiones

- Como valor agregado del presente análisis se tiene la ponderación del factor camión por cantidad y tipo de vehículo para analizar de forma integral los valores existentes y asociarlos a diferentes niveles de confianza.
- Se ha determinado según los valores históricos, que todavía no existe una estabilización del factor camión en algunas rutas del país, donde también se han identificado diferentes condiciones de muestreo, debido a cambios en políticas de medición y estudios con objetivos diferentes. De ahí la importancia de seguir analizando los datos pasados y futuros para comprender cómo afectan realmente estos cambios en los valores estimados.
- Los valores acá expuestos, se encuentran calculados a partir de una base de datos de más de 15 millones de vehículos, lo que brinda una cantidad de datos considerable para hacer estimaciones de variabilidad y nivel de confianza.
- Los valores de factor camión acá expuestos se brindan como una alternativa a los valores que actualmente utiliza la administración, ya que poseen una mayor cantidad de datos, mayor confiabilidad según los valores medidos hasta el 2017 y permite capturar el comportamiento dinámico del factor camión.

4 Recomendaciones

- Continuar con la recopilación de datos sobre el pesaje para distintos tipos de vehículos con el propósito de realizar análisis posteriores.
- Generar un proceso de actualización continua, en donde al menos cada 2 años los factores camión sean actualizados siguiendo una media móvil de cierta cantidad de años que deberá ser determinada posteriormente.
- Se insta a la Administración tomar estos factores camión y actualizar los factores utilizados actualmente según oficio DVOP-5170-07, ya que el factor camión es un componente dinámico, el cual debe actualizarse de forma periódica, con el objetivo de que los diseños que se realizan capturen la carga que transita por las carreteras.



- Generar un esquema experimental que permita contar, a futuro, con factores camión similares a los actuales, pero incorporando la componente regional. Con el objetivo de contar con datos más precisos por región. Según los principales corredores viales.
- Determinar el efecto del cambio de muestreo a 24 horas de las estaciones de pesaje realizado entre los años 2011 y 2012, con el objetivo de determinar la influencia tanto en la magnitud del factor camión por vehículo como variación interanual observada.

5 Referencias

- Allen, J. (2014). Determinación de los factores camión promedio en las estaciones de pesaje en Costa Rica período 2008-2011. San José, Costa Rica: Unidad de Gestión Municipal, LanammeUCR.
- Allen, J., Ulloa, Á., Sibaja, D., & Badilla, G. (2007). Determinación de factores de los factores camión en Costa Rica. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, San José, Costa Rica.
- Badilla, G., & Molina, D. (2009). Incidencia de las Estaciones de Pesaje Móvil en los Factores Camión en Pavimentos de Costa Rica. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Unidad de Investigación en Infraestructura Vial, San José.
- Espinoza, J. C. (2013). Determinación de factores camión y espectros de carga representativos de autobuses urbanos e interurbanos para diseño de pavimentos flexibles en carreteras de Costa Rica. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. San José, Costa Rica.
- Loría Salazar, L., Sequeira Rojas, W., Guerrero Aguilera, S., Herra Gómez, L., Salas Chaves, M., Arias Barrantes, E. (2017). Informe de Auditoría Técnica LM-AT-113-2008: "Evaluación de parámetros y metodología utilizada en los diseños de pavimentos realizados bajo el marco de la Licitación Pública 2014LN-000018-OCV00". San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2007). Oficio "DVOP-5107-07 ", Despacho Viceministro Obras Públicas, San José, Costa Rica.
- Ryan, T. P. (2007). Modern Engineering Statistics. New Jersey, United States: John Wiley & Sons.

