

INCIDENCIA DE LAS ESTACIONES DE PESAJE MOVIL EN LOS FACTORES CAMIÓN EN PAVIMENTOS DE COSTA RICA

INFORME FINAL

Preparado por
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN INFRAESTRUCTURA VIAL

Nombre de los investigadores

Ing. Gustavo Badilla

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) 2074994
E-mail: gbadilla@lanamme.ucr.ac.cr

Doris Molina Zamora

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 4994
E-mail: asistenteui@lanamme.ucr.ac.cr

San José, Costa Rica

Octubre 2009

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación e importancia	2
1.3 Objetivo general	4
1.4 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 2.....	4
2.1 Reglamentación existente.....	4
2.2 Clasificación preliminar	7
2.3 Clasificación de vehículos encuestados.....	9
2.4 Estudios realizados	10
2.5 Implementación del Control de Cargas: Estaciones de Pesaje Móvil	13
2.6 Frecuencias	16
CAPÍTULO 3 INTERPRETACIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN	21
3.1 Análisis de resultados	21
3.1.1 Factor camión.....	21
3.1.2 Efecto de los rangos de peso en el cálculo del factor camión	28
CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES E INVESTIGACIÓN SUGERIDA	30
REFERENCIAS	33
ANEXO A.....	35
Frecuencias desagregadas por tipo de vehículo en intervalos cada 500 Kg	35
ANEXO B.....	40
Factores de equivalencia de daño del Asphalt Institute, para pavimentos flexibles con un $p_t=2.5$ y $SN= 5$	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Relaciones del control de carga y su uso en el diseño de pavimentos.....	5
Figura 2: Pick-up modificado (liviano).....	7
Figura 3: Camión con eje simple trasero (C2+).....	7
Figura 4: Camión con eje dual trasero (C2).....	7
Figura 5: Camión con eje tandem trasero (C3).....	8
Figura 6: Camión con eje tridem trasero (C4).....	8
Figura 7: Tractocamión con semirremolque (T3-S2).....	8
Figura 8: Bus con eje dual trasero (Bus-C2).....	9
Figura 9: Tractocamión con semirremolque (T3-S1).....	9
Figura 10: Tractocamión con semirremolque (T3-S3).....	9
Figura 11: Comparación de ejes equivalentes de diseño en función de la vida útil del pavimento.....	12
Figura 12: Ubicación de las estaciones de pesaje móvil.....	14
Figura 13: Diagrama de cálculo del Factor Camión.....	22
Figura 14: Variación Temporal del Factor Camión Estación 01: Sentido San José - Limón (Ruta N°32).....	24
Figura 15: Variación Temporal del Factor Camión Estación 02: Sentido Limón - San José (Ruta N°32).....	24
Figura 16: Variación Temporal del Factor Camión Estación 03: Cañas (Ruta N°01).....	25
Figura 17: Variación Temporal del Factor Camión Estación 04: Sentido San José - Cartago (Ruta N°02).....	25
Figura 18: Variación Temporal del Factor Camión Estación 05: Sentido Cartago - San José (Ruta N°02).....	26
Figura 19: Variación Temporal del Factor Camión para todas las estaciones.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pesos máximos permitidos por eje	6
Tabla 2: Diagramas y descripción de los distintos tipos de ejes.....	6
Tabla 3: Frecuencia de vehículos encuestados.....	10
Tabla 4: Distribución porcentual por tipo de vehículo en las estaciones de pesaje móvil	16
Tabla 5: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 32 Búfalo de Limón, sentido San José - Limón.....	16
Tabla 6: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 32 Búfalo de Limón, sentido Limón -San José.....	17
Tabla 7: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 1 – Cañas	18
Tabla 8: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 2 – Florencio del Castillo sentido San José-Cartago	19
Tabla 9: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 2 – Florencio del Castillo sentido Cartago-San José	20
Tabla 10: Factores camión por ruta bajo estudio.....	23
Tabla 11: Comparación de factores camión típicos y los obtenidos en el año 2007 y en el año 2009.....	26
Tabla 12. Factores camión calculados cada 500 kg y cada 2000 kg para el año 2009.	29
Tabla 13: Factores camión mínimos y máximos calculados para el año 2009.....	29
Tabla 14. Factores camión por ruta bajo estudio.....	31

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Entre los principales factores que favorecen el daño que sufren las vías de Costa Rica y otros países de la Región Centroamericana, se pueden mencionar los siguientes (Vega y Vives, 2009):

- Diseño de pavimentos (mala estimación del tránsito circulante).
- Deficiente calidad de los materiales (subbase, base y mezcla asfáltica).
- Pobre control de calidad en el desarrollo de la obra.
- Calidad del terreno de sustentación y su heterogeneidad.
- Uso de asfaltos sin considerar el clima (temperatura).
- Ausencia de drenajes y carencia de mantenimiento de los mismos.
- Aumento desmedido de la flota vehicular.
- Falta de control eficaz y eficiente de la carga circulante.

Desde un punto de vista mecánico, la carga aplicada a los pavimentos está directamente relacionada con el peso y las dimensiones de los vehículos que transitan sobre éstos. Mayores niveles de carga conducen a una mayor probabilidad de daños en carreteras y puentes, con la consecuente disminución de la capacidad de carga estructural y por ende reducción de la vida útil (Hernández y Fabela, 2004).

La importancia de establecer y controlar el peso de los vehículos pesados se deriva, entre otros aspectos, del efecto que éste tiene sobre el deterioro de los pavimentos. El daño ocasionado a los pavimentos por efecto del peso de los ejes de los vehículos crece en forma exponencial respecto al incremento en el peso, por ejemplo, si se transporta una tonelada de carga por encima del límite establecido para un eje simple, se produce un 92% más de daño en comparación con un eje sin sobrecarga, en otras palabras produciría un daño similar al de dos ejes simples sin sobrecarga; mientras que si fueran dos toneladas, la pérdida de vida útil sería de 228%. En el caso de los ejes dobles o tándem, el trasladar una tonelada de exceso produce un daño 25% mayor y si

fuesen dos toneladas, el daño extra sería de 55%. Para los ejes triples o tridem, la situación es menos grave, puesto que una tonelada de exceso representa un daño adicional de 18%, mientras que dos toneladas un 40% más, esto debido a una mejor distribución del peso del vehículo.

En julio 2007 en el Proyecto de Investigación **Encuesta de Carga: Determinación de Factores Camión en Pavimentos de Costa Rica**, proyecto en el cual se realizó la recolección de datos actualizados de cargas de vehículos y características de tránsito para 8 importantes rutas del país se determinó que los Factores Camión Típicos empleados para el diseño subestiman el peso real de los vehículos, puesto que Factores Camión obtenidos para las mediciones realizadas eran muy superiores, lo cual demostró la necesidad de controlar el peso de los vehículos, para evitar que se acelere el deterioro de los pavimentos y obras existentes, lo cual compromete el desarrollo del país.

Concientes de las debilidades existentes en el control de cargas de los vehículos que circulan por las carreteras y a la ausencia de puestos de pesaje en las principales rutas del país. Recientemente, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) iniciaron la *contratación de servicios de pesaje móvil para el control de vehículos de carga en varias rutas nacionales (Ruta 32. Búfalo de Limón, Ruta 2. Ochomogo y Ruta 1. Cañas)*, con lo cual se pretende evitar fallas prematuras a la vida útil de diseño, debido a cargas de tránsito mayores a las que se prevén en el diseño de la obra.

1.2 Justificación e importancia

La infraestructura vial de un país constituye un pilar fundamental en el desarrollo real del mismo, es por esto que se debe dar especial énfasis en implementar y mejorar día a día la calidad de las obras y sobre todo asegurar el cumplimiento de la vida útil de las mismas.

Los métodos de diseño existentes, ya sean Métodos Racionales, AASHTO-93, o AASHTO 2002 poseen un alto grado de confiabilidad teórica, a pesar del componente empírico que en mayor o menor medida posean, sin embargo, ningún método de diseño podrá brindar confiabilidad sobre la durabilidad esperada de una carretera si la información utilizada para su cálculo no es, en la misma medida, confiable.

Dentro de las variables para diseño se destaca la relacionada con las solicitaciones de carga, ya que un desconocimiento de este importante factor puede provocar cálculos en los diseños estructurales que lleven a sub-diseñar o sobre-diseñar las estructuras, lo cual implica, en ambos casos, imposibilidad para planificar adecuadamente actividades de mantenimiento y un eficiente uso de los recursos.

El presente proyecto de investigación pretende utilizar la base de datos que se ha generado hasta el momento en los puestos de pesaje móvil, y ejecutar un análisis similar al realizado en julio del 2007 en el Proyecto de Investigación **Encuesta de Carga: Determinación de Factores Camión en Pavimentos de Costa Rica**. Con el uso de ambos conjuntos de datos se podrá determinar la existencia o no de variaciones en los Factores Camión antes y después de la implementación del control del pesaje. Lo cual constituye una herramienta fundamental para darle continuidad a las investigaciones que se vienen realizando en este sentido y principalmente evidenciar el efecto que tiene el uso de puestos de pesaje en las principales rutas nacionales y los beneficios positivos que generan en el país.

Nuevamente, se pone en manifiesto la gran importancia de contar con información real y representativa, y convertirse así en una herramienta fundamental en los procesos de diseño estructural de pavimentos, tanto por parte de diseñadores independientes como por estudiantes de ingeniería o entidades gubernamentales, que permita tomar en cuenta los factores camión que mejor reflejan las condiciones de carga nacional.

1.3 Objetivo general

Valorar las variaciones en los Factores Camión, antes y después de la implementación del control de pesaje con el uso de estaciones de pesaje móvil.

1.4 Objetivos específicos

- ❖ Generar espectros de carga para los distintos puntos en los cuales se ha implementado recientemente el uso de estaciones de pesaje móvil.
- ❖ Generar los factores camión por tipo de vehículo según la zona bajo estudio.

CAPÍTULO 2

2.1 Reglamentación existente

Con la finalidad de proteger las inversiones cuantiosas que se realizan en carreteras y puentes, los diferentes países regulan las cargas de los vehículos de acuerdo a sus condiciones mediante un control efectivo de vehículos de carga. La figura 1 muestra las relaciones y efectos que tiene el control de cargas en el diseño de pavimentos y puentes, así como en las actividades de conservación y mantenimiento. Se puede observar que el cumplimiento de las leyes y recomendaciones conlleva a proteger las vidas y bienes de los usuarios, beneficia el transporte de mercancías reduciendo los costos de operación y evita el anormal deterioro de las carreteras, asegurando así costos bajos de conservación; caso contrario la disminución de la vida útil tanto de los vehículos como el deterioro de los pavimentos genera pérdidas al país.

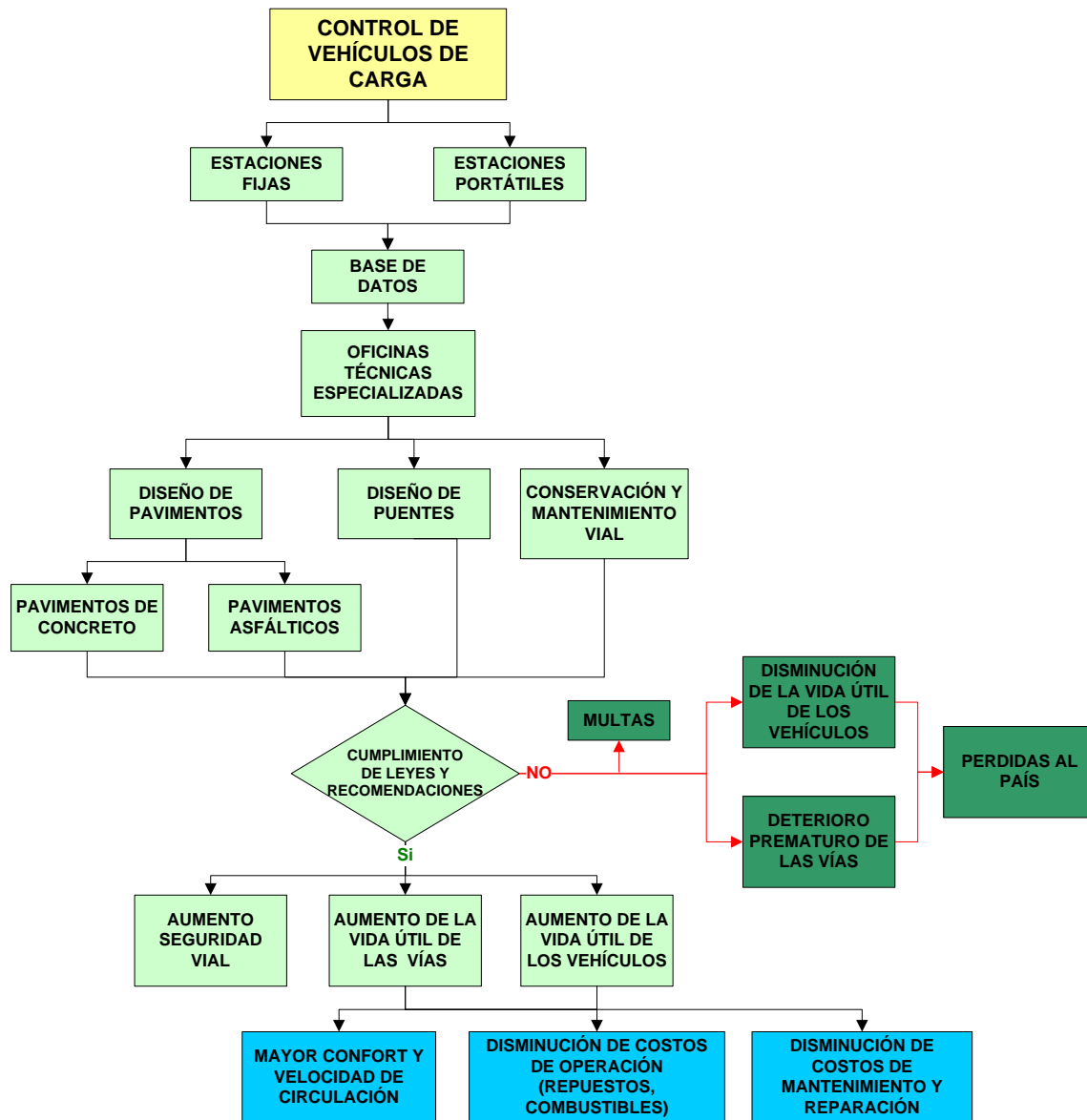


Figura 1: Relaciones del control de carga y su uso en el diseño de pavimentos
Fuente: Adaptado de Monge, H. "Control de vehículos de carga y su utilización en el diseño de pavimentos", 1975.

