

## **XVII CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO**

**Título del trabajo:** Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles para condiciones Argentinas.

**Autores:** Carlos Javier Vasquez Monteros y Fabián Schvartzter.

**Dirección:** Migueletes 2140 (C1428ASH) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires

**Número teléfono:** Javier: +54 9 11 60326921 Fabián: +54 9 11 57399768.

**E-mail:** jvcovasquez@gmail.com / fabians@peesa.com.ar - fschvartzter@yahoo.com.ar

### **RESUMEN:**

En la etapa de estudio, el diseño de pavimentos flexibles exige un adecuado conocimiento de la relación entre las cargas por eje y los agentes que determinan la vida útil de estas estructuras. Un factor importante para determinar esa relación es el denominado factor de equivalencia de daño/carga (LEF – *Load Equivalency Factor*), que se utiliza para cuantificar los efectos del daño de diferentes configuraciones de ejes y cargas en términos de un número equivalente de ejes estándares.

La red Argentina de carreteras y el transporte asociado a esta poseen características propias que los diferencian de otros países por lo cual contar con modelos locales de factores de equivalencia de daño es indispensable para un adecuado dimensionamiento del pavimento.

Se realizó un estudio y análisis de las condiciones nacionales de tráfico, cargas, presiones de neumáticos, paquetes estructurales, módulos, espesores, subrasantes y clima de Argentina. Luego se analizaron los distintos modelos LEF que ya han sido estudiados en diferentes países del mundo, para proponer un modelo para las condiciones locales.

Se simuló mediante un software elástico multicapa el paso de diferentes tipos de ejes (simple, tándem y trídem) sobre diferentes tipos de pavimentos de características locales (Argentina). De la simulación se obtuvo la respuesta del pavimento con lo cual se calcularon y analizaron los factores de equivalencia de daño para cada uno de las tipologías de ejes características.

### **1 Introducción**

El transporte automotor cubre un 94 % de la demanda de transporte de cargas en Argentina, por lo que la infraestructura vial es fundamental en el desarrollo económico del país. Por ello, debe asegurarse el cumplimiento de la vida útil de dicha estructura controlando y asegurando la calidad en todas las etapas —estudio, construcción y mantenimiento— involucradas en su materialización.

En la etapa de estudio, el diseño de pavimentos flexibles exige un adecuado conocimiento de la relación entre las cargas por eje y los agentes que determinan la vida útil de estas estructuras. Un factor importante para determinar esa relación es el denominado

factor de equivalencia de daño/carga (LEF – *Load Equivalency Factor*), que se utiliza para cuantificar los efectos del daño de diferentes configuraciones de ejes y cargas en términos de un número equivalente de ejes estándares.

Esta investigación pretende desarrollar factores de equivalencia de daño para pavimentos flexibles en base a teorías racionales referidas a condiciones argentinas, ya que la red de carreteras y el transporte asociado a ésta poseen características propias que los diferencian de otros países. Para su desarrollo se tomó en cuenta la relación entre las cargas de vehículos, el desempeño del pavimento y las variables de diseño, con lo cual se estiman los efectos de las cargas de vehículos en el pavimento.

## 2 Antecedentes

En la década de 1870, el Cuerpo de ingenieros de puentes y carreteras de Francia, comenzó a tomar los censos de tránsito como un medio para calcular la superficie de desgaste en los caminos pavimentados. Para traducir animales y vehículos en superficie de desgaste, se designó al collar como unidad estándar de medición de tráfico. Un collar se definió como un solo animal arreando un vehículo cargado. Un par de animales arreando una carga pesada contaba como 2 collares. Con posterioridad al censo de Francia en 1904, a las motocicletas se les asignó 0.3 collares, a los vehículos con licencia para viajar a menos de 30km/h se les asignó 1 collar, y a los vehículos con licencia para viajar a más de 30km/h se les asignó 3 collares

En 1915, en EE.UU., la *Oficina de Caminos Públicos* estudió el tráfico en la carretera experimental *Rockville Pike*, cerca de Washington D.C. En el estudio se definieron los vehículos por la capacidad de carga, asignando pesos medios a varias clases de vehículos: 0.28 toneladas para vehículos tirados por caballos con ruedas de caucho, 2 toneladas para un automóvil y 2.4 toneladas para camiones de esa época.