6 Apéndice

6.1 Resumen de factores camión por año, ruta y tipo de vehículo.

Cuadro A 1. Resumen de factores camión de los diferentes tipos de vehículos para distintos años de la ruta San José-Limón

Ruta	Período	C2	C3	C4	T3-S2	T3-S3
SJ-L	2008	0,35	0,83	1,06	1,81	2,31
	2009	0,27	0,69	1,18	1,67	2,09
	2010	0,20	0,63	1,19	1,54	1,83
	2011	0,14	0,54	1,05	1,50	1,81
	2012	0,15	0,49	1,14	1,45	1,74
	2013	0,26	0,70	1,25	1,80	2,03
	2014	0,23	0,50	1,38	1,89	2,15
	2015	0,26	0,55	1,61	1,91	2,20
	2016	0,14	0,43	0,88	1,58	2,08
	2017	0,22	0,54	1,10	1,71	2,02

Cuadro A 2. Resumen de factores camión de los diferentes tipos de vehículos para distintos años de la ruta Limón-San José

Ruta	Período	C2	C3	C4	T3-S2	T3-S3
L-SJ	2008	0,30	0,61	0,67	0,86	0,84
	2009	0,22	0,48	0,48	0,73	0,96
	2010	0,17	0,39	0,81	0,70	0,92
	2011	0,14	0,38	0,33	0,70	0,83
	2012	0,17	0,43	0,75	0,71	0,90
	2013	0,24	0,71	0,27	0,75	0,93
	2014	0,19	0,76	0,26	0,78	0,77
	2015	0,17	0,60	0,31	0,8	1,09
	2016	0,10	0,35	0,12	0,64	0,97
	2017	0,14	0,47	0,21	0,89	0,86

Cuadro A 3. Resumen de factores camión de los diferentes tipos de vehículos para distintos años de la ruta
Cañas

Ruta	Período	C2	C3	C4	T3-S2	T3-S3
Cañas	2009	0,32	0,73	0,70	1,54	1,70
	2013	0,20	0,43	0,51	0,97	1,50
	2014	0,18	0,46	0,58	0,95	1,52
	2015	0,19	0,40	0,27	1,03	1,56
	2016	0,16	0,33	0,18	0,94	1,38
	2017	0,20	0,40	0,41	0,99	1,59

Cuadro A 4. Resumen de factores camión de los diferentes tipos de vehículos para distintos años de la ruta San
José-Ochomogo

Ruta	Período	C2	C3	C4	T3-S2	T3-S3
SJ-Cartago (Ochomogo)	2009	0,22	0,72	0,93	1,03	1,50
	2010	0,18	0,50	0,88	0,89	1,35
	2011	0,17	0,43	0,84	0,83	1,53
	2012	0,18	0,45	0,98	0,80	1,54
	2015	0,16	0,45	0,54	0,82	1,44
	2016	0,18	0,48	0,60	0,93	1,58
	2017	0,24	0,55	0,76	1,03	1,39

Cuadro A 5. Resumen de factores camión de los diferentes tipos de vehículos para distintos años de la ruta
Cartago-San José

Ruta	Período	C2	C3	C4	T3-S2	T3-S3
Cartago-SJ	2009	0,20	0,84	0,98	1,42	2,01
	2010	0,18	0,62	1,00	1,24	1,84
	2011	0,16	0,63	0,89	1,22	1,86
	2012	0,15	0,6	0,79	1,16	1,84
	2013	0,14	0,53	0,76	1,21	1,89
	2014	0,12	0,46	0,62	1,03	1,69



Cuadro A 6. Resumen de factores camión y porcentaje de cantidad de vehículos del total de datos utilizados para dicho cálculo en la ruta San José-Limón

