

JORNADAS DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA 2010

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

Ing. Gustavo A. Badilla Vargas

*Unidad de Investigación en Infraestructura Vial(UI)
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Tel: (506) 2511-4994
E-mail: gustavo.badilla@ucr.ac.cr*

RESUMEN:

En julio del 2007, la Unidad de Investigación del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) presentó el Proyecto de Investigación Encuesta de Carga: Determinación de Factores Camión en Pavimentos de Costa Rica. En este proyecto se determinaron los Factores Camión por tipo de vehículo y se compararon con los Factores Típicos empleados para el diseño. Los resultados evidenciaron que los factores utilizados hasta ese momento subestimaban el peso real de los vehículos, y la necesidad de controlar el peso de los vehículos, para evitar el deterioro de los pavimentos y obras existentes.

Concientes de las debilidades en el control de cargas y a la ausencia de puestos de pesaje en las principales rutas del país, Ministerio de Transportes MOPT-CONAVI iniciaron la contratación de servicios de pesaje móvil para el control de vehículos de carga en varias rutas nacionales.

El presente proyecto de investigación utiliza la base de datos de los puestos de pesaje móvil, y realiza un análisis similar al realizado en julio del 2007 para determinar la existencia o no de variaciones en los Factores Camión antes y después de la implementación del control del pesaje.

ABSTRACT:

In July, 2007, the Research Unit of the National Laboratory of Materials and Structural Models (LanammeUCR) presented the Research Report Load Traffic Survey: Truck Factor on Costa Rica's Pavements. In this report the Truck Factor calculated was compared with the Typical Truck Factor used to design pavements. The results showed that the Typical Truck Factor used in Costa Rica underestimate the Actual Load of the Vehicles. Also, it confirms that the Traffic Load Control is necessary to avoid the pavement deterioration and other buildings.

Became aware that the weak the Traffic Load Control and the lack of Weighing Stations in the main routes of the country, the Department of Transportation MOPT-CONAVI started the Mobile Weighing Stations Hiring to control the load truck in some national routes.

This research uses the database of the Mobile Weighing Stations and calculates the newest Truck Factors. Afterthen, its are comparing with the Truck Factor 2007 to determine changes before and after Traffic Load Control.

PALABRAS CLAVES:

Factor camión, clasificación vehicular, ejes equivalentes de diseño.



INTRODUCCIÓN

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 las siguientes (Vega & 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 & 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. Teniendo en cuenta que cargas de tránsito mayores a las reglamentarias producen deterioros mayores, se puede entender una de las razones del porqué en Costa Rica se presentan fallas en los pavimentos antes de cumplir su vida útil.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la existencia o no de variaciones en los Factores Camión, antes y después de la implementación del control de pesaje con el uso de estaciones de pesaje móvil.

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.



Principios del Control del Peso

El control de peso y cargas se fundamenta en tres aspectos:

Seguridad Vial. El exceso de peso en los vehículos disminuye las características de seguridad de los vehículos (frenos, dirección, estabilidad). Un exceso por eje en un vehículo, puede indicar una mala estibación que puede dar como consecuencia un volcamiento del mismo. Asimismo, un exceso de peso provoca un mayor calentamiento de los frenos al requerirse mayor presión para el frenado, además de requerirse una distancia de frenado mayor al aumentar la inercia sobre el frenado del vehículo.

Conservación Vial. El exceso de peso en los vehículos produce mayores esfuerzos dentro de la estructura del pavimento, que producen mayores deterioros en periodos más cortos, lo que se refleja en la destrucción de la infraestructura y la reducción de la vida útil de la red vial.

Competencia Desleal. El exceso de peso tiene una repercusión importante en el sector del transporte por carretera que determina un aumento irregular de la oferta. Por ejemplo, diez furgones con dos toneladas de exceso cada uno, prácticamente le quitan el trabajo a otro furgón. Cuanto mayor sea el exceso del peso mayor será el aumento irregular de la oferta y en consecuencia mayor la distorsión del mercado del transporte por carretera.

Debido a estos motivos, entre muchos otros, es que el control de peso ha sido una de las mayores preocupaciones para la Administración, por lo que generalmente esta dispone de equipos de pesaje tanto fijos como móviles.

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. Esta vigilancia además de 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.