Entre 1958 y 1960 la *Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales (AASHO)* realizó una prueba muy importante a escala real en Ottawa, Illinois que se la denominó *AASHO Road Test*. Seis pistas de prueba fueron construidas con distintas configuraciones. Se utilizó sólo un conjunto de materiales y un solo tipo de subrasante para cada tipo de pavimento. Una división del Ejército de los EE.UU., la *Transportation Corps*, condujo 200 vehículos alrededor de las pistas a una velocidad de 55km/h. [1]

Del *AASHO Road Test* se desarrollaron ecuaciones empíricas donde se determinó que los factores de equivalencia de carga por eje son función: del tipo de pavimento, de la capacidad estructural del mismo, del sistema de eje (simple, doble, triple), de la magnitud de la carga por eje y del índice de servicio. En 1972 se presentaron los factores de equivalencia solo para ejes simple y tandem. Luego en 1986 se anexó finalmente factores de equivalencia para ejes trídém.

La ecuación para calcular los LEF según AASHTO es la siguiente:

$$LEF = \log\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79 \log(18 + 1) - 4.79 \log(L_x + L_2) + 4.33 \log L_2 + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}} \quad (2.1)$$

$$G_t = \log \frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \quad (2.2)$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} * L_2^{3.23}} \quad (2.3)$$

$W_{tx}$  : Número aplicaciones de cargas de eje al final del tiempo  $t$ .

$W_{t18}$  : Número de aplicaciones de ejes sencillos de carga de 80kN (8.2Ton) al tiempo  $t$ .

$L_x$  : Carga sobre un eje sencillo, un eje tándem o un trídem.

$L_2$  : Código de eje: 1 para eje sencillo, 2 para tándem y 3 para trídem

$SN$  : Número estructural

$pt$  : Serviciabilidad final, que indica que las condiciones del pavimento se consideran como falladas.

$G_t$  : Función de  $pt$ .

La aplicabilidad de los resultados del *AASHO Road Test* a los pavimentos de otros países o zonas, presenta las limitaciones propias de todo método empírico, por lo que ha sido cuestionado desde hace largo tiempo por varios motivos, entre ellos: el medio ambiente (ciclos de congelamiento); los materiales de construcción utilizados fueron propios de la zona: mezcla asfáltica compuesta por piedra caliza triturada (árido grueso), arena gruesa silíceas, filler (polvo de piedra caliza) y asfalto de grado de penetración (85-100); además no circularon ejes trídem en el ensayo.

Existen diversos criterios de por qué los factores de daño AASHTO no se deben utilizar en otras zonas. *Irick* [2] concluye “del re-análisis hecho a los datos del *AASHO Road Test*, se llegó a la conclusión de que los LEF deben ser mayores que los recomendados por AASHTO”.

*Huang* [3] describe que el efecto del índice de serviciabilidad ( $pt$ ) y el número estructural ( $SN$ ) en el cálculo de LEF es errático y no es completamente consistente con la teoría.

Por otro lado *Deacon* [4] llevó a cabo un análisis teórico de los factores de daño basado en la teoría de capas y presentó un modelo de daño asumiendo el valor 4 para el exponente  $n$ .

$$LEF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} = \left(\frac{\epsilon_x}{\epsilon_{18}}\right)^4 = \left(\frac{L_x}{L_s}\right)^4 \quad (2.4)$$

Donde  $W_{t18}$  es el número de aplicaciones de cargas de 18 kips por eje en un tiempo  $t$ ,  $W_{tx}$  es el número de aplicaciones de ejes de carga cualquiera por eje, en un tiempo  $t$ ,  $\epsilon_x$

es la deformación unitaria por tracción debido a un eje de carga,  $\epsilon_{18}$  es la deformación unitaria por tracción debido a un eje de carga simple de 18kip,  $L_x$  es la carga en Kips de un eje simple, tándem o trídem y  $L_s$  es la carga en Kips de un eje estándar.