Ruta	Período	C2		C3		C4		T3-S2		T3-S3		Total datos
SJ-L	Nov 2008 -	0,35		0,83		1,06		1,81		2,31		
	Dic 2008	7558	14%	1180	2%	577	1%	42237	77%	3510	6%	55062
	2009	0,27		0,69		1,18		1,67		2,09		
		51900	14%	9096	2%	7169	2%	262788	71%	40274	11%	371227
	2010	0,2		0,63		1,19		1,54		1,83		
		51982	13%	10585	3%	14687	4%	273291	70%	40605	10%	391150
	2011	0,14		0,54		1,05		1,5		1,81		
		53542	13%	9944	2%	9442	2%	283255	69%	52469	13%	408652
	Ene 2012-	0,15		0,49		1,14		1,45		1,74		
	Sep 2012	36934	13%	7485	3%	4133	1%	192855	68%	44212	15%	285619
	Mar 2013 -	0,26		0,7		1,25		1,8		2,03		
		40935	13%	8507	3%	8051	3%	190254	63%	56099	18%	303846
	2014	0,23		0,5		1,38		1,89		2,15		
		53129	12%	11593	3%	12422	3%	250725	58%	103838	24%	431707
	2015	0,26		0,55		1,61		1,91		2,2		
		56103	13%	10808	2%	9875	2%	243570	56%	113276	26%	433632
	2016	0,14		0,43		0,88		1,58		2,08		
		56285	12%	10199	2%	5470	1%	256477	57%	124836	28%	453267
	Ene 2017 -	0,22		0,54		1,1		1,71		2,02		
		Nov 2017	53456	12%	13305	3%	4373	1%	248556	57%	120114	27%
Promedio		0,22		0,59		1,18		1,69		2,03		
Desviación estándar		0,07		0,12		0,20		0,16		0,18		
x + σ		0,29		0,71		1,38		1,85		2,21		
x + 2 σ		0,36		0,83		1,58		2,02		2,39		



Cuadro A 7. Resumen de factores camión y porcentaje de cantidad de vehículos del total de datos utilizados para dicho cálculo en la ruta Limón-San José

Ruta	Período	C2		C3		C4		T3-S2		T3-S3		Total datos
L-SJ	Nov 2008 -	0,30		0,61		0,67		0,86		0,84		
	Dic 2008	5686	13%	1320	3%	27	0%	33003	78%	2150	5%	42186
	2009	0,22		0,48		0,48		0,73		0,96		
		49679	14%	9089	3%	476	0%	277217	77%	25111	7%	361572
	2010	0,17		0,39		0,81		0,7		0,92		
		53109	13%	14591	4%	514	0,1%	301327	73%	40948	10%	410489
	2011	0,14		0,38		0,33		0,7		0,83		
		53051	13%	13020	3%	1760	0%	285598	71%	51581	13%	405010
	Ene 2012 -	0,17		0,43		0,75		0,71		0,9		
	Sep 2012	38173	13%	8528	3%	386	0%	201769	69%	44947	15%	293803
	Abril 2013 -	0,24		0,71		0,27		0,75		0,93		
		Dic 2013	39763	13%	14429	5%	3931	1%	188457	63%	50895	17%
	2014	0,19		0,76		0,26		0,78		0,77		
		53095	13%	19937	5%	10727	3%	256560	61%	79676	19%	419995
	Jun 2015 -	0,17		0,6		0,31		0,8		1,09		
	Dic 2015	54368	13%	12832	3%	9320	2%	249321	62%	78178	19%	404019
	2016	0,1		0,35		0,12		0,64		0,97		
		55409	13%	10196	2%	4161	1%	280241	64%	87648	20%	437655
	Ene 2017 -	0,14		0,47		0,21		0,89		0,86		
	Nov 2017	52008	12%	9249	2%	2580	1%	268880	64%	89241	21%	421958
Promedio		0,18		0,52		0,42		0,76		0,91		
Desviación estándar		0,06		0,14		0,24		0,08		0,09		
x + σ		0,24		0,66		0,66		0,83		1,00		
x + 2 σ		0,30		0,81		0,91		0,91		1,09		



Cuadro A 8. Resumen de factores camión y porcentaje de cantidad de vehículos del total de datos utilizados para dicho cálculo en la ruta de Cañas