En el diario oficial de Costa Rica La Gaceta No.15 del miércoles 19 de enero del 2005, se modifica el Reglamento de Circulación por Carretera con base en el peso y las dimensiones de los vehículos de carga, en este documento se presentan tablas con las normativas para el peso máximo para cada eje de tránsito. A continuación se presenta un resumen de la información más importante.

Descripción de eje	Peso máximo en toneladas	Tolerancia báscula en toneladas
Eje simple delantero	6,0	0,5
Eje simple trasero	6,0	0,5
Eje simple dual	10,0	0,5
Eje doble, llanta simple	13,0	0,5
Eje doble, llantas mixtas	15,0	0,5
Eje doble, tándem	16,5	0,5
Eje triple, llantas simples	16,5	0,5
Eje triple, 2D-1S	20,0	0,5
Eje triple, trídem	23,0	0,5

Tabla 1: Pesos máximos permitidos por eje








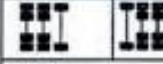



CONFIGURACIÓN TIPO DE EJES / LLANTAS	DESCRIPCIÓN
	Eje simple delantero Llanta simple
	Eje simple (no delantero) Llanta simple
	Eje simple Llantas dobles o duales
	Eje doble (tándem) Llanta simple
	Eje doble (tándem) Llantas mixtas
	Eje doble (tándem) Llantas dobles o duales
	Eje triple (trídem) Llanta simple
	Eje triple (trídem) Llantas mixtas
	Eje triple (trídem) Llantas dobles o duales
	Ejes mixtos Llantas mixtas
	Ejes mixtos Llantas dobles o duales

Tabla 2: Diagramas y descripción de los distintos tipos de ejes

La importancia de cumplir la normativa radica en que si el control sobre vehículos de carga no se cumple, las vías se deterioran rápidamente, pues no serán capaces de soportar los excesos de peso a los que se verán sometidas las estructuras del pavimento, además de que la vida útil de los camiones disminuirá considerablemente.

2.2 Clasificación preliminar

A continuación se presentan algunas fotografías que ilustran las principales clasificaciones. Con esto se pretende hacer un catálogo con las diferentes categorías, para facilitar al encuestador la clasificación de los vehículos muestreados.



Figura 2: Pick-up modificado (liviano)



Figura 3: Camión con eje simple trasero (C2+)



Figura 4: Camión con eje dual trasero (C2)

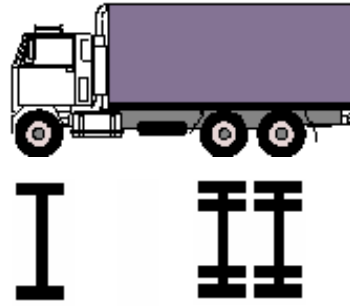


Figura 5: Camión con eje tandem trasero (C3)

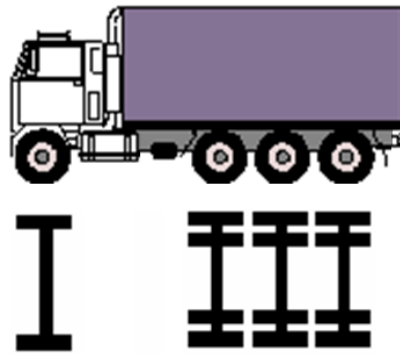


Figura 6: Camión con eje tridem trasero (C4)

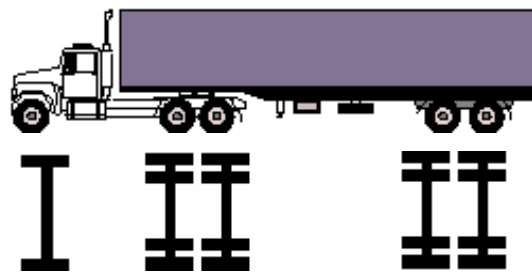


Figura 7: Tractocamión con semirremolque (T3-S2)

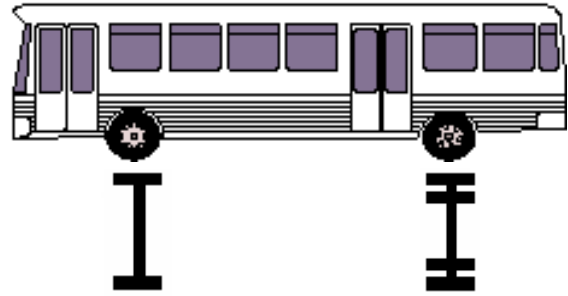


Figura 8: Bus con eje dual trasero (Bus-C2)

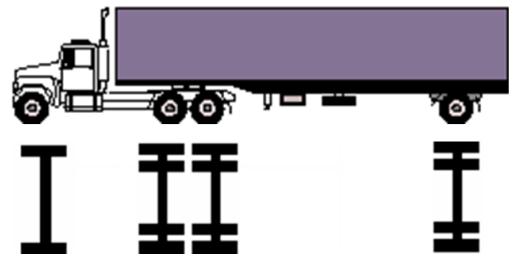


Figura 9: Tractocamión con semirremolque (T3-S1)

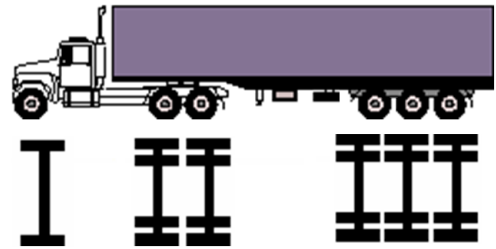


Figura 10: Tractocamión con semirremolque (T3-S3)

2.3 Clasificación de vehículos encuestados

En esta sección se muestra la clasificación y frecuencia de vehículos que fueron considerados para los análisis realizados, los cuales han sido obtenidos de las estaciones de pesaje móvil hasta junio del año 2009. Cabe destacar que las principales clasificaciones son: C2, C3, C4, T2-S1, T3-S1, T3-S2, T3-S3.

En la **Tabla 3** se muestra la frecuencia de medición de cada tipo de vehículo encuestado y la totalidad de los mismos para efectuar la encuesta de carga.

Tipo de vehículo	Frecuencia	Porcentaje, (%)
C2	233421	31,06
C3	44060	5,86
C4	4262	0,57
T2-S1	649	0,09
T3-S1	1514	0,20
T3-S2	425946	56,68
T2-S3	41606	5,54
TOTAL	751458	100%

Tabla 3: Frecuencia de vehículos encuestados

2.4 Estudios realizados

El control de cargas no es un tema nuevo, a mediados de los años 90 el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) de Costa Rica contrató al Ing. Cristian Orb, para efectuar un diagnóstico de la situación en aquel momento; una de las conclusiones más importantes que obtuvo el Ing. Orb se relaciona con la necesidad de la implementación de puestos de control de pesos en las principales rutas del país, que garantizaran la aplicación efectiva del reglamento existente. De la experiencia de Orb en Chile, fue notable que la retención o demora que sufrían los vehículos mal estibados o con exceso de peso en los puestos de control era más importante que la aplicación de sanciones económicas.

Por su parte, la Unidad de Investigación en Infraestructura Vial del LanammeUCR, en el 2007 presentó los resultados obtenidos en una encuesta de carga a vehículos de carga y buses, realizada entre los años 2005 y 2006 en las principales rutas del país. Los resultados obtenidos evidenciaron una subestimación del peso real de los vehículos en el diseño estructural de pavimentos, y la necesidad de controlar el peso de los vehículos, para evitar que se acelerara el deterioro de los pavimentos y obras existentes

y proponer los factores que deben ser utilizados para el diseño estructural de pavimentos en Costa Rica basados en las cargas reales obtenidas.

Con la finalidad de mostrar el efecto que tiene el control de cargas en el diseño estructural se muestra en la Figura 11 la acumulación anual de cargas o ejes equivalentes (ESALs) para tres escenarios distintos (Badilla, et al, 2007):

- Escenario 1: empleando los valores obtenidos con la encuesta de carga realizada por el LanammeUCR en el 2006, con la presencia de gran cantidad de vehículos con sobrepeso (línea gris)
- Escenario 2: empleando los factores típicos usados anteriormente en Costa Rica (línea negra)
- Escenario 3: escenario supuesto en el cual el país cuenta con mecanismos adecuados para seguir un estricto control de pesos, donde se cumple totalmente la normativa vigente de control de pesos y dimensiones, en la cual ninguno de los vehículos encuestados en el 2006 excede los límites de la carga máxima permitida para cada tipo de vehículo y eje correspondiente (línea punteada)

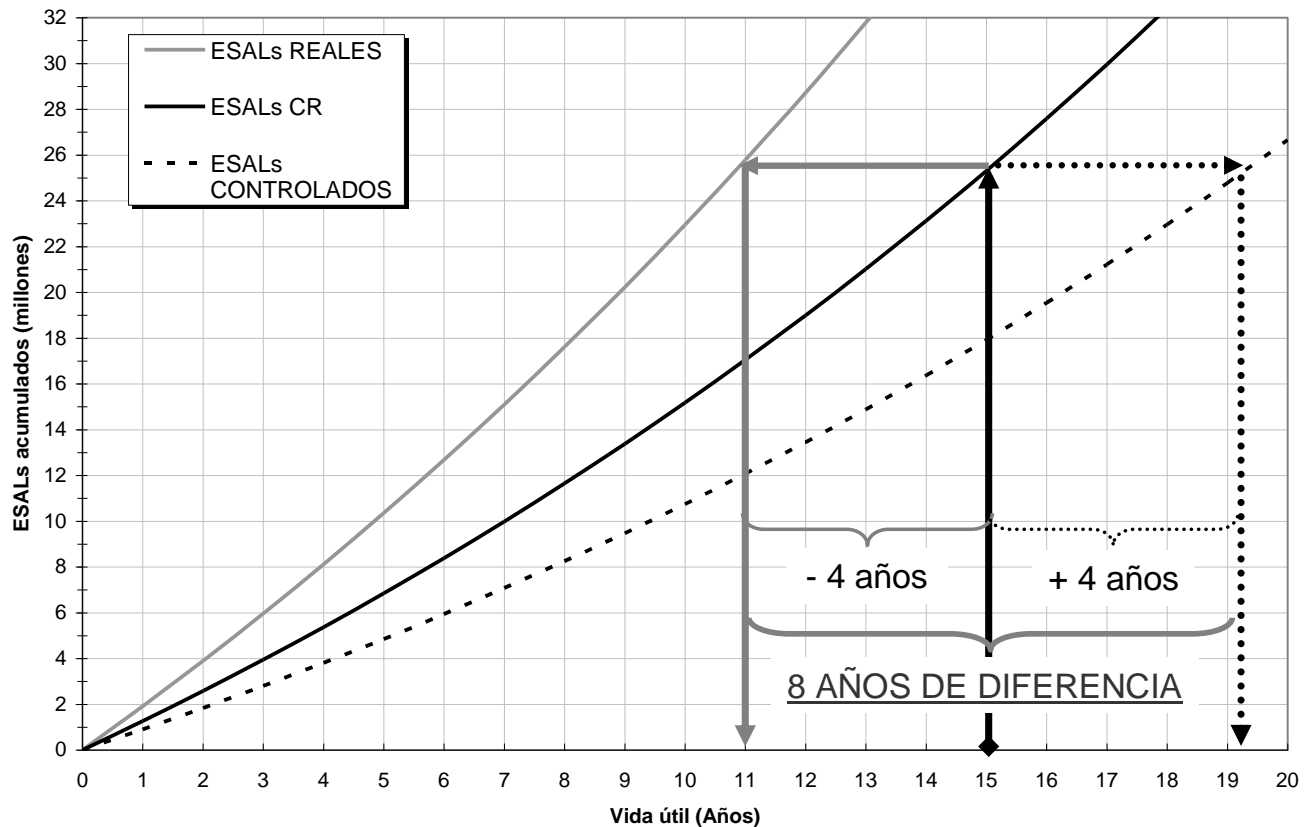


Figura 11: Comparación de ejes equivalentes de diseño en función de la vida útil del pavimento

Se puede notar que el incremento de los ESALs correspondientes a un control de cargas (línea punteada) es más lento respecto a los otros dos escenarios. Se puede decir, además, que si se diseña un pavimento para 25 millones de ESALs utilizando los valores típicos utilizados anteriormente en Costa Rica se esperaría una vida útil de 15 años. Sin embargo, si por la ruta transitan vehículos con sobrecargas similares a las medidas por el Lanamme en el 2006, la cantidad de ejes equivalentes previstos pasarían en su totalidad al cabo de 11 años, lo cual demuestra una de las principales razones por las cuales las carreteras se deterioran en forma prematura y su desempeño a lo largo del tiempo no es el adecuado.

Caso contrario, cuando se analiza la condición en que el país controla efectivamente las cargas y los usuarios respetan el reglamento de pesos y dimensiones actual, es posible que la cantidad de 25 millones de ESALs se alcancen hasta el año 19. Así es posible decir que, al no existir control de las cargas, junto a una subestimación de las cargas

reales del tránsito, se pierden en total 8 años de vida útil, y peor aún los costos de reconstrucción de un pavimento en el año 11, cuando se esperaba una vida útil de 15 años y que podrían funcionar hasta 19 años, al aplicar un control eficiente y eficaz de pesos.