A finales de la década de los 80 la OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) construyó un laboratorio de ensayo acelerado en Nantes - Francia, para investigar el exponente  $n$  y cotejarlo con la ley de la cuarta potencia (*Ecuación ( 2.4 )*). Una comparación entre cargas por eje de 100kN (10.2 Ton) y 115kN (12.9 Ton) se llevó a cabo en forma simultánea. *Huhtala* en 1989 informó que el valor de  $n$  varió entre 1,80 y 6,68 en función del porcentaje de fisuración y entre 2,40 y 8,74 basado en la fisura longitudinal. La OECD concluyó que la ley de la cuarta potencia constituye sólo una descripción general y es una aproximación del poder de daño de las cargas por eje. También se observó que existe una amplia variación en el exponente  $n$  entre 2 y 9, que se produjo en función del grado de deterioro del pavimento y del criterio utilizado para la comparación. [5]

### 3 Valores de entrada considerados para confeccionar el modelo LEF

#### 3.1 Pesos y configuración de ejes

Los parámetros de carga y configuración de ejes son uno de los elementos clave requeridos para el análisis. Para obtener información para condiciones locales se utilizó el estudio de *Bavdaz* [6] en el cual analizaron los espectros de carga por eje en base a la información proveniente de la *Autopista Acceso Oeste*, la cual conecta Provincia de Buenos Aires con Capital Federal y por donde pasan más de 450.000 camiones por año y aproximadamente 1.250 vehículos por día. En base al análisis del estudio se escogieron los siguientes valores de peso para la modelación:

- Eje simple rueda dual : 8.2, **10.5\***, 13 Ton
- Eje tándem – dual : 15, **18\***, 22.5 Ton
- Eje trídem – dual :13, 20, **25.5\***, 30.50 Ton

\*Valores máximos según ley de tránsito. Los pesos se presentan en toneladas para una mejor comprensión.

Del estudio también se extrajeron valores de configuración de ejes, para eje tándem una distancia de 1.32 m y para trídem de 1.26 m, y un espaciamiento entre ruedas duales de 30.40 cm.

Refente a presiones de inflado locales no se pudo obtener ningún estudio local concreto sobre el tema, el estudio mas cercano fue el de *Leomar* [7] dónde menciona que las presiones de inflado han ido en aumento desde la aparición en los años 70 de los neumáticos radiales, y que la presión promedio de inflado actual en Brasil está en 844kPa (120 psi). A raíz de este antecedente descripto en este apartado, se trabajará con presiones de inflado de 120 psi.

## 3.2 Materiales

### 3.2.1 Valores de módulo de mezcla asfáltica

Para obtener valores de módulo de mezcla asfáltica para condiciones locales, se utilizará la ecuación de *Witczak* recalibrada por *Martinez* [8]. La recalibración consiste en corregir el sesgo observado y considerar los ajustes a las condiciones locales referidas. De la recalibración resultó:

$$\log E^* = 5.280812 + 0.14729 \cdot p200 - 0.010276(p200)^2 - 0.114953Va - 1.692467 \left( \frac{Vb}{Vb + Va} \right) + \frac{1.791422 + 0.034422 \cdot p38 - 0.000716(p38)^2}{1 - e^{[-0.293418 - 1.174594(\log f) - 1.104758(\log \eta)]}} \quad (3.1)$$

$E^*$  : módulo (Mpa)

$\eta$  : viscosidad del ligante a la temperatura de ensayo, ( $10^6$  poises)

$f$  : frecuencia de carga del ensayo, Hz

$Va$  : contenido volumétrico de vacíos de aire (%)

$Vb$  : contenido volumétrico efectivo de ligante bituminoso (%)

\* $p34$  : porcentaje retenido acumulado en el tamiz # 3/4 (%)

$p38$  : porcentaje retenido acumulado en el tamiz # 3/8 (%)

\* $p4$  : porcentaje retenido acumulado en el tamiz # 4 (%)

$p200$  : porcentaje pasante por el tamiz # 200 (%)

\* Los coeficientes que afectan a  $p4$  y a  $p34$  en la regresión numérica fueron igual a cero.