Ruta	Período	C2		C3		C4		T3-S2		T3-S3		Total datos	
Cañas	Ene 2009 -	0,32		0,73		0,7		1,54		1,7			
	Set 2009	21148	26%	5580	7%	125	0%	49053	61%	4744	6%	80650	
	Mar 2013 -	0,2		0,43		0,51		0,97		1,5			
	Dic 2013	43457	30%	11169	8%	3956	3%	71517	50%	12996	9%	143095	
	2014	0,18		0,46		0,58		0,95		1,52			
		69506	30%	17178	7%	2469	1%	121924	52%	23766	10%	234843	
	2015	0,19		0,4		0,27		1,03		1,56			
		70716	30%	19372	8%	2585	1%	114291	49%	25554	11%	232518	
	2016	0,16		0,33		0,18		0,94		1,38			
		66724	30%	18163	8%	5058	2%	107523	49%	23628	11%	221096	
	Ene 2017 -	0,2		0,4		0,41		0,99		1,59			
	Nov 2017	61353	30%	16971	8%	6189	3%	97425	48%	22907	11%	204845	
	Promedio		0,21		0,46		0,44		1,07		1,54		
	Desviación estándar		0,06		0,14		0,19		0,23		0,11		
x + σ		0,27		0,60		0,64		1,30		1,65			
x + 2 σ		0,32		0,74		0,83		1,53		1,75			



Cuadro A 9. Resumen de factores camión y porcentaje de cantidad de vehículos del total de datos utilizados para dicho cálculo en la ruta San José-Cartago (Ochomogo)

Ruta	Período	C2		C3		C4		T3-S2		T3-S3		Total datos
SJ-Cartago (Ochomogo)	2009	0,22		0,72		0,93		1,03		1,5		
		276068	66%	32501	8%	3959	1%	86127	21%	16518	4%	415173
	2010	0,18		0,5		0,88		0,89		1,35		
		339175	65%	51904	10%	6272	1%	101241	19%	21667	4%	520259
	2011	0,17		0,43		0,84		0,83		1,53		
		303121	63%	50407	10%	6843	1%	97235	20%	25454	5%	483060
	Ene 2012 - Nov 2012	0,18		0,45		0,98		0,8		1,54		
		253196	61%	41435	10%	6336	2%	84518	20%	26806	7%	412291
	Mar 2015 - Dic 2015	0,16		0,45		0,54		0,82		1,44		
		287994	60%	46757	10%	16671	3%	93598	20%	31869	7%	476889
	2016	0,18		0,48		0,6		0,93		1,58		
		339492	61%	54051	10%	18822	3%	110209	20%	35016	6%	557590
	Ene 2017 - Nov 2017	0,24		0,55		0,76		1,03		1,39		
		294703	62%	44931	9%	12820	3%	98544	21%	25620	5%	476618
Promedio		0,19		0,51		0,79		0,90		1,48		
Desviación estándar		0,03		0,10		0,17		0,10		0,08		
x + σ		0,22		0,61		0,96		1,00		1,56		
x + 2σ		0,25		0,71		1,12		1,10		1,64		



Cuadro A 10. Resumen de factores camión y porcentaje de cantidad de vehículos del total de datos utilizados para dicho cálculo en la ruta Cartago-San José

Ruta	Período	C2		C3		C4		T3-S2		T3-S3		Total datos	
Cartago-SJ	2009	0,2		0,84		0,98		1,42		2,01			
		244182	61%	38948	10%	5808	1%	96405	24%	17095	4%	402438	
	2010	0,18		0,62		1		1,24		1,84			
		311229	61%	49141	10%	19147	4%	108240	21%	24055	5%	511812	
	2011	0,16		0,63		0,89		1,22		1,86			
		284464	60%	47583	10%	14620	3%	101773	21%	27020	6%	475460	
	Ene 2012 -	0,15		0,6		0,79		1,16		1,84			
	Nov 2012	211435	58%	35363	10%	10625	3%	83536	23%	24140	7%	365099	
	Mar 2013 -	0,14		0,53		0,76		1,21		1,89			
	Dic 2013	110092	58%	18088	9%	5213	3%	46523	24%	11272	6%	191188	
	2014	0,12		0,46		0,62		1,03		1,69			
		143942	60%	22804	10%	6158	3%	52625	22%	12914	5%	238443	
	Promedio		0,16		0,61		0,84		1,21		1,86		
	Desviación estándar		0,03		0,13		0,14		0,13		0,10		
$x + \sigma$		0,19		0,74		0,98		1,34		1,96			
$x + 2\sigma$		0,22		0,87		1,13		1,47		2,06			