2.5 Implementación del Control de Cargas: Estaciones de Pesaje Móvil

Teniendo lo anterior en consideración, y concientes de las debilidades existentes en el control de cargas, a finales del año 2008 el MOPT-CONAVI, a través del departamento de Pesos y Dimensiones, inició la contratación de servicios de pesaje móvil en varias rutas nacionales (Ruta 32, Búfalo de Limón; Ruta 2, Ochozogo y Ruta 1, Cañas, ver Figura 12). Entre las consideraciones tomadas en cuenta para la implementación de las estaciones de pesaje, se mencionan algunas de las conclusiones obtenidas por Vega y Vives, 2009, tales como:

- El costo de una estación de control de pesos y dimensiones, se paga con el gasto en construir dos kilómetros de carretera nueva o en colocar una carpeta de refuerzo en 10 Km. Sin embargo, tiene la ventaja que su cobertura real sea de al menos 100 Km. a la redonda.
- La minimización de la circulación de vehículos de carga con sobrepeso implica una disminución significativa de los costos de conservación vial, así como implementación de programas de conservación vial acordes a la realidad y con mejores rendimientos. Lo cual repercute en ahorro de dinero, producto de la disminución progresiva de reparaciones recuperativas de las vías.
- El control de carga permite una disminución de los costos de operación (combustible, repuestos, llantas, etc.) particularmente en los vehículos de carga.

Como parte de esta iniciativa, este departamento ha estado suministrando la base de datos que se está generando en las estaciones de pesaje móvil para que sea utilizada y

analizada por el LanammeUCR para: darle un seguimiento adecuado de las cargas que transitan, la formulación de modelos y su inclusión como parámetro de entrada en los procedimientos de diseño estructural de pavimentos.

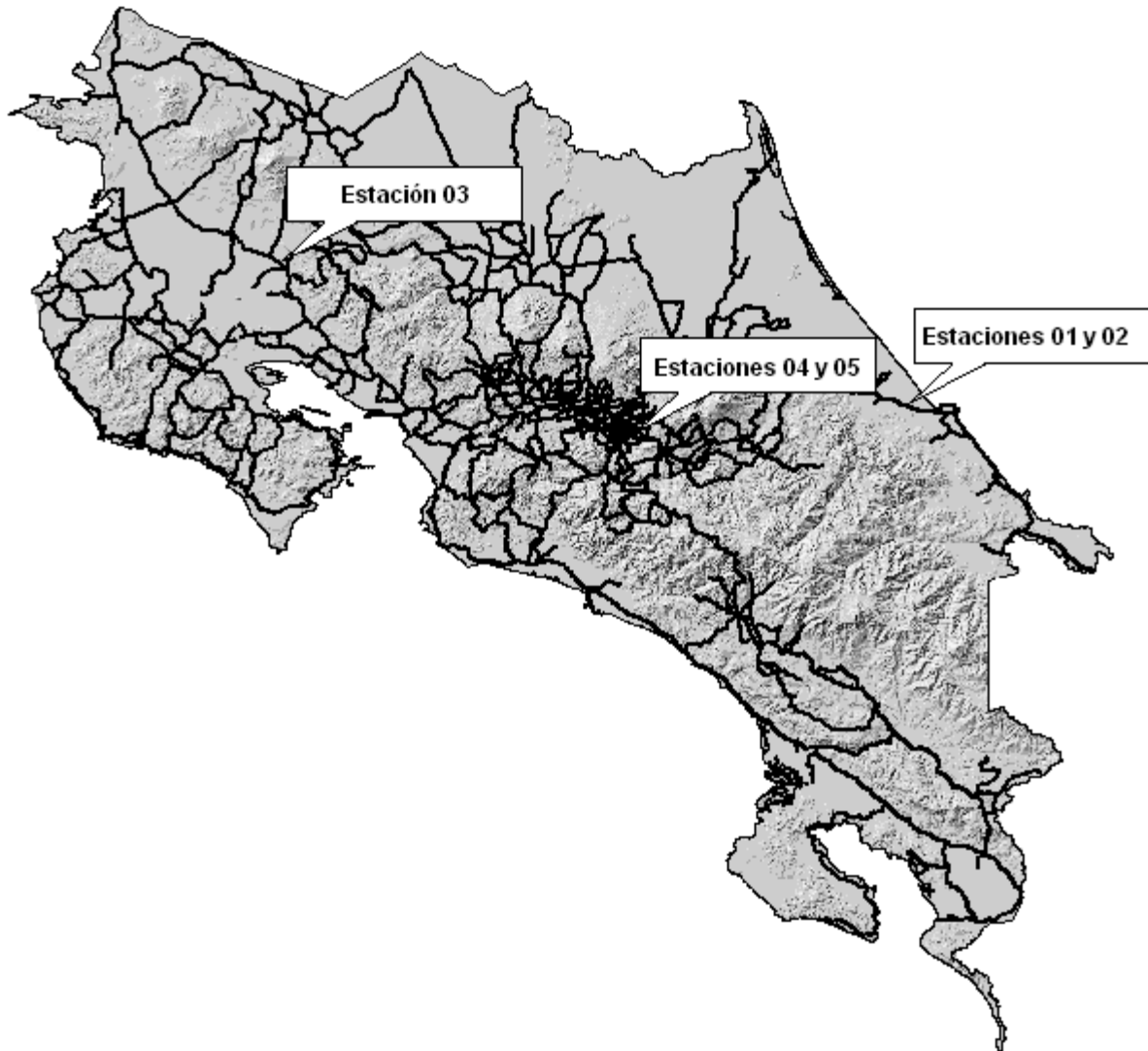


Figura 12: Ubicación de las estaciones de pesaje móvil

En resumen se pueden definir las siguientes características para cada una de las rutas en las cuales se encuentran ubicadas las estaciones de pesaje móvil:

Ruta 32. Carretera primaria, con un alto nivel de ejes equivalentes promedio diarios anuales (>2000). De gran importancia turística. Ruta empleada para el transporte masivo de productos, al tratarse de una de las rutas con conexión al puerto marítimo del

Atlántico, en la provincia de Limón. *Estación 01: Sentido San José - Limón / Estación 02: Sentido Limón - San José.*

Ruta 1. Cañas. Carretera primaria, con un alto nivel de ejes equivalentes promedio diarios anuales (>2000). De importancia turística según el Instituto Costarricense de Turismo, que funciona como conexión con otras rutas nacionales, centros educativos, hospitales, etc. Además, es una ruta empleada para el transporte masivo de productos. *Estación 03: Cañas.*

Ruta 2. Florencio del Castillo. Carretera primaria, con un alto nivel de ejes equivalentes promedio diarios anuales (>2000). De importancia turística según el Instituto Costarricense de Turismo, que funciona como conexión con otras rutas nacionales, centros educativos, hospitales, etc. Además, es una ruta empleada para el transporte masivo de productos dentro del Área Metropolitana. *Estación 04: Sentido San José - Cartago / Estación 05: Sentido Cartago - San José.*

En la Tabla 4, se puede observar la distribución porcentual por tipo de vehículo en cada una de las estaciones de pesaje para más de 750,000 vehículos considerados para el presente estudio hasta junio del año 2009, cabe aclarar que existen otras configuraciones de ejes y tipos de vehículos que no fueron tomados en cuenta puesto que representan menos del 2% de los vehículos controlados hasta junio del 2009.

Est.	Período	Total Veh. Controlados	Porcentaje por tipo de vehículo (%)						
			C2	C3	C4	T2-S1	T3-S1	T3-S2	T3-S3
Estación 1	Nov. 08	26547	11,92	1,82	0,89	0,08	0,03	77,83	7,44
	Dic. 08	27797	15,91	2,75	1,18	0,09	0,28	73,94	5,85
	Ene. 09	29024	14,47	2,01	1,21	0,03	0,41	76,95	4,92
	Feb. 09	26927	14,64	2,66	0,55	0,02	0,28	76,71	5,14
	Mar. 09	32804	13,54	2,13	0,42	0,03	0,14	75,44	8,30
	Abr. 09	33520	12,87	1,77	0,56	0,01	0,09	74,88	9,82
	May. 09	33192	12,82	2,03	1,06	0,03	0,14	72,96	10,96
	Jun. 09	31456	14,27	2,71	1,30	0,04	0,15	70,62	10,92
Estación 2	Nov. 08	13279	12,70	2,80	0,02	0,17	0,03	78,40	5,88
	Dic. 08	29587	13,87	3,50	0,08	0,03	0,21	77,18	5,12
	Ene. 09	31078	13,36	3,00	0,01	0,03	0,30	78,12	5,18
	Feb. 09	28785	13,45	3,32	0,10	0,01	0,16	77,06	5,90
	Mar. 09	33617	12,13	2,65	0,22	0,03	0,21	78,78	5,98
	Abr. 09	32305	12,56	2,31	0,08	0,02	0,15	84,67	0,22
	May. 09	33628	11,61	2,53	0,23	0,03	0,19	78,29	7,13
	Jun. 09	31493	13,56	3,04	0,18	0,04	0,16	75,18	7,85
Estación 3	Ene. 09	9975	25,59	6,32	0,21	0,20	0,13	61,91	5,63
	Feb. 09	8947	21,52	7,05	0,08	0,04	0,07	64,86	6,38
	Mar. 09	9742	24,81	4,57	0,23	0,13	0,14	63,72	6,39
	Abr. 09	9007	25,29	5,91	0,26	0,06	0,43	62,64	5,42
	May. 09	8558	26,52	6,17	0,27	0,06	0,60	60,52	5,87
	Jun. 09	8339	28,24	7,41	0,16	0,11	0,41	57,84	5,84
Estación 4	Ene. 09	23306	55,63	12,41	0,83	0,33	0,24	26,34	4,22
	Feb. 09	29490	59,49	10,08	0,61	0,15	0,20	24,88	4,59
	Mar. 09	33370	64,73	7,56	0,34	0,05	0,07	23,15	4,10
	Abr. 09	22312	47,15	11,82	0,73	0,20	0,43	33,91	5,76
	May. 09	37837	67,42	7,47	0,77	0,11	0,21	20,35	3,67
	Jun. 09	33761	67,89	7,47	0,71	0,13	0,22	19,82	3,76
Estación 5	Ene. 09	23878	54,12	12,03	0,85	0,23	0,14	28,72	3,91
	Feb. 09	30433	54,85	11,37	0,79	0,10	0,12	28,92	3,85
	Mar. 09	21789	33,93	16,40	1,41	0,14	0,35	41,69	6,07
	Abr. 09	34203	59,68	10,66	0,77	0,13	0,16	25,01	3,58
	May. 09	36521	59,76	9,83	0,66	0,17	0,24	24,73	4,61
	Jun. 09	32193	60,48	9,93	1,00	0,08	0,17	23,44	4,91

Tabla 4: Distribución porcentual por tipo de vehículo en las estaciones de pesaje móvil

En Costa Rica los puertos marítimos para el trasiego de mercancía tienen como principales rutas de acceso la Ruta 32 (Puerto de Moín y Limón) y la Ruta 1 (Puerto de Caldera, además de formar parte de la ruta Interamericana). Al observar la Tabla 4,

según el tipo de vehículo, se puede notar que la mayoría de los vehículos aforados son los vehículos clasificados como T3-S2 para las estaciones de pesaje móvil 01, 02 y 03, el cual corresponde al vehículo más común para el transporte de mercancías. Por su parte, en las estaciones 04 y 05, los vehículos clasificados como C2 son los que se presentan en mayor cantidad, esto se explica por la mayor facilidad de movilización de mercancías o productos a menor escala dentro de las rutas de la región urbana del Área Metropolitana. De esta manera, la composición vehicular varía en cada zona, lo cual permite demostrar que dependiendo de la productividad y del uso de suelo de la zona se definirá la cantidad y el tipo de vehículo que se utilizará para el transporte de productos, aspecto de enorme importancia que debe considerarse a la hora de realizar el diseño del pavimento y así soportar la solicitud de cargas reales, con la frecuencia y composición vehicular específica del proyecto.

2.6 Frecuencias

A continuación se presentan las frecuencias obtenidas para conformar la encuesta de carga y con base en ésta determinar los factores camión y el espectro de carga, de acuerdo a la región de estudio.

2.6.1 Frecuencias desagregadas regionales

a) Estación 01 Ruta 32 Búfalo de Limón:

El muestreo se realizó en el sentido San José – Limón. A continuación se presenta la frecuencia desagregada total para dicho punto de estudio:

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem
0 - 2000	1.10	9288	3719	22	1	0	0	22	29	1	10	2	300	49	67	5	0
2000 - 4000	5.51	18130	14577	396	70	53	0	30	89	56	49	0	20239	4660	1820	1	3
4000 - 6000	9.92	5611	8173	4262	407	1884	0	37	34	390	44	21	159746	39379	17556	341	325
6000 - 8000	14.33	192	4030	646	1239	208	1	7	17	4	275	40	158	20695	47	411	377
8000 - 10000	18.74	5	2323	36	788	2	11	1	25		66	11	34	10771	3	107	86
10000 - 12000	23.15	1	377		686		4	0	4		5	26	4	18105	0	322	107
12000 - 14000	27.56	2	33		721		1	0			2	44		47299	2	1884	86
14000 - 16000	31.97		1		1155		13	1				210		172057	0	10334	281
16000 - 18000	36.38				260		77	0				96		46904	0	5837	1154
18000 - 20000	40.79				13		497	1				1		935	2	230	4168
20000 - 22000	45.19				11		1094							76		12	8528
22000 - 24000	49.60				3		395							13		1	3970
24000 - 26000	54.01				7		34							13		12	370
26000 - 28000	58.42				1		6							4			33
28000 - 30000	62.83						6							2			3
30000 - 32000	67.24						4										4
TOTAL	683058																

Tabla 5: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 32 Búfalo de Limón, sentido San José - Limón.

b) Estación 02 Ruta 32 Búfalo de Limón:

El muestreo se realizó en el sentido Limón – San José. A continuación se presenta la frecuencia desagregada total para dicho punto de estudio:

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem
0 - 2000	1,10	9645	4445	17	1	1	0	10	20	0	27	0	183	127	9	2	1
2000 - 4000	5,51	16465	12932	534	35	77	1	13	78	74	222	2	24216	19344	720	22	52
4000 - 6000	9,92	3882	8043	5554	627	211	1	51	20	357	53	64	159106	115483	11812	1363	5535
6000 - 8000	14,33	124	2969	632	3077	4	12	7	24	1	116	196	36	94707	8	6056	1846
8000 - 10000	18,74	5	1405	7	551		120	1	20	0	15	42	0	20442	0	175	158
10000 - 12000	23,15		309		563		45	0	2	0		22	0	17932	0	788	426
12000 - 14000	27,56		17		648		4	0	1	0		29	0	30281	0	637	446
14000 - 16000	31,97		0		1000		4	1		0		60	0	50664	0	1852	285
16000 - 18000	36,38		1		187		12			0		16	3	17153	3	1484	550
18000 - 20000	40,79				45		11			1		1	2	875		140	955
20000 - 22000	45,19				8		20					1		72		15	1147
22000 - 24000	49,60				0		48							9		4	852
24000 - 26000	54,01				2		14							3		14	265
26000 - 28000	58,42						0										26
28000 - 30000	62,83						1										5
30000 - 32000	67,24																3
TOTAL	664157																