En el caso de Costa Rica, la reglamentación oficial se presenta en el diario oficial La Gaceta No.13 del miércoles 19 de enero del 2005, en el cual se modificó el Reglamento de Circulación por Carretera con base en el peso y las dimensiones de los vehículos de carga, este documento presenta tablas con las normativas para el peso máximo para cada eje de vehículo. En la Tabla 1 se presenta un resumen de la información más importante.

Tabla 1.- Pesos máximos permitidos por eje

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

Fuente: (La Gaceta No.13, 2005)

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. Cualquier tipo de equipo mecánico se vuelve menos productivo debido al uso con abuso de su capacidad límite.

El Control de Cargas: 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 fue 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 el 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 1 la acumulación anual de cargas o ejes equivalentes (ESALs) para tres escenarios distintos (Badilla, Allen, Ulloa y Sibaja, 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)

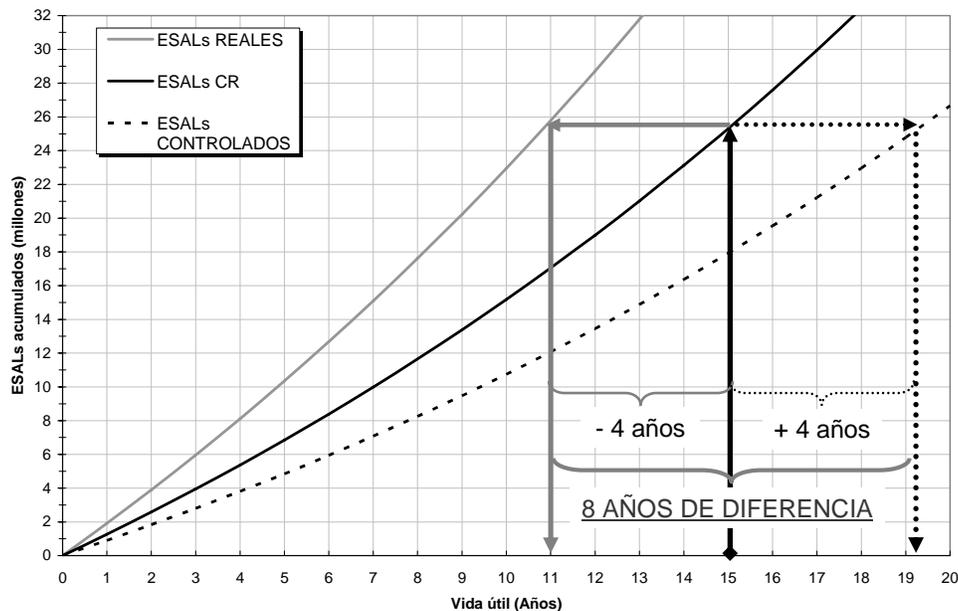


Figura 1.- Comparación de ejes equivalentes de diseño en función de la vida útil del pavimento. *Fuente: (El Autor)*

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.

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, Ochomogo y Ruta 1, Cañas, ver Figura 2). 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.