7 Anexos

7.1 Distribuciones porcentuales por rutas y tipos de vehículos.

Cuadro A 11. Distribución porcentual por rutas según la cantidad total de cada tipo de vehículos

Tabla general de distribución para ponderación									
Ruta	Período	% Pickup	% C2	% Bus	% C2+	% C3	% C4	% T3-S2	% T3-S3
SJ-L	2008		0.16			0.14	0.22	0.66	1.31
	2009		1.10			1.09	2.72	4.13	8.17
	2010		1.11			1.27	5.57	4.29	8.50
	2011		1.14			1.19	3.58	4.45	8.81
	2012		0.79			0.89	1.57	3.03	6.00
	2013		0.87			1.02	3.05	2.99	5.92
	2014		1.13			1.39	4.71	3.94	7.80
	2015		1.19			1.29	3.74	3.82	7.57
	2016		1.20			1.22	2.07	4.03	7.98
	2017		1.14			1.59	1.66	3.90	7.73
L-SJ	2008		0.12			0.16	0.01	0.52	0.07
	2009		1.06			1.09	0.18	4.35	0.78
	2010		1.13			1.74	0.19	4.73	1.27
	2011		1.13			1.56	0.67	4.48	1.60
	2012		0.81			1.02	0.15	3.17	1.40
	2013		0.85			1.72	1.49	2.96	1.58
	2014		1.13			2.38	4.07	4.03	2.48
	2015		1.16			1.53	3.53	3.91	2.43
	2016		1.18			1.22	1.58	4.40	2.73
	2017		1.11			1.11	0.98	4.22	2.78
Cañas	2009		0.45			0.67	0.05	0.77	0.15
	2013		0.92			1.33	1.50	1.12	0.40
	2014		1.48			2.05	0.94	1.91	0.74
	2015		1.50			2.32	0.98	1.79	0.79
	2016		1.42			2.17	1.92	1.69	0.73
	2017		1.31			2.03	2.35	1.53	0.71
SJ-Cartago (Ochomogo)	2009		5.87			3.88	1.50	1.35	0.51
	2010		7.22			6.20	2.38	1.59	0.67
	2011		6.45			6.02	2.59	1.53	0.79
	2012		5.39			4.95	2.40	1.33	0.83
	2015		6.13			5.59	6.32	1.47	0.99
	2016		7.22			6.46	7.14	1.73	1.09
	2017		6.27			5.37	4.86	1.55	0.80
Cartago-SJ	2009		5.20			4.66	2.20	1.51	0.53
	2010		6.62			5.87	7.26	1.70	0.75
	2011		6.05			5.69	5.54	1.60	0.84
	2012		4.50			4.23	4.03	1.31	0.75
	2013		2.34			2.16	1.98	0.73	0.35
	2014		3.06			2.73	2.33	0.83	0.40
Paso Canoas	2009		0.12			0.09		0.09	0.02
	2010		0.48			0.45		0.41	0.12
	2011		0.47			0.42		0.42	0.12
	Ruta 1:		11.2	0.006	6.9	12.2	0.01		0.00



Tabla general de distribución para ponderación									
Ruta	Periodo	% Pickup	% C2	% Bus	% C2+	% C3	% C4	% T3-S2	% T3-S3
Encuesta de Carga 2007	General Cañas								
	Ruta 1: Bernardo soto Naranjo	2.3	0.005	3.2	5.3	0.01		0.00	
	Ruta 1: Bernardo soto Esparza	2.3	0.003	4.7	4.8	0.00		0.00	
	Ruta 2: Florencia	5.6	0.000	7.1	15.6	0.00		0.00	
	Ruta 2: PZ	35.3	0.005	9.4	12.9	0.01		0.00	
	Ruta 27:	2.3	0.007	5.7	16.3	0.02		0.00	
	Ruta 32	8.8	0.000	4.0	7.7	0.00		0.01	
	Ruta 140	32.1	0.006	10.1	25.2	0.01		0.00	
Factores Camión TFG Juan Carlos Espinoza 2013				40.4					
				8.5					
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Cuadro A 12. Distribución porcentual por rutas según la cantidad total de vehículos encuestados