Tabla 6: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 32 Búfalo de Limón, sentido Limón -San José.

c) Estación 03 Ruta 1 – Cañas:

Los muestreos se realizaron en el sentido Cañas-San José. A continuación se presenta la frecuencia desagregada total para dicho punto de estudio:

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem
0 - 2000	1,10	2733	1127	12	1	0	0	14	15	1	14	1	54	7	3	1	0
2000 - 4000	5,51	8533	5208	418	28	16	0	18	50	16	53	1	2606	927	112	0	0
4000 - 6000	9,92	2479	4578	2644	325	70	2	24	18	139	12	35	31150	10585	3111	131	164
6000 - 8000	14,33	52	1673	302	671	23	30		15	1	56	30	20	5641	6	213	189
8000 - 10000	18,74	1	1004	8	291		7		14		19	8	1	4070	1	97	101
10000 - 12000	23,15		184		542		7				3	9		5017		187	82
12000 - 14000	27,56		24		572		7					12		6931		331	126
14000 - 16000	31,97				672		10					45		21412		1129	280
16000 - 18000	36,38				206		4					16		12664		1036	583
18000 - 20000	40,79				41		20							386		93	759
20000 - 22000	45,19				14		6							19		9	550
22000 - 24000	49,60				10		8							3		3	352
24000 - 26000	54,01				11		5									2	39
26000 - 28000	58,42						2									1	3
28000 - 30000	62,83						1										3
30000 - 32000	67,24																
TOTAL	146411																

Tabla 7: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 1 – Cañas

d) Estación 04 Ruta 2 – Autopista Florencio del Castillo:

Los muestreos se realizaron en el sentido San José – Cartago. A continuación se presenta la frecuencia desagregada total para dicho punto de estudio:

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem
0 - 2000	1,10	42139	22739	32	5	5	0	71	119	4	53	2	33	6	11	0	0
2000 - 4000	5,51	53527	46366	2735	27	139	2	67	234	69	101	0	5749	7629	400	3	27
4000 - 6000	9,92	14715	24196	10932	1845	758	8	117	98	308	47	82	37343	20063	7227	219	1291
6000 - 8000	14,33	637	11021	2647	3376	272	60	9	47	5	87	67	29	9873	8	1233	192
8000 - 10000	18,74	29	5812	26	1654	7	41	1	28	1	56	35	7	5588	1	115	200
10000 - 12000	23,15	7	821	0	1662		14	1	8		39	43		6346	0	637	391
12000 - 14000	27,56	1	88	1	2482		24	2	2		4	67		11517	0	979	200
14000 - 16000	31,97	1	17		3554		56					68		18396	0	2383	386
16000 - 18000	36,38	0	1		1188		122				20			6370	1	1859	996
18000 - 20000	40,79	1			348		267					2		484		195	1689
20000 - 22000	45,19	2			176		275					1		37		17	1520
22000 - 24000	49,60				47		209							10		3	505
24000 - 26000	54,01				5		55							3		1	209
26000 - 28000	58,42				3		23									3	37
28000 - 30000	62,83				0		16									1	5
30000 - 32000	67,24				1		7										
TOTAL	411618																

Tabla 8: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 2 – Florencio del Castillo sentido San José-Cartago

e) Estación 05 Ruta 2 – Autopista Florencio del Castillo:

Los muestreos se realizaron en el sentido Cartago – San José. A continuación se presenta la frecuencia desagregada total para dicho punto de estudio:

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tándem	Eje Tridem
0 - 2000	1,10	34523	16591	24	1	4	0	55	90	4	13	1	75	17	15	0	0
2000 - 4000	5,51	50673	44636	2038	25	139	0	51	143	47	112	1	4948	1231	297	1	2
4000 - 6000	9,92	13167	22534	15856	1464	1191	3	127	60	290	66	54	44806	18552	7594	139	226
6000 - 8000	14,33	337	9364	2405	3516	239	21	12	24	3	112	72	35	10356	10	272	230
8000 - 10000	18,74	13	4982	16	1734	2	41	2	111		32	29	9	6953	1	106	81
10000 - 12000	23,15	2	571	0	1937		34	0	65		8	49	0	8843	0	194	96
12000 - 14000	27,56	1	37	0	2703		27	0	3		1	46	0	10226	0	599	130
14000 - 16000	31,97	1	2	0	6029		37	0				53	1	27338	0	4254	170
16000 - 18000	36,38			0	2785		155	1				38	1	15612	1	2143	616
18000 - 20000	40,79			0	94		388					1		595		192	2396
20000 - 22000	45,19			0	40		482							25		14	3178
22000 - 24000	49,60			1	6		349							4		1	718
24000 - 26000	54,01				5		33									1	61
26000 - 28000	58,42				1		4									2	12
28000 - 30000	62,83						1										1
30000 - 32000	67,24																
TOTAL	416420																

Tabla 9: Frecuencia de vehículos encuestados en la Ruta 2 – Florencio del Castillo sentido Cartago-San José

CAPÍTULO 3 INTERPRETACIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN

3.1 Análisis de resultados

A partir de los datos obtenidos de las estaciones de pesaje móvil en los 5 puntos de estudio, se procede a dividir el análisis en la obtención de los factores camión para cada zona y finalmente generar los espectros de carga preliminares.

Ambas herramientas son muy útiles para el ingeniero diseñador de pavimentos y son parte fundamental en la formulación de la Guía de Diseño de Pavimentos de Costa Rica de la mano con el Manual de Especificaciones Técnicas de Materiales.

3.1.1 Factor camión

La estimación de las cargas de tránsito es uno de los principales parámetros de entrada que debe considerarse en el diseño estructural. Sin embargo, en el caso de los pavimentos, las diferencias existentes en los espesores de las capas y los materiales utilizados generan respuestas mecánicas diferentes para una misma carga; por otro lado las diferentes configuraciones y cargas de los vehículos producen también diferentes estados de deformaciones y esfuerzos (tensiones y compresiones) dentro de las capas del pavimento, lo cual genera los diferentes mecanismos de falla del pavimento.

Para tener en cuenta estas diferencias, el tránsito que circula por un pavimento se transforma a lo que se denomina como Eje Simple de Carga Equivalente, ESAL (por sus siglas en inglés "Equivalent Single Axle Loads"). El uso de los ESALs permite determinar el daño relativo del paso de un tipo de eje y carga cualquiera, en relación con el daño que produce un eje simple estándar. En general, en Costa Rica se dice que 1 ESAL corresponde al daño que provoca un eje simple de 80 KN (18,000 lb.). De esta manera el diseño estructural se basa entonces, en la cantidad total de pasadas de ejes de carga estándar (ejes equivalentes) durante el periodo de diseño. Es de enorme trascendencia calcular correctamente ESALs, ya que si se utilizan valores por debajo de

los reales, no se consideran las cargas que va a sufrir el pavimento y por ende la estructura fallaría prematuramente

Para obtener los ESALs es necesario definir dos conceptos más: Los Factores Equivalentes de Carga (LEF) y el Factor Camión (FC). Los Factores Equivalentes de Carga, LEF, corresponden a cada eje y fueron desarrollados en la pista de ensayo de la AASHO, la expresión matemática que define se muestra en la siguiente relación:

$$\text{Factor de equivalencia de carga} = \left(\frac{\text{Peso de eje medido}}{\text{Peso de eje patrón}} \right)^4 \quad (3.1)$$

En términos más sencillos, los LEF son una manera de expresar el daño producido sobre un pavimento por cada eje y depende básicamente del: Peso del eje, Tipo de eje (simple, tándem, tridem), Tipo de estructura y su Capacidad Estructural. Para el caso particular de esta investigación se emplearon los factores equivalentes de daño, son los usados por el Asphalt Institute, para pavimentos flexibles con un $p_t=2.5$ y $SN=5$ (ver apéndice B).

Por su parte el Factor Camión es la suma de los LEF de cada vehículo, y expresa el daño en términos del deterioro que produce el vehículo.

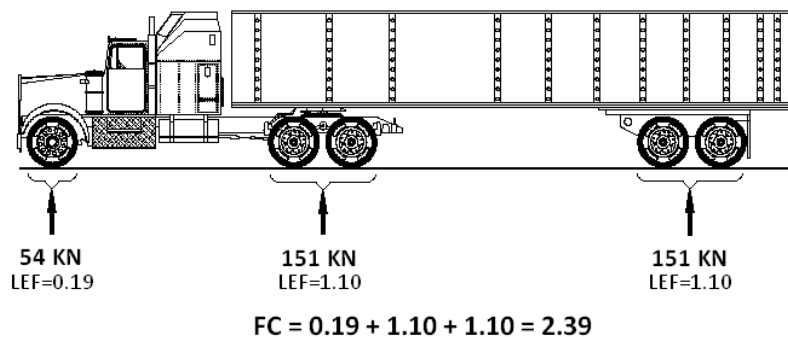


Figura 13: Diagrama de cálculo del Factor Camión

A partir de estos valores y tomando en cuenta que los pavimentos bajo estudio son todos de mezcla asfáltica, se genera uno a uno los valores a ponderar según el peso final de cada eje con incrementos de 500 kg y de acuerdo al tipo de vehículo de estudio. Es así como finalmente se obtiene el factor camión de la siguiente manera:

$$\text{Factor camión promedio} = \frac{\sum (\text{Número de ejes} * \text{factor de equivalencia de carga})}{\text{número de vehículos encuestados}} \quad (3.2)$$

Es importante aclarar que la utilización del factor camión en la Guía de Diseño de la AASHTO 1993 (Ref. 1) es de enorme trascendencia para calcular los ejes equivalentes a carga de ejes simples (ESALs), ya que si se utilizan valores por debajo de los reales, no se consideran las cargas que va a sufrir el pavimento y por ende la estructura fallaría prematuramente. De esta forma los ESALs para cada tipo de vehículo se calculan así:

$$ESALs_{(\text{tipo de vehículo})} = TPD_A \times \% \text{ Distribución tipo de vehículo} \times \text{Factor camión}_{(\text{tipo de vehículo})} \quad (3.3)$$

De esta forma se presenta a continuación la tabla resumen que muestra los factores camión según la zona de estudio para los vehículos encuestados:

Ruta	Tipo de vehículo		Factor Camión (TF)				
	C2	C3	C4	T2-S1	T3-S1	T3-S2	T3-S3
Ruta 32: Búfalo Limón. Sentido: San José - Limón	0.355	0.910	1.369	1.493	1.918	1.865	2.316
Ruta 32: Búfalo Limón. Sentido: Limón - San José	0.291	0.753	0.621	1.079	0.909	0.851	0.978
Ruta 01: Cañas. Sentido: Cañas - San José	0.377	0.909	0.821	0.722	1.316	1.731	1.902
Ruta 02: Florencio del Castillo. Sentido: San José - Cartago	0.291	1.004	1.341	0.672	1.476	1.176	1.730
Ruta 02: Florencio del Castillo. Sentido: Cartago - San José	0.269	1.088	1.277	2.078	1.215	1.557	2.159
Promedio	0.317	0.933	1.086	1.209	1.367	1.436	1.817
Desviación estándar	0.047	0.125	0.342	0.587	0.371	0.417	0.521

Tabla 10: Factores camión por ruta bajo estudio

Por su parte en las Figuras 14, 15, 16, 17 y 18 se puede observar la variación temporal de los factores camión para cada una de las estaciones de pesaje móvil:

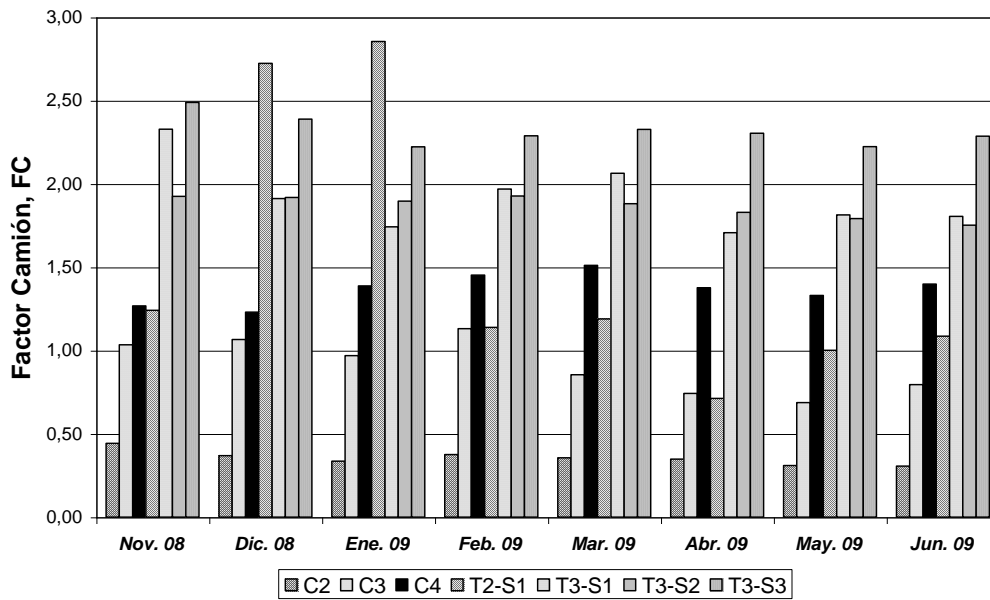


Figura 14: Variación Temporal del Factor Camión Estación 01: Sentido San José - Limón (Ruta N°32)