Los husos granulométricos utilizados para alimentar el modelo de *Martinez* fueron el de normas argentinas: *Dirección Nacional de Vialidad (DNV)*, *Comisión Permanente del Asfalto (C.P.A)* y *Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (DVBA)*

Además, en base a normas mencionadas, se escogió como valores de entrada: porcentaje volumétrico de vacíos de aire de 4% y un contenido de ligante de 5.0% en peso. Las temperaturas utilizadas fueron 10°C, 18°C y 28°C que se explican mas adelante. Los tipos de cemento asfáltico empleados fueron AC-10, AC-20 y AC-30 que son los tres tipos utilizados en Argentina.

Se calcularon los módulos para cada una de las mezclas que se encuentran en las normas mencionadas. De los valores que se obtuvieron se eliminaron algunas mezclas asfálticas que no son representativas para el análisis, ni recomendadas para usar con el modelo de *Witczak - Martinez* como la mezcla tipo microconcreto asfáltico F10. De la lista de mezclas depuradas se obtuvieron los valores de módulo de mezcla asfáltica: 5.700MPa (10°C – 10Hz), 5.000MPa (18°C – 10Hz) y 3.100MPa (28°C – 10Hz). Estos valores escogidos se los comparó con algunos antecedentes bibliográficos que a continuación se presentan.

Tabla 3-1 Resumen con los valores de módulos sugeridos por cada autor/organismo para Diseño/Retrocálculo.

Autor	Tipo	Psi	MPa	Uso
Yoder (1973) y Huang (2004)	Mezcla Asfáltica	500.000	3.500	Diseño
AASHTO (1993)	Mezcla Asfáltica	450.000	3.100	
Stubstad FHWA(2006)	Mezcla Asfáltica/ Base Asfáltica / Arena-Asfálto	100.000 a 600.000	700 a 25.000	Retrocálculo
	Mezcla asfáltica abierta	51.000 a 500.000	350 a 3.500	
	Mezcal Reciclada en frío	29.000 a 435.000	200 a 3.000	
	Class 170 (tráfico liviano)	580.000	4.000	
People - Nueva Zelanda (2008)	Class 320 (tráfico medio)	800.000	5.500	Diseño
	Class 600 (tráfico pesado)	1.000.000	7.000	
	Concreto asfáltico	200.000	1.400	
FAA (2009)	Base Asfáltica	390.000	2.700	Retrocálculo
FAA (2011)	Concreto asfáltico	500.000	3.500	
	Base asfáltica	500.000	3.500	
Bell (2014) - Unv. Oregón	Concreto asfáltico	500.000	3.500	Diseño
Lilli (1997)	Concreto asfáltico	550.000	3.800	Evaluación

### 3.2.2 Propiedades de materiales granulares:

En la *Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario* en Argentina han trabajado en la determinación del módulo resiliente de suelos mediante el ensayo triaxial dinámico desde el año 1985. Con una vasta información de módulos, concluyen que el siguiente modelo es adecuado a la hora de proponer una estructura (para condiciones locales):

$$IMAE [9] \text{ (Rosario - Argentina)} \quad M_r \text{ (MPa)} = 18 \times CBR^{0.64} \quad (3.2)$$

El coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) es requerido para el cálculo del modelo de respuesta estructural, aunque su efecto en el cálculo de la respuesta del pavimento no es muy significativo. Como resultado, este parámetro es rara vez medido, por tal razón permite el uso de valores típicos en el análisis en lugar de recurrir a complejas pruebas de laboratorio, los valores utilizados fueron: Mezcla Asfáltica: 0.35; Base: 0.40; Subbase: 0.40 y Subrasante: 0.45

### 3.3 Configuración de espesores en los Pavimentos

Se realizó una recopilación bibliográfica internacional y además se seleccionaron espesores de algunos pavimentos de rutas nacionales argentinas para sustentar la configuración de espesores de pavimentos a escoger.

En la *Tabla 3-2* se presenta un resumen de espesores de valores escogidos para el estudio de ejes equivalentes y valores de algunas vías nacionales argentinas.