Tabla general de distribución para ponderación									
Ruta	Período	% Pickup	% C2	% Bus	% C2+	% C3	% C4	% T3-S2	% T3-S3
SJ-L	2008		0.049			0.01	0.00	0.27	0.27
	2009		0.337			0.06	0.05	1.71	1.71
	2010		0.338			0.07	0.10	1.78	1.78
	2011		0.348			0.06	0.06	1.84	1.84
	2012		0.240			0.05	0.03	1.25	1.25
	2013		0.266			0.06	0.05	1.24	1.24
	2014		0.345			0.08	0.08	1.63	1.63
	2015		0.365			0.07	0.06	1.58	1.58
	2016		0.366			0.07	0.04	1.67	1.67
2017		0.347			0.09	0.03	1.62	1.62	
L-SJ	2008		0.037			0.01	0.00	0.21	0.01
	2009		0.323			0.06	0.00	1.80	0.16
	2010		0.345			0.09	0.00	1.96	0.27
	2011		0.345			0.08	0.01	1.86	0.34
	2012		0.248			0.06	0.00	1.31	0.29
	2013		0.258			0.09	0.03	1.22	0.33
	2014		0.345			0.13	0.07	1.67	0.52
	2015		0.353			0.08	0.06	1.62	0.51
	2016		0.360			0.07	0.03	1.82	0.57
2017		0.338			0.06	0.02	1.75	0.58	
Cañas	2009		0.137			0.04	0.00	0.32	0.03
	2013		0.282			0.07	0.03	0.46	0.08
	2014		0.452			0.11	0.02	0.79	0.15
	2015		0.460			0.13	0.02	0.74	0.17
	2016		0.434			0.12	0.03	0.70	0.15
	2017		0.399			0.11	0.04	0.63	0.15
SJ-Cartago (Ochomogo)	2009		1.794			0.21	0.03	0.56	0.11
	2010		2.204			0.34	0.04	0.66	0.14
	2011		1.970			0.33	0.04	0.63	0.17
	2012		1.646			0.27	0.04	0.55	0.17
	2015		1.872			0.30	0.11	0.61	0.21
	2016		2.206			0.35	0.12	0.72	0.23
2017		1.915			0.29	0.08	0.64	0.17	
Cartago-SJ	2009		1.587			0.25	0.04	0.63	0.11
	2010		2.023			0.32	0.12	0.70	0.16
	2011		1.849			0.31	0.10	0.66	0.18
	2012		1.374			0.23	0.07	0.54	0.16
	2013		0.716			0.12	0.03	0.30	0.07
	2014		0.936			0.15	0.04	0.34	0.08
Paso Canoas	2009		0.037			0.00		0.04	0.00
	2010		0.147			0.02		0.17	0.02
	2011		0.144			0.02		0.17	0.02
Encuesta de Carga 2007	Ruta 1: General Cañas	0.0002	0.0017	0.0004	0.0003	0.00		0.00	
	Ruta 1: Bernardo soto Naranjo	0.0000	0.0015	0.0002	0.0001	0.00		0.00	
	Ruta 1: Bernardo soto Esparza	0.0000	0.0008	0.0003	0.0001	0.00		0.00	
	Ruta 2: Florencia	0.0001	0.0000	0.0004	0.0004	0.00		0.00	
	Ruta 2: PZ	0.0005	0.0014	0.0005	0.0004	0.00		0.00	
	Ruta 27:	0.0000	0.0022	0.0003	0.0004	0.00		0.00	

Tabla general de distribución para ponderación									
Ruta	Periodo	% Pickup	% C2	% Bus	% C2+	% C3	% C4	% T3-S2	% T3-S3
	Ruta 32	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.00		0.00	
	Ruta 140	0.0004	0.0017	0.0006	0.0007	0.00		0.00	
Factores Camión TFG Juan Carlos Espinoza 2013				0.0023					
				0.0005					
Total		0.00	30.55	0.01	0.00	5.44	1.71	41.39	20.90