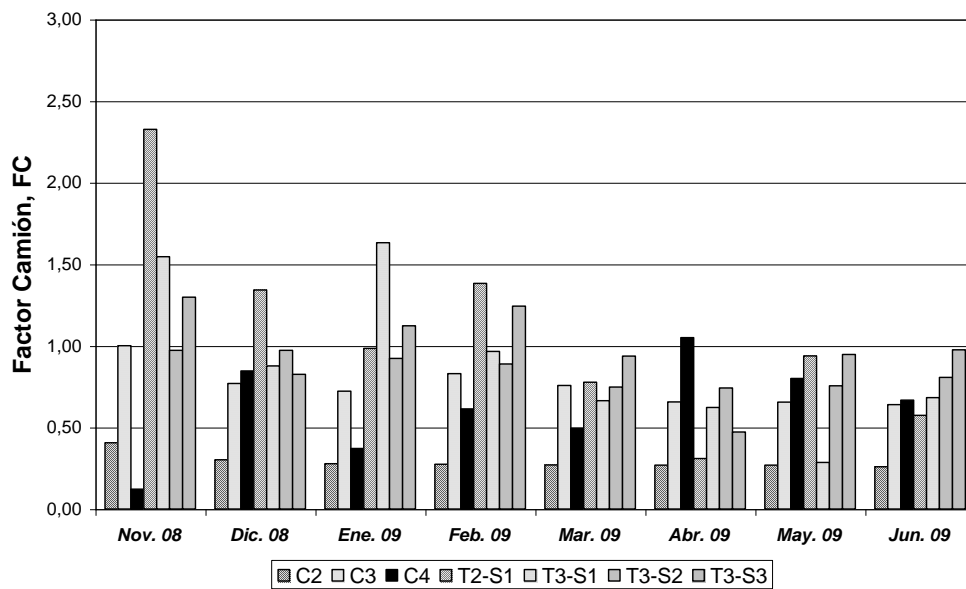


Figura 15: Variación Temporal del Factor Camión Estación 02: Sentido Limón - San José (Ruta N°32)

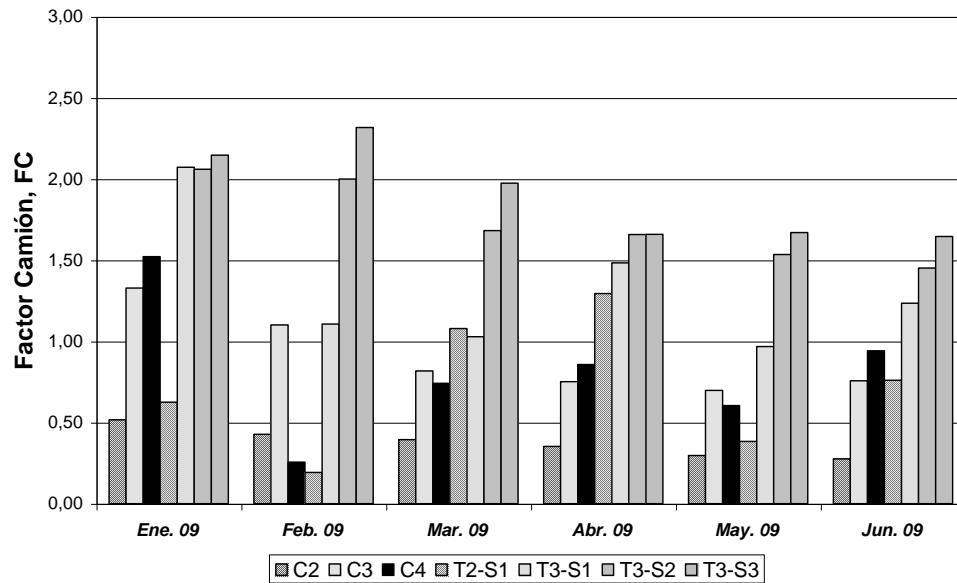


Figura 16: Variación Temporal del Factor Camión Estación 03: Cañas (Ruta N°01)

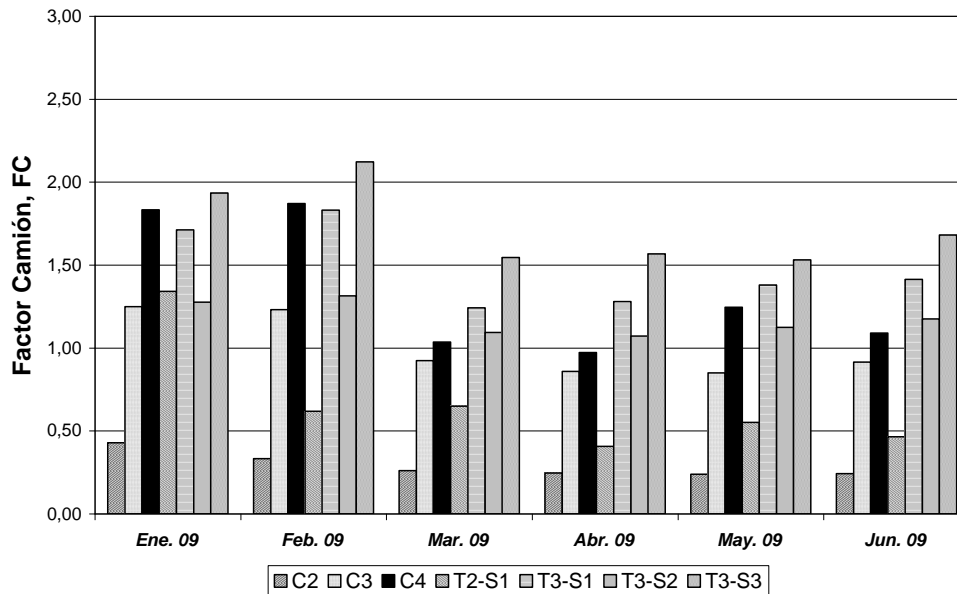


Figura 17: Variación Temporal del Factor Camión Estación 04: Sentido San José - Cartago (Ruta N°02)

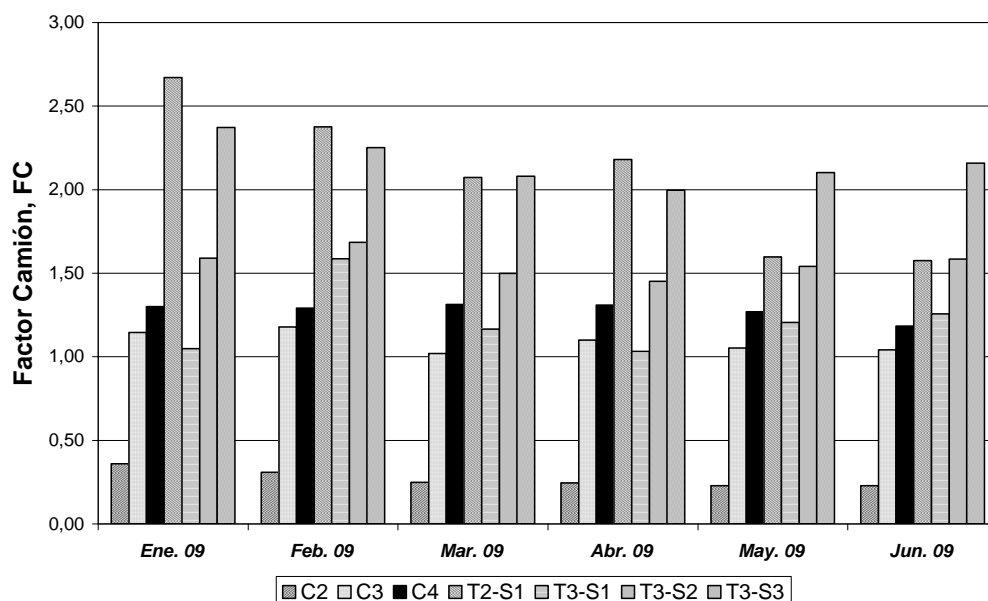


Figura 18: Variación Temporal del Factor Camión
Estación 05: Sentido Cartago - San José (Ruta N°02)

A continuación, en la Tabla 11, se realiza una comparación del Factor Camión Típico: a) utilizado para diseño en Costa Rica usado tradicionalmente por el MOPT-CONAVI antes del año 2007; b) los obtenidos en la encuesta de carga del LanammeUCR del 2007; c) los definidos por el MOPT en el oficio DVOP-5170-07 del 10 de setiembre del 2007, posteriores a la presentación de los resultados del LanammeUCR; y d) los calculados con los datos de las estaciones de pesaje móvil en el 2009.

Tipo de vehículo	Costa Rica MOPT-CONAVI antes 2007	Lanamme 2007 Rango FC	Directriz MOPT DVOP-5170-07	Control de pesos 2009 Rango FC
Carga liviana (C2+)	0.39	0.005 - 0.22	0.26	-
2 Ejes (C2)	1.00	0.300 - 0.86	0.47	0.23 - 0.52
3 Ejes (C3)	1.45	1.43 - 3.08	1.10	0.64 - 1.33
4 Ejes (C4)	-	-	-	0.12 - 1.87
3 Ejes (T2-S1)	-	-	-	0.19 - 2.85
4 Ejes (T3-S1)	-	-	-	0.29 - 2.33
5 Ejes (T3-S2)	2.70	1.52 - 3.41	1.71	0.74 - 2.06
6 Ejes (T3-S3)	-	-	-	0.47 - 2.49

Tabla 11: Comparación de factores camión típicos y los obtenidos en el año 2007 y en el año 2009

De los resultados mostrados en la Tabla 11, es evidente el impacto que tiene el control de pesos, en apego a la reglamentación existente, en donde se puede notar que los Factores Camión después de la implementación de las estaciones de pesaje en año 2009 se encuentran muy por debajo de los valores encontrados en el 2007 por el LanammeUCR. De igual manera, se puede notar que los Factores Camión utilizados por el MOPT-CONAVI hasta el 2007, consideran un cierto porcentaje de sobrepeso adicional en los vehículos que transportan carga. Se pone de manifiesto, que el control de cargas permite que el diseño y construcción de pavimentos garanticen un adecuado desempeño del pavimento, puesto que se evita que la capacidad estructural del pavimento se encuentre por debajo de las solicitudes reales de carga a la cual estará expuesto, lo que reducirá la presencia de deterioros en el corto plazo con la consecuente pérdida del patrimonio vial.

De los gráficos presentados en las Figuras 14, 15, 16, 17 y 18 también se puede notar, en primera instancia la dependencia del uso de suelo en los valores del Factor Camión, así pues la Estación 01, es la que presenta no solo el porcentaje más alto de vehículos controlados T3-S2, sino también que presenta los Factores Camión para este tipo de vehículos más altos. Otra observación importante puede realizarse cuando se analiza la Variación Temporal del Factor Camión, ver Figura 19, en donde se puede ver que, en el momento en que se inicia el Control de Pesaje, es de esperar que se presente un alto porcentaje de incumplimiento de la reglamentación existente. Una vez, que los transportistas van tomando conciencia del control de pesos en sus vehículos, los valores de los Factores Camión se van reduciendo sucesivamente hasta llegar a estabilizarse a un valor que optimiza el peso máximo que pueden transportar sin exceder la reglamentación existente.

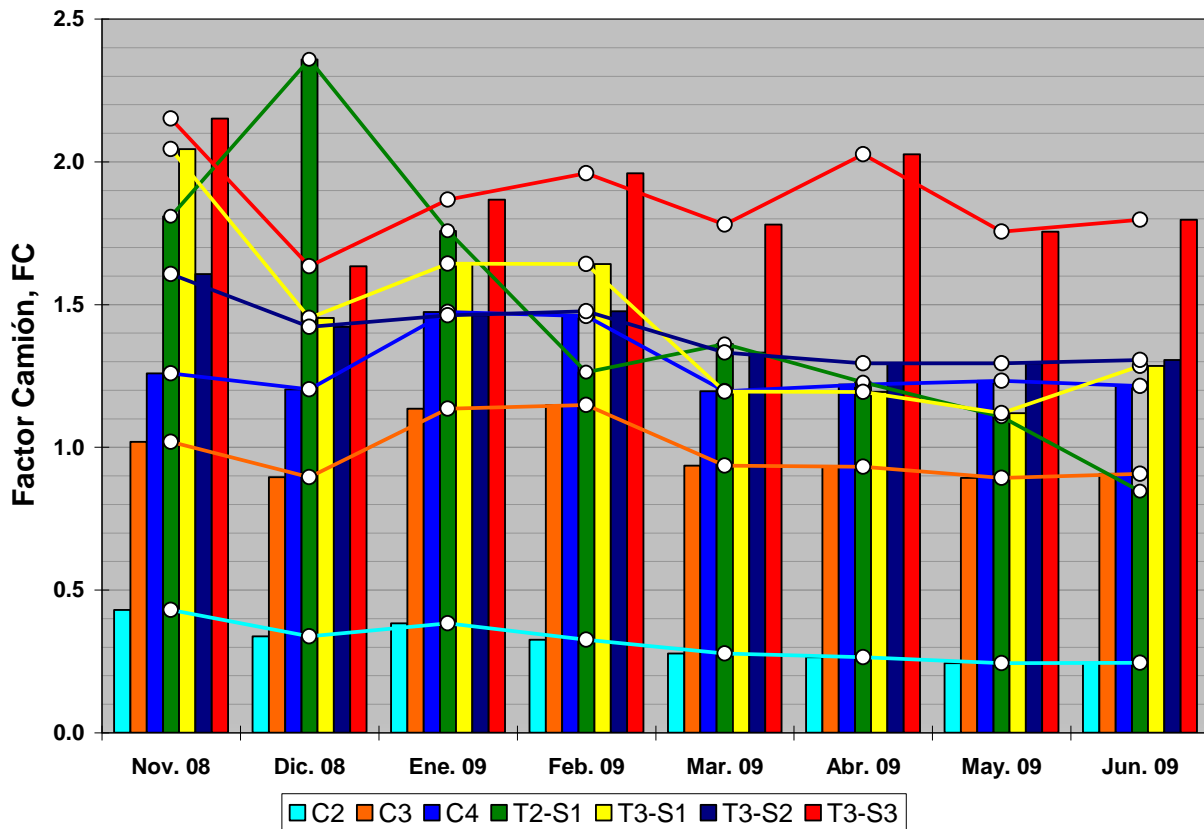


Figura 19: Variación Temporal del Factor Camión para todas las estaciones

3.1.2 Efecto de los rangos de peso en el cálculo del factor camión

El pesaje constituye el medio más preciso para determinar las características de equivalencia del tránsito real con respecto a ejes sencillos de 8.2 toneladas. Como se mencionó anteriormente, el cálculo del Factor Camión es básicamente la suma de los factores de equivalencia de carga (LEF) de cada uno de los vehículos pesados; sin embargo, desde el punto de vista práctico, este procedimiento es muy laborioso, por lo que se acostumbra agrupar todos los ejes de los vehículos comerciales de acuerdo con su carga y por tipo de eje, tal y como se observa en el apartado 2.6.