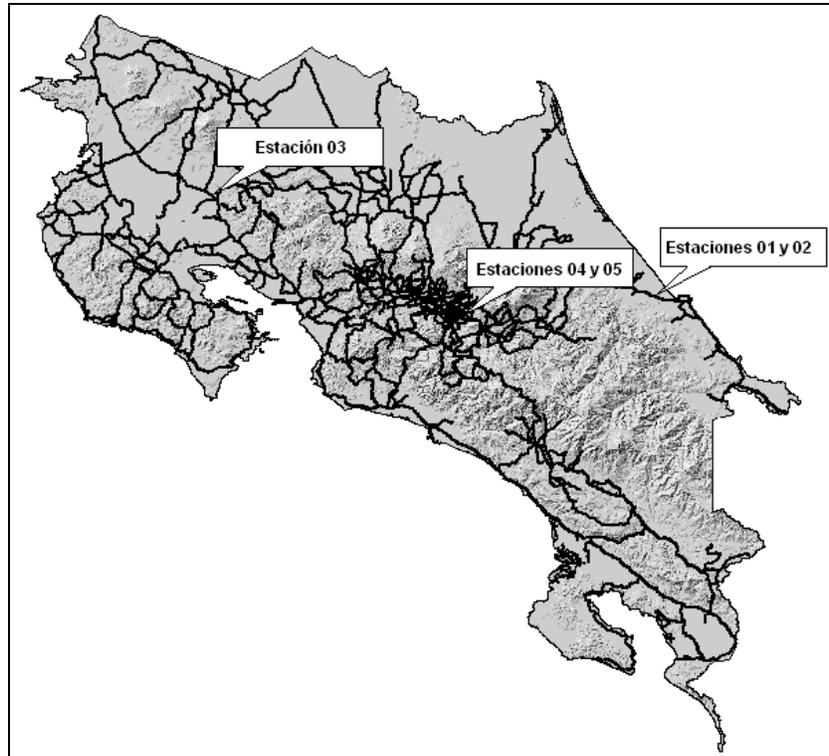


Figura 2.- Ubicación de las estaciones de pesaje móvil. *Fuente: (El Autor)*

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. Braulio Carrillo. 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 2, se puede observar la distribución porcentual por tipo de vehículo en cada una de las estaciones de pesaje para más de 750,000 vehículos controlados durante el año 2009.

Tabla 2.- Distribución porcentual por tipo de vehiculo en las estaciones de pesaje móvil

Est.	Periodo	Total Veh. Controlados	Porcentaje por tipo de vehículo (%)						
			C2	C3	C4	T2-S1	T3-S1	T3-S2	T3-S3
Estación 01	Nov. 08	26,547	11.92	1.82	0.89	0.08	0.03	77.83	7.44
	Dic. 08	27,797	15.91	2.75	1.18	0.09	0.28	73.94	5.85
	Ene. 09	29,024	14.47	2.01	1.21	0.03	0.41	76.95	4.92
	Feb. 09	26,927	14.64	2.66	0.55	0.02	0.28	76.71	5.14
	Mar. 09	32,804	13.54	2.13	0.42	0.03	0.14	75.44	8.30
	Abr. 09	33,520	12.87	1.77	0.56	0.01	0.09	74.88	9.82
	May. 09	33,192	12.82	2.03	1.06	0.03	0.14	72.96	10.96
Estación 02	Nov. 08	13,279	12.70	2.80	0.02	0.17	0.03	78.40	5.88
	Dic. 08	29,587	13.87	3.50	0.08	0.03	0.21	77.18	5.12
	Ene. 09	31,078	13.36	3.00	0.01	0.03	0.30	78.12	5.18
	Feb. 09	28,785	13.45	3.32	0.10	0.01	0.16	77.06	5.90
	Mar. 09	33,617	12.13	2.65	0.22	0.03	0.21	78.78	5.98
	Abr. 09	32,305	12.56	2.31	0.08	0.02	0.15	84.67	0.22
	May. 09	33,628	11.61	2.53	0.23	0.03	0.19	78.29	7.13
Estación 03	Ene. 09	9,975	25.59	6.32	0.21	0.20	0.13	61.91	5.63
	Feb. 09	8,947	21.52	7.05	0.08	0.04	0.07	64.86	6.38
	Mar. 09	9,742	24.81	4.57	0.23	0.13	0.14	63.72	6.39
	Abr. 09	9,007	25.29	5.91	0.26	0.06	0.43	62.64	5.42
	May. 09	8,558	26.52	6.17	0.27	0.06	0.60	60.52	5.87
Estación 04	Ene. 09	23,306	55.63	12.41	0.83	0.33	0.24	26.34	4.22
	Feb. 09	29,490	59.49	10.08	0.61	0.15	0.20	24.88	4.59
	Mar. 09	33,370	64.73	7.56	0.34	0.05	0.07	23.15	4.10
	Abr. 09	22,312	47.15	11.82	0.73	0.20	0.43	33.91	5.76
	May. 09	37,837	67.42	7.47	0.77	0.11	0.21	20.35	3.67
Estación 05	Ene. 09	23,878	54.12	12.03	0.85	0.23	0.14	28.72	3.91
	Feb. 09	30,433	54.85	11.37	0.79	0.10	0.12	28.92	3.85
	Mar. 09	21,789	33.93	16.40	1.41	0.14	0.35	41.69	6.07
	Abr. 09	34,203	59.68	10.66	0.77	0.13	0.16	25.01	3.58
	May. 09	36,521	59.76	9.83	0.66	0.17	0.24	24.73	4.61

Fuente: (El Autor)

Por su parte en las Figuras 3, 4, 5, 6 y 7 se puede observar la variación temporal de los factores camión para cada una de las estaciones de pesaje móvil:

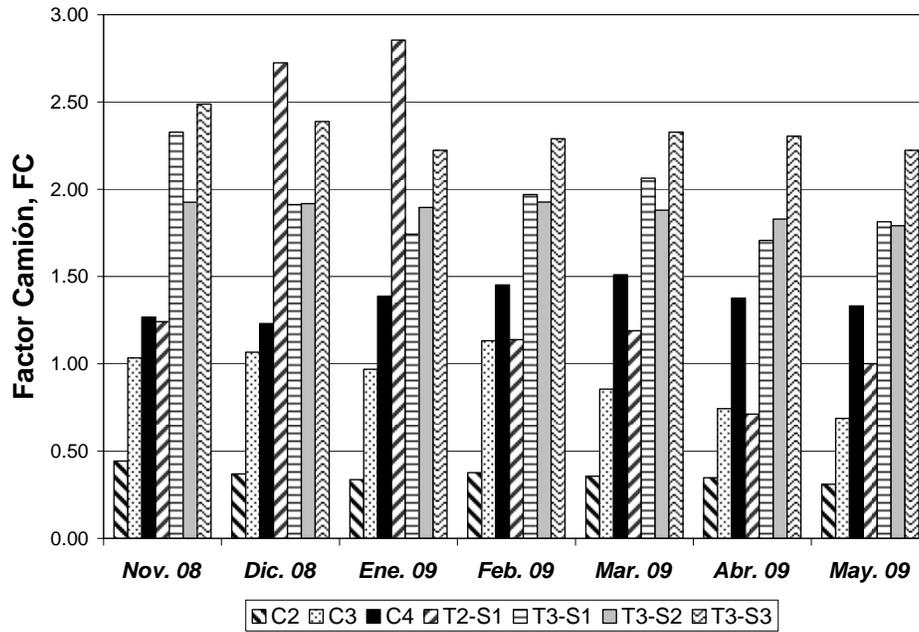


Figura 3.- Variación Temporal del Factor Camión Estación 01: Sentido San José - Limón (Ruta N°32).
Fuente: (el Autor)

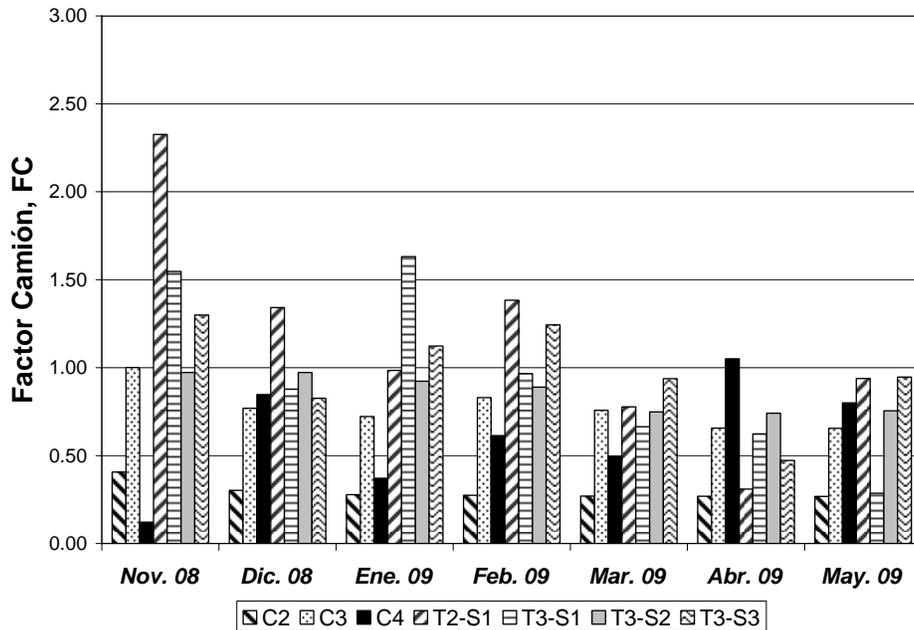


Figura 4.- Variación Temporal del Factor Camión Estación 02: Sentido Limón - San José (Ruta N°32).
Fuente: (el Autor)