7.2 ESALS diarios y anuales para distintos percentiles según las distintas rutas y tipos de vehículos.

Cuadro A 13. Cantidad de ESALS diarios y anuales para límite de confianza del 80% según ruta y tipo de vehículo

Ruta	ESAL diario para percentil 80			
	Ruta 32	Ruta 130	Ruta 140	Ruta 220
CARGA LIV	22	2	9	9
C.2 EJES	208	10	68	67
BUS	764	93	342	728
LIVIANO	121	7	50	137
C.3 EJES	122	2	55	17
C.4 EJES	0	0	0	0
C.5+ EJES	1444	0	78	36
ESAL diario	2681	113	602	995
% crecimiento	0,03	0,04	0,04	0,03
(G)(Y)	1,00	1,00	1,00	1,00
ESAL anual	978.397,00	41.264,00	219.860,00	363.042,00

Cuadro A 14. Cantidad de ESALS diarios y anuales para límite de confianza del 85% según ruta y tipo de vehículo

Ruta	ESAL diario para percentil 85			
	Ruta 32	Ruta 130	Ruta 140	Ruta 220
CARGA LIV	22	2	9	9
C.2 EJES	230	11	76	75
BUS	807	98	361	769
LIVIANO	135	7	56	152
C.3 EJES	139	2	63	20
C.4 EJES	0	0	0	0
C.5+ EJES	1598	0	86	40
ESAL diario	2930	120	651	1065

ESAL diario para percentil 85				
Ruta	Ruta 32	Ruta 130	Ruta 140	Ruta 220
% crecimiento	0,03	0,04	0,04	0,03
(G)(Y)	1,00	1,00	1,00	1,00
ESAL anual	1.069.525,00	43.941,00	237.453,00	388.633,00

Cuadro A 15. Cantidad de ESALs diarios y anuales para límite de confianza del 90% según ruta y tipo de vehículo

ESAL diario para percentil 90				
Ruta	Ruta 32	Ruta 130	Ruta 140	Ruta 220
CARGA LIV	23	2	9	9
C.2 EJES	338	16	111	110
BUS	861	105	385	820
LIVIANO	404	22	168	457
C.3 EJES	425	8	193	61
C.4 EJES	0	0	0	0
C.5+ EJES	2157	0	116	54
ESAL diario	4208	152	983	1511
% crecimiento	0,03	0,04	0,04	0,03
(G)(Y)	1,00	1,00	1,00	1,00
ESAL anual	1.535.946,00	55.438,00	358.697,00	551.551,00

Cuadro A 16. Cantidad de ESALs diarios y anuales para límite de confianza del 95% según ruta y tipo de vehículo

ESAL diario para percentil 95				
Ruta	Ruta 32	Ruta 130	Ruta 140	Ruta 220
CARGA LIV	25	2	10	10
C.2 EJES	526	25	174	171
BUS	941	114	421	897
LIVIANO	715	39	297	809
C.4 EJES	500	9	227	71
C.5+ EJES	0	0	0	0
ESAL diario	5705	189	1290	2034
% crecimiento	0,03	0,04	0,04	0,03
(G)(Y)	1,00	1,00	1,00	1,00
ESAL anual	2.082.177,00	68.964,00	470.977,00	742.314,00



Cuadro A 17. Cantidad de ESALs diarios y anuales para límite de confianza del 99% según ruta y tipo de vehículo

Ruta	ESAL diario para percentil 99			
	Ruta 32	Ruta 130	Ruta 140	Ruta 220
CARGA LIV	27	2	11	11
C.2 EJES	750	36	247	244
BUS	1091	133	488	1040
LIVIANO	964	52	401	1091
C.4 EJES	591	11	268	84
C.5+ EJES	0	0	0	0
ESAL diario	6735	233	1594	2553
% crecimiento	0,03	0,04	0,04	0,03
(G)(Y)	1,00	1,00	1,00	1,00
ESAL anual	2.458.121,00	85.070,00	581.631,00	931.799,00