Ahora bien, agrupar los ejes por intervalo de carga, conlleva otro aspecto muy importante en la determinación del Factor Camión, ya que el uso de intervalos de carga

grandes (por ejemplo 2000 kg) en los cálculos resulta en valores de Factor Camión más altos a los obtenidos con intervalos de carga menores (por ejemplo 500 kg). En las tablas 15 y 16 se puede observar las diferencias que se pueden encontrar en el Factor Camión, cuando se agrupan los vehículos para intervalos de carga de 500 kg y 2000 kg. En el caso de la tabla 15 se tienen los valores promedio de las cinco estaciones de pesaje móvil y en el caso de la tabla 16, se observan los valores mínimos y máximos calculados.

Tipo de vehículo	Factor Camión control de pesos 2009	
	Intervalo cada 500 kg	Intervalo cada 2000 kg
C2	0.30	0.50
C3	1.00	1.43
C4	1.30	1.72
T2-S1	1.46	2.16
T3-S1	1.37	2.03
T3-S2	1.39	1.96
T3-S3	1.86	2.46

Tabla 12. Factores camión calculados cada 500 kg y cada 2000 kg para el año 2009.

Tipo de vehículo	Factor Camión Control de pesos 2009			
	Intervalo cada 500 kg		Intervalo cada 2000 kg	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
C2	0.23	0.52	0.40	0.82
C3	0.64	1.33	0.97	1.82
C4	0.12	1.87	0.17	2.43
T2-S1	0.19	2.85	0.36	4.64
T3-S1	0.29	2.33	0.64	3.28
T3-S2	0.74	2.06	1.18	2.73
T3-S3	0.47	2.49	0.87	3.12

Tabla 13: Factores camión mínimos y máximos calculados para el año 2009.

CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES E INVESTIGACIÓN SUGERIDA

4.1 Conclusiones

Nuevamente, se puede notar las diferencias que existen entre los factores camión de una zona a otra, principalmente entre las rutas de la GAM hacia los puertos marítimos y las rutas de menor trasiego de mercancías. Sin embargo, es evidente que las diferencias encontradas entre los factores camión son menores a las que existían en el año 2007, donde por ejemplo para los vehículos C3 en aquel momento el rango de los Factores Camión oscilaba entre 1.43 – 3.08 (lo representa una diferencia de 1.65), mientras que para el año 2009 el rango de valores para el C3 se encuentra entre 0.64 – 1.33 (lo que representa una diferencia de 0.69), producto de que el control de pesos permite que las cargas transportadas por los vehículos sean más uniformes.

Otra observación importante, se da cuando se analiza la Variación Temporal del Factor Camión, el cual en los primeros meses presenta valores altos, producto de que se da un alto porcentaje de incumplimiento de la reglamentación existente. Una vez, que los transportistas van tomando conciencia del control de pesos en sus vehículos, los valores de los Factores Camión se van reduciendo sucesivamente hasta llegar a estabilizarse a un valor que optimiza el peso máximo que pueden transportar sin exceder la reglamentación existente.

Nuevamente, cuando se comparan los factores camión emitidos en el oficio **DVOP-5170-07** del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) respecto a los obtenidos después del Control de Pesos que se viene llevando a cabo, se puede notar que son bastante adecuados, siempre y cuando se garantice el cumplimiento de la reglamentación existente. Sin embargo, en las rutas en las cuales no se ha implantado el control de pesos es muy posible que los factores camión pueda subestimar el peso real de los vehículos y podría explicar en gran medida una de las posibles razones por las que los pavimentos fallan en forma prematura y que en su mayoría no cumplan la vida útil para la cual fueron diseñados.

Es muy importante, complementar los resultados y los gráficos de factor camión con los valores de tránsito promedio diario y a su vez con la composición vehicular de cada zona, esto porque a mayor número de repeticiones de carga de cada tipo específico de vehículo se podría acelerar el daño producido al pavimento.

Específicamente, para las rutas estudiadas el factor camión recomendado es el que se muestra en la **Tabla 14**:

Ruta	Tipo de vehículo	Factor Camión (TF)						
		C2	C3	C4	T2-S1	T3-S1	T3-S2	T3-S3
Ruta 32: Búfalo Limón. Sentido: San José - Limón		0.355	0.910	1.369	1.493	1.918	1.865	2.316
Ruta 32: Búfalo Limón. Sentido: Limón - San José		0.291	0.753	0.621	1.079	0.909	0.851	0.978
Ruta 01: Cañas. Sentido: Cañas - San José		0.377	0.909	0.821	0.722	1.316	1.731	1.902
Ruta 02: Florencio del Castillo. Sentido: San José - Cartago		0.291	1.004	1.341	0.672	1.476	1.176	1.730
Ruta 02: Florencio del Castillo. Sentido: Cartago - San José		0.269	1.088	1.277	2.078	1.215	1.557	2.159
Promedio		0.317	0.933	1.086	1.209	1.367	1.436	1.817
Desviación estándar		0.047	0.125	0.342	0.587	0.371	0.417	0.521

Tabla 14. Factores camión por ruta bajo estudio

Se demuestra, además, la enorme importancia de controlar las cargas de los vehículos, ya que se observan las importantes reducciones en los valores del factor camión debido al control de pesaje, lo que permite que la vida útil de los pavimentos pueda extenderse aún más en comparación con los diseños que actualmente se hacen y evitar así que al poco tiempo se tengan que realizar intervenciones y hasta inclusive reconstrucciones totales en arterias vitales para el desarrollo del comercio de la nación.

En el ámbito financiero se hace insostenible para un país en vías de desarrollo, o bien para inclusive una potencia mundial, construir obras de infraestructura vial que requieren una fuerte inversión de recursos y que al cabo de unos pocos años se tengan que rehabilitar o hasta volver a construir, produciendo un alto costo de operación e inclusive comprometiendo la seguridad de los usuarios y el bienestar del país

Paralelamente a la reducción de sobrepesos en los vehículos, se da un proceso de la inserción de nuevos tipos de vehículos, o bien el uso de vehículos de mayor capacidad de acarreo, para poder incrementar el transporte de carga.

De esta manera, los análisis efectuados a la fecha muestran efectos muy positivos en la reducción de las sobrecargas y por lo tanto una disminución de los efectos negativos que en las carreteras, lo cual representa un paso muy importante, en beneficio de nuestros pavimentos carreteras y cuyos controles debería ser aplicados a otras rutas nacionales.

Nuevamente, hay que recalcar que los resultados y los valores de los factores camión, serán aplicables siempre y cuando se garantice adecuadamente un control de pesos, y que en para este caso en particular solo son aplicables para las rutas y puntos estudiados, puesto que cada zona tiene sus características muy particulares, tanto de tránsito, uso del suelo, urbanidad, cargas por eje, entre otros, que deben tomarse en cuenta a la hora de extrapolar los valores de una zona específica a puntos cercanos.

Es necesario hacer hincapié en que el ingeniero diseñador debe tomar en cuenta la importancia de cada proyecto en particular, esto para determinar si es indispensable realizar un estudio específico para la ruta a rehabilitar o construir. Por ende según el tipo de proyecto y tanto el uso del suelo como las características propias del tráfico es necesario desarrollar una encuesta de carga de la mano con conteos vehiculares para conocer el daño relativo real que se le transmitirá a la infraestructura vial a construir.

A partir de estos resultados, se generan diversas herramientas e insumos fundamentales para formular y aplicar nuevos parámetros a una eventual “Guía de diseño de pavimentos de Costa Rica”, necesarios para reorientar al país con una visión especializada en el incremento significativo de la calidad de las obras de infraestructura vial que sin duda alguna son el engranaje para propiciar el desarrollo de la nación.

4.2 Comentario finales

Es de gran utilidad ampliar la presente investigación y evaluar las cargas que actualmente se transportan en los autobuses, ya que este tipo de vehículo no está siendo controlado en las estaciones de pesaje móvil, con el objetivo de evitar molestias a los usuarios; sin embargo, en el estudio realizado en el 2007 se observó un alto porcentaje de incumplimiento de la reglamentación vigente y por lo tanto factores camión muy elevados, lo cual requiere prestarle la atención adecuada y tomar las medidas pertinentes.

La investigación no se centra en determinar si existe sobre peso en los vehículos o no, ni en qué magnitud o proporción de la totalidad de la flota vehicular representa este sobrepeso en cada zona; sin embargo, estos datos son una llamada de atención para otras entidades de las instituciones del estado para entender y atender los resultados de factor camión y el aspecto de carga que deben considerarse en el diseño estructural de pavimentos.

Finalmente, se debe analizar las cargas estudiadas en función de las cargas máximas admisibles para estructuras como puentes, en donde se compromete no solo la inversión de recursos, sino que también se evidencia el riesgo de que se produzca una fatalidad por el derrumbe de estas obras de enorme trascendencia para el país.

REFERENCIAS

1. American Association of State Highway and Transportation Officials **Guide for Design of Pavement Structures**, Apéndice D, Washington, D.C 1993.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials. **Guide for Design of Pavement Structures**. 2002.
3. Asphalt Institute. **Traffic Analysis and Thickness Design – Highways**. 1993.
4. Badilla Vargas, G.; Allen Monge, J.; Ulloa Calderón, A.; Sibaja Obando, D. **Encuesta de Carga: Determinación de Factores Camión en pavimentos de**

- Costa Rica.** Unidad de Investigación en Infraestructura Vial. LanammeUCR. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2007.
5. Diario Oficial de Costa Rica La Gaceta No. 13, miércoles 19 de enero del 2005.
 6. Hernández Jiménez, J.; Fabela Gallegos, M. **Diseño y construcción de un prototipo para determinar el peso de vehículos ligeros en movimiento.** Publicación Técnica No. 247. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México. 2004.
 7. García, M. **Variable Tránsito Colombiana para el Diseño de Pavimentos según AASHTO 2002.** Pontificia Universidad Javeriana, Epiciclos, Colombia 2002.
 8. Monge, Héctor. **Control de vehículos de carga y su utilización en el diseño de pavimentos.** Trabajo final de graduación para obtener la licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. 1975.
 9. National Cooperative Highway Research Board. **Mechanistic-Empirical Design of New and rehabilitated pavement structures.** NCHRP Report 1-37A. National Research Council, Illinois, 2004.
 10. Portland Cement Association. **Traffic Load Analysis.**1993.
 11. Figueroa, T.; Villalta C. **Metodología simplificada para determinar el índice de priorización de las rutas incluidas en los proyectos de conservación vial de la Red Nacional Pavimentada, Segunda Generación.** Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Costa Rica. Abril 2006.
 12. Vega Castro, L.; Vives Fernández J. **Beneficios para la Red Vial Primaria de Costa Rica mediante el uso de un sistema eficiente de control de carga.** IV Congreso Centroamericano de Fondos Viales. San José, Costa Rica. 2009.

ANEXO A

Frecuencias desagregadas por tipo de vehículo en intervalos cada 500 Kg

Tabla A1: Frecuencia de vehículos encuestados en la Estación 01 Ruta 32 – Búfalo de Limón sentido San José- Limón.