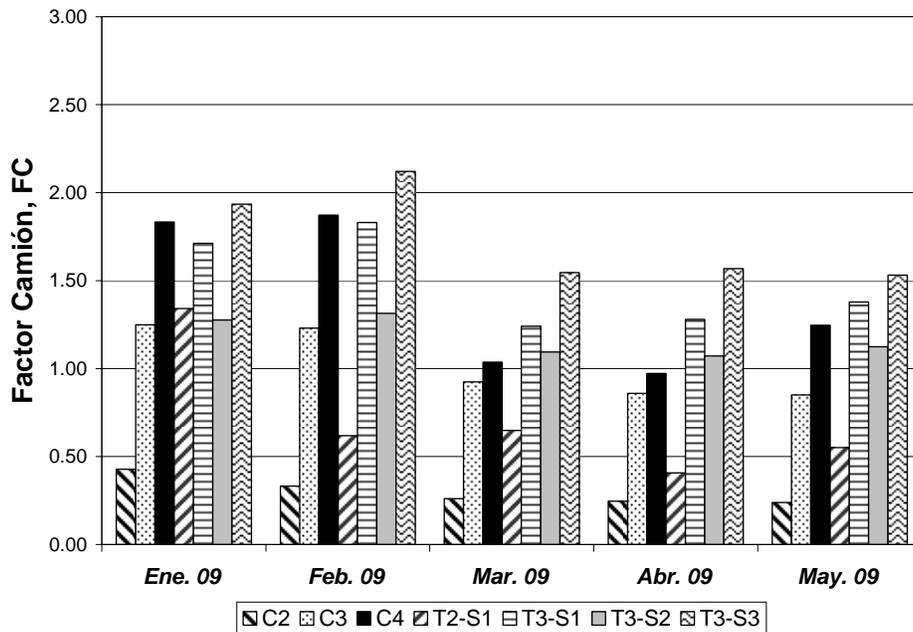


Figura 5.- Variación Temporal del Factor Camión Estación 04: Sentido San José - Cartago (Ruta N°02). Fuente: (el Autor)

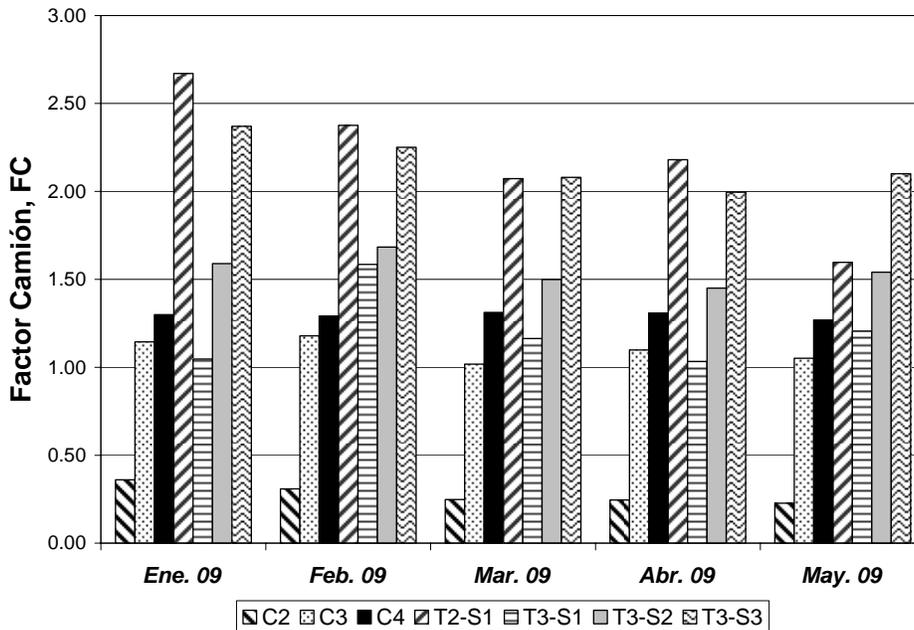


Figura 6.- Variación Temporal del Factor Camión Estación 05: Sentido Cartago - San José (Ruta N°02). Fuente: (el Autor)