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje Tridem
0-500	1.1	35	21	1	0	0	0	6	5	1	1	2	109	6	21	1	0
500-1000	2.2	122	102	5	0	0	0	3	8	0	2	0	73	16	23	3	0
1000-1500	3.3	1594	700	10	0	0	0	10	11	0	1	0	50	12	9	1	0
1500-2000	4.4	7537	2896	6	1	0	0	3	5	0	6	0	68	15	14	0	0
2000-2500	5.5	7076	3944	7	0	4	0	7	26	2	23	0	166	69	10	0	0
2500-3000	6.6	4364	3789	15	5	4	0	6	23	4	13	0	127	100	23	0	1
3000-3500	7.7	3541	3712	121	17	5	0	8	21	4	8	0	855	418	165	0	2
3500-4000	8.8	3149	3132	253	48	40	0	9	19	46	5	0	19091	4073	1622	1	0
4000-4500	9.9	2777	2577	754	43	142	0	14	12	190	12	0	78372	12282	5057	3	7
4500-5000	11.0	1683	2250	1262	71	578	0	19	8	171	14	6	69176	10525	8644	25	105
5000-5500	12.1	813	1841	1177	118	756	0	2	7	27	9	5	11453	6688	3232	136	96
5500-6000	13.2	338	1505	1069	175	408	0	2	7	2	9	10	745	9884	623	177	117
6000-6500	14.3	107	1218	404	308	123	0	1	1	0	24	21	63	10313	27	185	151
6500-7000	15.4	53	990	136	358	64	0	1	3	1	54	9	30	5481	9	129	102
7000-7500	16.5	22	919	70	331	16	0	3	5	1	106	5	35	2714	9	62	70
7500-8000	17.6	10	903	36	242	5	1	2	8	2	91	5	30	2187	2	35	54
8000-8500	18.7	3	712	21	154	2	1	1	8	0	48	3	20	2366	1	22	27
8500-9000	19.8	1	739	12	224	0	2	0	9	0	13	2	7	2382	0	23	23
9000-9500	20.9	1	487	1	244	0	5	0	6	0	4	2	2	2774	2	29	19
9500-10000	22.0	0	385	2	166	0	3	0	2	0	1	4	5	3249	0	33	17
10000-10500	23.1	0	219	0	167	0	3	0	3	0	3	6	1	3703	0	52	21
10500-11000	24.3	0	92	0	183	0	0	0	0	0	0	4	3	4276	0	51	24
11000-11500	25.4	0	38	0	182	0	0	0	0	1	6	0	0	5163	0	88	26
11500-12000	26.5	1	28	0	154	0	1	0	1	0	1	10	0	4963	0	131	36
12000-12500	27.6	1	15	0	147	0	0	0	0	1	11	0	0	4549	1	203	17
12500-13000	28.7	0	11	0	145	0	0	0	0	1	4	0	0	6813	0	330	21
13000-13500	29.8	1	5	0	177	0	1	0	0	0	0	10	0	11632	1	514	16
13500-14000	30.9	0	2	0	252	0	0	0	0	0	19	0	0	24305	0	837	32
14000-14500	32.0	0	1	0	350	0	3	1	0	0	0	25	0	38087	0	1445	54
14500-15000	33.1	0	0	0	310	0	2	0	0	0	0	41	0	44375	0	2418	63
15000-15500	34.2	0	0	0	256	0	3	0	0	0	0	67	0	47262	0	3172	74
15500-16000	35.3	0	0	0	239	0	5	0	0	0	0	77	0	42333	0	3299	90
16000-16500	36.4	0	0	0	158	0	5	0	0	0	0	60	0	27073	0	2689	137
16500-17000	37.5	0	0	0	55	0	11	0	0	0	0	26	0	13369	0	1796	186
17000-17500	38.6	0	0	0	33	0	22	0	0	0	0	8	0	4824	0	917	356
17500-18000	39.7	0	0	0	14	0	39	0	0	0	0	2	0	1638	0	435	475
18000-18500	40.8	0	0	0	9	0	68	0	0	0	0	1	0	590	1	165	603
18500-19000	41.9	0	0	0	1	0	102	0	0	0	0	0	0	201	0	44	898
19000-19500	43.0	1	0	0	2	0	142	1	0	0	0	0	0	90	1	15	1181
19500-20000	44.1	0	0	0	1	0	185	0	0	0	0	0	0	54	0	6	1486
20000-20500	45.2	0	0	0	3	0	281	0	0	0	0	0	0	31	0	6	1846
20500-21000	46.3	0	0	0	4	0	313	0	0	0	0	0	0	30	0	4	2111
21000-21500	47.4	0	0	0	2	0	298	0	0	0	0	0	0	11	0	1	2328
21500-22000	48.5	0	0	0	2	0	202	0	0	0	0	0	0	4	0	1	2243
22000-22500	49.6	0	0	0	0	0	176	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1736
22500-23000	50.7	0	0	0	1	0	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1183
23000-23500	51.8	0	0	0	1	0	70	0	0	0	0	0	0	6	0	1	710
23500-24000	52.9	0	0	0	1	0	28	0	0	0	0	0	0	5	0	0	341
24000-24500	54.0	0	0	0	4	0	19	0	0	0	0	0	0	7	0	12	193
24500-25000	55.1	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	92
25000-25500	56.2	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	54
25500-26000	57.3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	31
26000-26500	58.4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
26500-27000	59.5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
27000-27500	60.6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
27500-28000	61.7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
28000-28500	62.8	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28500-29000	63.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
29000-29500	65.0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
29500-30000	66.1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30000-30500	67.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
30500-31000	68.3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31000-31500	69.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31500-32000	70.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A2: Frecuencia de vehículos encuestados en la Estación 02 Ruta 32 – Búfalo de Limón sentido Limón -San José.

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje Tridem
0-500	1.1	28	16	5	0	0	0	5	4	0	0	0	58	3	5	2	0
500-1000	2.2	135	79	2	0	0	0	0	2	0	1	0	33	23	1	0	0
1000-1500	3.3	1651	777	3	0	0	0	2	7	0	2	0	11	19	2	0	0
1500-2000	4.4	7831	3573	7	1	1	0	3	7	0	24	0	81	82	1	0	1
2000-2500	5.5	6259	4521	5	6	0	0	5	19	7	113	0	392	277	18	0	0
2500-3000	6.6	3818	3293	18	2	7	0	2	10	5	69	0	120	296	7	1	7
3000-3500	7.7	3415	2627	106	11	35	0	2	26	6	28	0	1499	2374	42	10	10
3500-4000	8.8	2973	2491	405	16	35	1	4	23	56	12	2	22205	16397	653	11	35
4000-4500	9.9	2097	2571	902	42	75	0	25	8	198	12	3	81377	35995	4369	59	224
4500-5000	11.0	1031	2340	1452	90	59	1	19	8	141	11	9	68135	41640	6168	255	793
5000-5500	12.1	547	1812	1559	230	52	0	6	0	16	13	17	9127	19878	1190	384	2123
5500-6000	13.2	207	1320	1641	265	25	0	1	4	2	17	35	467	17970	85	665	2395
6000-6500	14.3	87	928	478	615	2	2	2	8	1	25	56	24	31549	6	1961	1342
6500-7000	15.4	17	754	109	1086	1	2	4	9	0	36	83	7	39716	1	2685	390
7000-7500	16.5	12	697	37	966	0	2	1	4	0	32	44	1	17239	0	1145	66
7500-8000	17.6	8	590	8	410	1	6	0	3	0	23	13	4	6203	1	265	48
8000-8500	18.7	2	489	6	203	0	34	0	7	0	7	11	0	5761	0	48	26
8500-9000	19.8	1	379	1	143	0	33	1	9	0	6	8	0	5167	0	27	30
9000-9500	20.9	2	297	0	121	0	33	0	4	0	2	7	0	4701	0	50	51
9500-10000	22.0	0	240	0	84	0	20	0	0	0	0	16	0	4813	0	50	51
10000-10500	23.1	0	165	0	89	0	9	0	0	0	0	8	0	4759	0	118	77
10500-11000	24.3	0	92	0	173	0	12	0	1	0	0	4	0	4527	0	200	97
11000-11500	25.4	0	35	0	177	0	15	0	1	0	0	6	0	4291	0	265	106
11500-12000	26.5	0	17	0	124	0	9	0	0	0	0	4	0	4355	0	205	146
12000-12500	27.6	0	12	0	147	0	2	0	1	0	0	12	0	4814	0	131	144
12500-13000	28.7	0	2	0	155	0	1	0	0	0	0	6	0	6435	0	115	135
13000-13500	29.8	0	1	0	145	0	1	0	0	0	0	6	0	8323	0	157	91
13500-14000	30.9	0	2	0	201	0	0	0	0	0	0	5	0	10709	0	234	76
14000-14500	32.0	0	0	0	377	0	0	0	0	0	0	13	0	12817	0	280	69
14500-15000	33.1	0	0	0	241	0	1	0	0	0	0	19	0	13391	0	428	61
15000-15500	34.2	0	0	0	256	0	1	1	0	0	0	10	0	12711	0	525	69
15500-16000	35.3	0	0	0	126	0	2	0	0	0	0	18	0	11745	0	619	86
16000-16500	36.4	0	0	0	81	0	5	0	0	0	0	8	0	8394	1	525	92
16500-17000	37.5	0	0	0	50	0	3	0	0	0	0	5	1	4910	2	464	124
17000-17500	38.6	0	0	0	35	0	4	0	0	0	0	3	2	2522	0	293	153
17500-18000	39.7	0	1	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	1327	0	202	181
18000-18500	40.8	0	0	0	22	0	3	0	0	0	0	0	0	541	0	73	193
18500-19000	41.9	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	197	0	32	230
19000-19500	43.0	0	0	0	9	0	4	0	0	1	0	0	2	89	0	20	243
19500-20000	44.1	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	1	0	48	0	15	289
20000-20500	45.2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	20	0	6	302
20500-21000	46.3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	19	0	1	291
21000-21500	47.4	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	23	0	5	287
21500-22000	48.5	0	0	0	4	0	12	0	0	0	0	0	0	10	0	3	267
22000-22500	49.6	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	4	0	1	271
22500-23000	50.7	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	229
23000-23500	51.8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	2	0	0	199
23500-24000	52.9	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	2	0	3	153
24000-24500	54.0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	1	0	14	128
24500-25000	55.1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
25000-25500	56.2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	33
25500-26000	57.3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	24
26000-26500	58.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
26500-27000	59.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
27000-27500	60.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
27500-28000	61.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
28000-28500	62.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28500-29000	63.9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29000-29500	65.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
29500-30000	66.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30000-30500	67.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30500-31000	68.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31000-31500	69.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
31500-32000	70.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabla A3: Frecuencia de vehículos encuestados en la Estación 03 Ruta 1 – Cañas sentido Cañas – San José

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje Tridem
0-500	1.1	11	14	2	0	0	0	1	3	1	1	0	9	1	3	1	0
500-1000	2.2	67	71	4	0	0	0	6	4	0	0	1	23	1	0	0	0
1000-1500	3.3	523	248	3	1	0	0	2	3	0	0	0	10	2	0	0	0
1500-2000	4.4	2132	794	3	0	0	0	5	5	0	13	0	12	3	0	0	0
2000-2500	5.5	2271	1354	4	3	1	0	1	11	1	13	0	16	4	1	0	0
2500-3000	6.6	1923	1192	11	2	0	0	3	13	0	28	0	27	7	0	0	0
3000-3500	7.7	2261	1272	97	8	0	0	7	14	2	9	1	138	127	13	0	0
3500-4000	8.8	2078	1390	306	15	15	0	7	12	13	3	0	2425	789	98	0	0
4000-4500	9.9	1402	1689	564	16	32	0	12	7	65	6	3	12430	1530	851	0	5
4500-5000	11.0	697	1299	945	28	19	0	8	4	63	4	6	15332	2763	1688	13	23
5000-5500	12.1	285	947	660	73	6	1	3	6	11	2	11	3208	3091	522	24	67
5500-6000	13.2	95	643	475	208	13	1	1	1	0	0	15	180	3201	50	94	69
6000-6500	14.3	27	529	184	259	11	10	0	1	0	9	9	15	1963	2	63	72
6500-7000	15.4	9	427	64	192	10	6	0	4	0	17	6	4	1537	1	56	51
7000-7500	16.5	12	363	35	116	1	11	0	4	0	13	10	0	1203	2	39	34
7500-8000	17.6	4	354	19	104	1	3	0	6	1	17	5	1	938	1	55	32
8000-8500	18.7	0	330	5	97	0	5	0	5	0	14	6	0	925	0	26	25
8500-9000	19.8	1	318	3	61	0	1	0	6	0	3	1	1	926	1	23	27
9000-9500	20.9	0	222	0	71	0	0	0	2	0	1	0	0	1041	0	23	22
9500-10000	22.0	0	134	0	62	0	1	0	1	0	1	1	0	1178	0	25	27
10000-10500	23.1	0	76	0	73	0	3	0	0	0	0	1	0	1244	0	46	26
10500-11000	24.3	0	60	0	229	0	1	0	0	0	0	2	0	1221	0	60	20
11000-11500	25.4	0	32	0	107	0	2	0	0	0	2	3	0	1314	0	37	22
11500-12000	26.5	0	16	0	133	0	1	0	0	0	1	3	0	1238	0	44	14
12000-12500	27.6	0	12	0	128	0	1	0	0	0	0	0	0	1212	0	48	26
12500-13000	28.7	0	5	0	125	0	3	0	0	0	0	3	0	1305	0	84	33
13000-13500	29.8	0	3	0	132	0	1	0	0	0	0	4	0	1734	0	92	33
13500-14000	30.9	0	4	0	187	0	2	0	0	0	0	5	0	2680	0	107	34
14000-14500	32.0	0	0	0	183	0	3	0	0	0	0	12	0	3501	0	197	46
14500-15000	33.1	0	0	0	212	0	1	0	0	0	0	16	0	5133	0	282	63
15000-15500	34.2	0	0	0	153	0	2	0	0	0	0	6	0	6246	0	317	74
15500-16000	35.3	0	0	0	124	0	4	0	0	0	0	11	0	6532	0	333	97
16000-16500	36.4	0	0	0	90	0	2	0	0	0	0	9	0	5763	0	377	111
16500-17000	37.5	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	4	0	3950	0	325	135
17000-17500	38.6	0	0	0	32	0	1	0	0	0	0	2	0	2119	0	233	151
17500-18000	39.7	0	0	0	20	0	1	0	0	0	0	1	0	832	0	101	186
18000-18500	40.8	0	0	0	9	0	5	0	0	0	0	0	0	237	0	44	198
18500-19000	41.9	0	0	0	12	0	5	0	0	0	0	0	0	105	0	30	169
19000-19500	43.0	0	0	0	8	0	6	0	0	0	0	0	0	30	0	16	207
19500-20000	44.1	0	0	0	12	0	4	0	0	0	0	0	0	14	0	3	185
20000-20500	45.2	0	0	0	9	0	2	0	0	0	0	0	0	9	0	2	154
20500-21000	46.3	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	3	141
21000-21500	47.4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	3	137
21500-22000	48.5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	118
22000-22500	49.6	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	2	137
22500-23000	50.7	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	90
23000-23500	51.8	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
23500-24000	52.9	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
24000-24500	54.0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	17
24500-25000	55.1	0	0	0	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
25000-25500	56.2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
25500-26000	57.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
26000-26500	58.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
26500-27000	59.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
27000-27500	60.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27500-28000	61.7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28000-28500	62.8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28500-29000	63.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29000-29500	65.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
29500-30000	66.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30000-30500	67.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30500-31000	68.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31000-31500	69.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31500-32000	70.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A4: Frecuencia de vehículos encuestados en la Estación 04 Ruta 2 – Florencio del Castillo sentido San José-Cartago

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje Tridem
0-500	1.1	69	40	9	0	0	0	21	26	0	2	0	10	0	3	0	0
500-1000	2.2	481	196	3	3	0	0	10	15	1	1	2	7	0	3	0	0
1000-1500	3.3	7567	4523	5	0	2	0	11	25	0	14	0	5	0	0	0	0
1500-2000	4.4	34022	17980	15	2	3	0	29	53	3	36	0	11	6	5	0	0
2000-2500	5.5	19707	16905	20	1	13	1	15	72	0	39	0	33	18	3	0	0
2500-3000	6.6	12122	11692	93	4	19	0	15	63	0	28	0	73	370	8	0	0
3000-3500	7.7	11470	8925	715	7	36	1	18	36	9	15	0	558	2322	32	1	0
3500-4000	8.8	10228	8844	1907	15	71	0	19	63	60	19	0	5085	4919	357	2	27
4000-4500	9.9	6844	8891	2566	64	150	0	81	51	161	14	8	17904	5830	2772	2	123
4500-5000	11.0	4378	6492	2945	312	188	0	21	16	106	9	17	16484	4448	3630	7	486
5000-5500	12.1	2443	4895	2844	536	244	4	12	15	37	11	30	2785	4687	735	60	458
5500-6000	13.2	1050	3918	2577	933	176	4	3	16	4	13	27	170	5098	90	150	224
6000-6500	14.3	475	3205	1689	1141	143	6	3	8	3	14	26	8	3674	1	491	97
6500-7000	15.4	96	2912	649	1003	80	11	3	14	1	28	22	6	2782	2	501	40
7000-7500	16.5	47	2537	250	723	27	18	1	13	1	27	13	8	1895	3	178	29
7500-8000	17.6	19	2367	59	509	22	25	2	12	0	18	6	7	1522	2	63	26
8000-8500	18.7	13	2021	11	485	4	10	0	9	1	8	11	4	1370	1	28	27
8500-9000	19.8	9	1735	12	393	3	18	1	9	0	13	7	2	1419	0	18	34
9000-9500	20.9	5	1260	1	393	0	10	0	6	0	17	7	0	1346	0	23	52
9500-10000	22.0	2	796	2	383	0	3	0	4	0	18	10	1	1453	0	46	87
10000-10500	23.1	3	449	0	379	0	6	1	4	0	20	9	0	1484	0	104	124
10500-11000	24.3	3	213	0	417	0	2	0	3	0	10	12	0	1544	0	167	102
11000-11500	25.4	0	109	0	433	0	4	0	1	0	7	15	0	1588	0	214	103
11500-12000	26.5	1	50	0	433	0	2	0	0	0	2	7	0	1730	0	152	62
12000-12500	27.6	0	36	0	544	0	2	0	2	0	3	13	0	1897	0	145	57
12500-13000	28.7	0	17	0	550	0	6	1	0	0	0	18	0	2451	0	187	51
13000-13500	29.8	1	18	1	612	0	7	1	0	0	1	15	0	3088	0	278	45
13500-14000	30.9	0	17	0	776	0	9	0	0	0	0	21	0	4081	0	369	47
14000-14500	32.0	1	7	0	903	0	11	0	0	0	0	15	0	4824	0	483	64
14500-15000	33.1	0	5	0	983	0	13	0	0	0	0	18	0	4804	0	581	85
15000-15500	34.2	0	3	0	924	0	16	0	0	0	0	14	0	4671	0	664	98
15500-16000	35.3	0	2	0	744	0	16	0	0	0	0	21	0	4097	0	655	139
16000-16500	36.4	0	1	0	526	0	18	0	0	0	0	6	0	3022	0	630	164
16500-17000	37.5	0	0	0	367	0	35	0	0	0	0	11	0	1905	1	557	193
17000-17500	38.6	0	0	0	189	0	32	0	0	0	0	1	0	975	0	425	279
17500-18000	39.7	0	0	0	106	0	37	0	0	0	0	2	0	468	0	247	360
18000-18500	40.8	0	0	0	76	0	44	0	0	0	0	2	0	257	0	112	372
18500-19000	41.9	0	0	0	87	0	55	0	0	0	0	0	0	139	0	46	432
19000-19500	43.0	0	0	0	86	0	67	0	0	0	0	0	0	62	0	24	446
19500-20000	44.1	1	0	0	99	0	101	0	0	0	0	0	0	26	0	13	439
20000-20500	45.2	0	0	0	58	0	88	0	0	0	0	1	0	16	0	4	401
20500-21000	46.3	0	0	0	50	0	74	0	0	0	0	0	0	10	0	9	454
21000-21500	47.4	2	0	0	43	0	55	0	0	0	0	0	0	6	0	2	405
21500-22000	48.5	0	0	0	25	0	58	0	0	0	0	0	0	5	0	2	260
22000-22500	49.6	0	0	0	13	0	66	0	0	0	0	0	0	6	0	0	166
22500-23000	50.7	0	0	0	16	0	61	0	0	0	0	0	0	1	0	1	128
23000-23500	51.8	0	0	0	12	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	2	102
23500-24000	52.9	0	0	0	6	0	39	0	0	0	0	0	0	3	0	0	109
24000-24500	54.0	0	0	0	1	0	21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	80
24500-25000	55.1	0	0	0	2	0	15	0	0	0	0	0	0	2	0	0	66
25000-25500	56.2	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
25500-26000	57.3	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	26
26000-26500	58.4	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11
26500-27000	59.5	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
27000-27500	60.6	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
27500-28000	61.7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
28000-28500	62.8	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
28500-29000	63.9	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29000-29500	65.0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
29500-30000	66.1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30000-30500	67.2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30500-31000	68.3	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31000-31500	69.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31500-32000	70.5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A5: Frecuencia de vehículos encuestados en la Estación Ruta 2 – Florencio del Castillo sentido Cartago-San José

Carga (Kg)	Carga (Kips)	C2		C3		C4		T2-S1		T3-S1			T3-S2		T3-S3		
		Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tridem	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje simple (1 llanta)	Eje simple (dual)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje simple (1 llanta)	Eje Tandem	Eje Tridem
0-500	1.1	38	37	1	0	0	0	8	18	2	2	1	18	3	6	0	0
500-1000	2.2	435	329	12	0	0	0	10	14	0	0	0	22	6	4	0	0
1000-1500	3.3	5660	3089	3	1	3	0	14	12	0	4	0	17	3	4	0	0
1500-2000	4.4	28390	13136	8	0	1	0	23	46	2	7	0	18	5	1	0	0
2000-2500	5.5	18642	14073	18	3	1	0	16	42	1	37	0	24	9	2	0	0
2500-3000	6.6	11801	10967	126	4	10	0	10	31	0	33	1	43	13	6	0	0
3000-3500	7.7	10328	9715	472	6	36	0	16	44	9	15	0	349	203	16	0	0
3500-4000	8.8	9902	9881	1422	12	92	0	9	26	37	27	0	4532	1006	273	1	2
4000-4500	9.9	7004	7951	3030	10	172	1	67	19	130	9	7	21255	2785	2578	1	4
4500-5000	11.0	3771	6065	4183	85	289	0	47	21	110	15	11	19939	5640	3739	8	28
5000-5500	12.1	1720	4674	4881	462	388	1	7	8	44	20	14	3347	4849	1191	50	79
5500-6000	13.2	672	3844	3762	907	342	1	6	12	6	22	22	265	5278	86	80	115
6000-6500	14.3	233	2835	1779	1182	154	7	5	6	1	28	30	14	4229	3	65	87
6500-7000	15.4	72	2461	481	899	54	4	1	4	0	26	17	7	2564	1	111	70
7000-7500	16.5	17	2136	108	967	22	3	4	5	2	37	14	5	2049	3	53	44
7500-8000	17.6	15	1932	37	468	9	7	2	9	0	21	11	9	1514	3	43	29
8000-8500	18.7	4	1766	6	432	2	6	2	16	0	17	7	5	1593	1	16	25
8500-9000	19.8	4	1555	5	473	0	15	0	24	0	9	9	1	1526	0	27	16
9000-9500	20.9	3	1037	4	445	0	13	0	23	0	4	9	2	1828	0	29	22
9500-10000	22.0	2	624	1	384	0	7	0	48	0	2	4	1	2006	0	34	18
10000-10500	23.1	0	314	0	463	0	10	0	49	0	3	11	0	2091	0	45	29
10500-11000	24.3	2	149	0	519	0	7	0	14	0	0	15	0	2111	0	40	19
11000-11500	25.4	0	87	0	453	0	10	0	2	0	4	9	0	2369	0	52	22
11500-12000	26.5	0	21	0	502	0	7	0	0	0	1	14	0	2272	0	57	26
12000-12500	27.6	0	19	0	572	0	11	0	3	0	1	16	0	1979	0	81	32
12500-13000	28.7	0	12	0	616	0	5	0	0	0	0	14	0	2131	0	89	32
13000-13500	29.8	0	5	0	629	0	6	0	0	0	0	11	0	2644	0	163	33
13500-14000	30.9	1	1	0	886	0	5	0	0	0	5	0	0	3472	0	266	33
14000-14500	32.0	0	1	0	1265	0	6	0	0	0	8	0	0	4958	0	598	37
14500-15000	33.1	1	1	0	1320	0	3	0	0	0	0	15	0	6725	0	979	32
15000-15500	34.2	0	0	0	1622	0	13	0	0	0	0	16	1	7509	0	1351	39
15500-16000	35.3	0	0	0	1822	0	15	0	0	0	0	14	0	8146	0	1326	62
16000-16500	36.4	0	0	0	1520	0	17	0	0	0	0	14	0	6952	0	934	80
16500-17000	37.5	0	0	0	873	0	24	0	0	0	0	8	0	5095	1	668	141
17000-17500	38.6	0	0	0	295	0	38	0	0	0	0	13	0	2619	0	350	211
17500-18000	39.7	0	0	0	97	0	76	1	0	0	0	3	1	946	0	191	184
18000-18500	40.8	0	0	0	46	0	81	0	0	0	0	1	0	341	0	90	321
18500-19000	41.9	0	0	0	20	0	92	0	0	0	0	0	0	146	0	55	515
19000-19500	43.0	0	0	0	12	0	100	0	0	0	0	0	0	72	0	34	687
19500-20000	44.1	0	0	0	16	0	115	0	0	0	0	0	0	36	0	13	873
20000-20500	45.2	0	0	0	13	0	128	0	0	0	0	0	0	12	0	7	951
20500-21000	46.3	0	0	0	11	0	113	0	0	0	0	0	0	8	0	3	972
21000-21500	47.4	0	0	0	7	0	120	0	0	0	0	0	0	2	0	3	745
21500-22000	48.5	0	0	0	9	0	121	0	0	0	0	0	0	3	0	1	510
22000-22500	49.6	0	0	0	2	0	115	0	0	0	0	0	0	3	0	0	363
22500-23000	50.7	0	0	1	2	0	127	0	0	0	0	0	0	1	0	1	218
23000-23500	51.8	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
23500-24000	52.9	0	0	0	2	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
24000-24500	54.0	0	0	0	1	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
24500-25000	55.1	0	0	0	3	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13
25000-25500	56.2	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
25500-26000	57.3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
26000-26500	58.4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
26500-27000	59.5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
27000-27500	60.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
27500-28000	61.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28000-28500	62.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28500-29000	63.9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29000-29500	65.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29500-30000	66.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30000-30500	67.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30500-31000	68.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31000-31500	69.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31500-32000	70.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO B

Factores de equivalencia de daño del Asphalt Institute, para pavimentos flexibles con un $p_t=2.5$ y SN= 5

Carga (Kg)	Carga (kips)	Eje Simple	Eje Tándem	Eje Tridem
500	1.10	0.00003	0.00001	0.00001
1000	2.20	0.0002	0.00005	0.00002
1500	3.31	0.001	0.0001	0.0001
2000	4.41	0.003	0.0003	0.0001
2500	5.51	0.007	0.001	0.0002
3000	6.61	0.016	0.001	0.0004
3500	7.72	0.029	0.003	0.001
4000	8.82	0.052	0.004	0.001
4500	9.92	0.085	0.007	0.002
5000	11.02	0.132	0.010	0.003
5500	12.13	0.198	0.015	0.004
6000	13.23	0.284	0.021	0.005
6500	14.33	0.396	0.030	0.007
7000	15.43	0.538	0.041	0.009
7500	16.53	0.712	0.054	0.012
8000	17.64	0.922	0.071	0.016
8500	18.74	1.17	0.092	0.020
9000	19.84	1.47	0.12	0.026
9500	20.94	1.81	0.15	0.032
10000	22.05	2.20	0.18	0.040
10500	23.15	2.65	0.22	0.049
11000	24.25	3.15	0.27	0.059
11500	25.35	3.72	0.33	0.072
12000	26.46	4.36	0.39	0.086
12500	27.56	5.08	0.46	0.102
13000	28.66	5.88	0.55	0.120
13500	29.76	6.77	0.64	0.141
14000	30.86	7.8	0.74	0.164
14500	31.97	8.8	0.85	0.190
15000	33.07	10.1	0.979	0.219
15500	34.17	11.4	1.12	0.252
16000	35.27	12.9	1.27	0.288
16500	36.38	14.5	1.43	0.327
17000	37.48	16.3	1.61	0.371
17500	38.58	18.3	1.81	0.419
18000	39.68	20.4	2.02	0.471

Carga (Kg)	Carga (kips)	Eje Simple	Eje Tándem	Eje Tridem
18500	40.79	22.8	2.24	0.53
19000	41.89	25.4	2.49	0.59
19500	42.99	28.2	2.75	0.66
20000	44.09	31.3	3.03	0.73
20500	45.19	34.6	3.32	0.81
21000	46.30	38.3	3.64	0.89
21500	47.40	42.2	3.98	0.98
22000	48.50	46.5	4.34	1.08
22500	49.60	51.1	4.72	1.18
23000	50.71	56.1	5.12	1.29
23500	51.81	61.5	5.55	1.41
24000	52.91	67.4	6.00	1.53
24500	54.01	73.7	6.48	1.66
25000	55.12	80.4	6.99	1.80
25500	56.22	87.7	7.52	1.94
26000	57.32	95.4	8.09	2.10
26500	58.42	104	8.68	2.26
27000	59.52	113	9.31	2.43
27500	60.63	122	10.0	2.61
28000	61.73	132	10.7	2.80
28500	62.83	143	11.4	3.00
29000	63.93	155	12.2	3.20
29500	65.04	167	13.0	3.42
30000	66.14	180	13.8	3.65
30500	67.24	194	14.7	3.88
31000	68.34	209	15.7	4.13
31500	69.45	225	16.7	4.39
32000	70.55	241	17.7	4.65
32500	71.65	259	18.8	4.93
33000	72.75	278	20.0	5.23
33500	73.85	297	21.2	5.53
34000	74.96	318	22.4	5.84
34500	76.06	340	23.7	6.17
35000	77.16	363	25.1	6.51
35500	78.26	388	26.6	6.86
36000	79.37	414	28.1	7.23