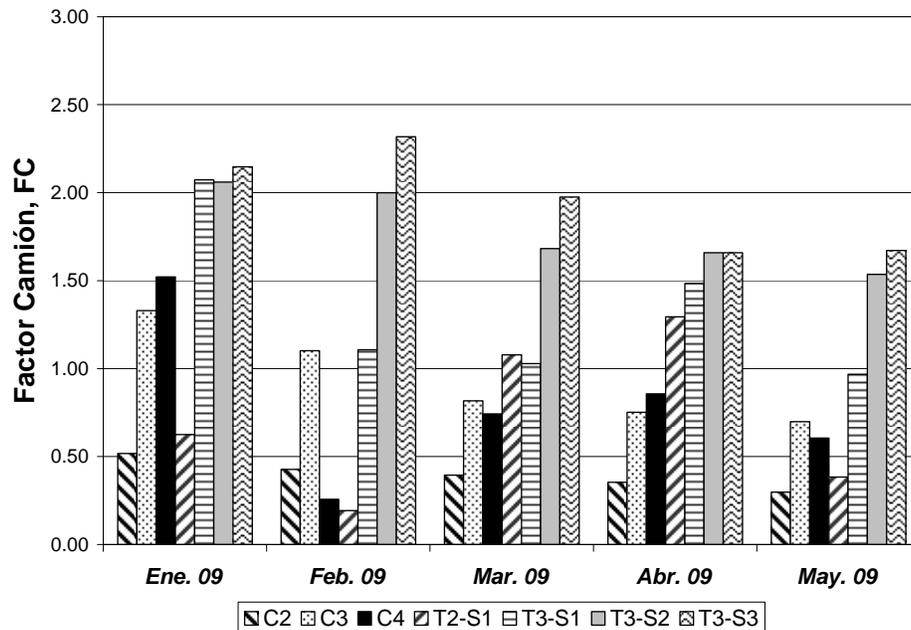


Figura 7.- Variación Temporal del Factor Camión Estación 03: Cañas (Ruta N°01). Fuente: (el Autor)

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 2, 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 de la Área Metropolitana. De esta manera, la composición vehicular varía en cada zona, lo que 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 sollicitación de cargas reales, con la frecuencia y composición vehicular específica del proyecto.

Para la obtención del factor camión de las distintas estaciones de pesaje móvil, se utiliza como base la Guía de Diseño AASHTO 1993. 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 importante aclarar que la utilización del factor camión en la Guía de Diseño de la AASHTO 1993 es de enorme trascendencia para calcular los ejes equivalentes (ESALs), ya que si se utilizan valores por debajo de los reales, no se consideran las cargas que realmente va a sufrir el pavimento y por ende la estructura podría fallar prematuramente.

A continuación, en la Tabla 3, se realiza una comparación del Factor Camión Típico: a) utilizado para diseño en Costa Rica usado tradicionalmente por el MOPT-CONAVI; b) los obtenidos en la encuesta de carga del LanammeUCR del 2007 y c) los calculados con los datos de las estaciones de pesaje móvil en el 2009.

Tabla 3.- Comparación de factores camión típicos y los obtenidos en el año 2007 y en el año 2009

Tipo de vehículo	Costa Rica MOPT-CONAVI	Lanamme 2007 Rango FC	Control de pesos 2009 Rango FC
Carga liviana (C2+)	0.39	0.01-0.23	-
2 Ejes (C2)	1.00	0.45-1.16	0.23-0.52
3 Ejes (C3)	1.45	1.97-3.77	0.65-1.33
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	2.10-4.23	0.74-2.06
T3-S3	-	-	0.47-2.49

Fuente: (el Autor)

De los resultados mostrados en la Tabla 3, 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, 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 solicitaciones 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 3, 4, 5, 6 y 7 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, 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. 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 esperamos se sigan aplicando a otras rutas nacionales.



CONCLUSIONES

- La importancia de establecer límites de peso a los vehículos de carga comerciales tiene implicaciones importantes cuando se consideran factores económicos, puesto que el sobrepeso con que circulan los vehículos produce la destrucción de la infraestructura y la reducción de la vida útil de la red vial.
- 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.
- En el ámbito financiero se hace insostenible para un país 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 reconstruir debido a diseños que no consideran las cargas reales.
- Las estaciones de pesaje permiten obtener información fidedigna para el diseño estructural de pavimentos.
- Los vehículos tipos C2, C3, T3-S2, T3-S3 constituyeron prácticamente el total de los vehículos de carga que circularon por las estaciones.
- 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



REFERENCIAS

1. **American Association of State Highway and Transportation Officials.** (1993) *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C, Estados Unidos.
2. **Badilla, G. & Allen, J. & Ulloa, A. & Sibaja, D.** (2007) *Encuesta de Carga: Determinación de Factores Camión*. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
3. **Hernández, J. & Fabela, M.** (2004) *Diseño y construcción de un prototipo para determinar el peso de vehículos ligeros en movimiento*. Publicación Técnica No. 247. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México.
4. **Modifican regulaciones para la operación del transporte de carga.** (2005, Enero 19). *Diario Oficial de Costa Rica La Gaceta* No. 13, pp. 2-5.
5. **Orb, C. & Vega, L.** (1995) *Control de Pesos de vehículos*. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
6. **Vega, L. & Vives, J.** (2009) *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.