En base de los antecedentes descriptos, para esta investigación se han escogido: 5,15 y 30 cm para mezcla asfáltica; 12 y 20 cm para base; y 15 y 30 cm para subbase.

*Tabla 3-2 Resumen de espesores de valores escogidos por algunos organismos para el estudio de ejes equivalentes y resumen de valores de algunas vías nacionales Argentinas.*

Organismo/Autor	Tipo de capa	Espesores	
		Menor (cm)	Mayor (cm)
AASHO (1960)	HMA	2,5	15
	BG	7,5	23
Deacon (1969)	HMA	3,6	20
	BG	8,9	50
Santangelo (1980)	HMA	6,5	35,5
	BG		30
Lilli (1997)	HMA	5	24
	BG	12	18
Ruta Nacional 3, RN3.	HMA	19	45
	BG	15	40
Ruta Nacional 8, RN8,	HMA		30
	BG		30
Ruta Nacional 9, RN9.	HMA	11	44
	BG	40	70
Ruta Nacional 11, RN11.	HMA	16	39
	BG	10	50
Ruta Nacional 34, RN34.	HMA	31	50
	BG	15	20
Ruta Nacional 19, RN19.	HMA	15	46
	BG	15	40

HMA - Mezcla bituminosa de asfalto

BG - Base granular

### 3.4 Temperaturas locales

Ya que el objeto es contar con un modelo para condiciones argentinas, se escogieron valores de temperatura que abarquen todos los climas del país, con datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, con un historial de 30 años (1961 a 1990). Los valores presentados en la *Figura 3.2* son las temperaturas medias mensuales de cada mes de su correspondiente estación meteorológica. En principio se tomaron 21 estaciones meteorológicas, luego solo se tomaron los datos de 19 estaciones meteorológicas para el análisis estadístico. Las estaciones de Río Gallegos y Ushuaia no fueron tomadas en cuenta ya que por la infraestructura con la que cuentan no son representativas para este estudio.



Figura 3.1: Ubicación de las 21 estaciones meteorológicas.

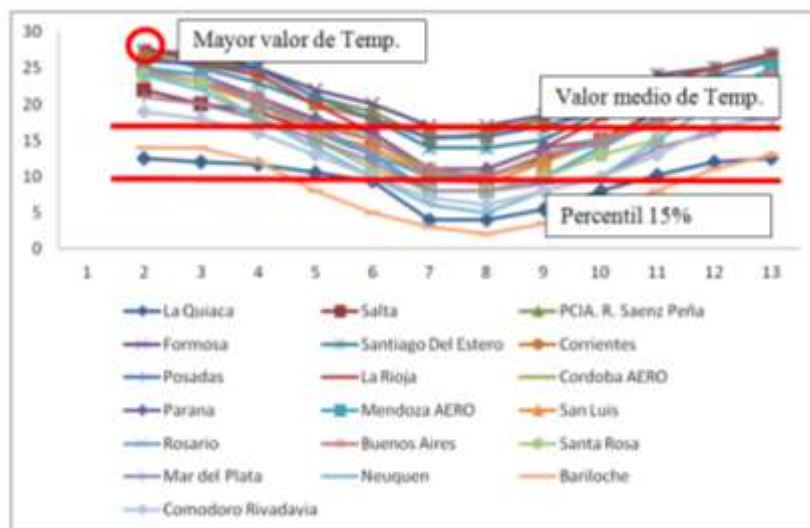


Figura 3.2: Temperaturas medias mensuales de 19 estaciones meteorológicas.

Las temperaturas escogidas fueron 28°C, 18°C y 10°C. Estas permiten realizar el barrido por todas las características de Argentina. Se escogió el mayor valor, el valor medio y el percentil 15.

### 3.5 Modelos de daño o funciones de transferencia.

#### 3.5.1 Agrietamiento o fisuración por fatiga

La fisuración por fatiga implica la formación progresiva de grietas bajo cargas repetitivas y la falla se define generalmente cuando la superficie del pavimento está cubierta por un porcentaje alto de grietas.



Modelo de fatiga para número de repeticiones de carga, MEPDG 2004:

$$N_f = 0.00432 * k_1 * C(\epsilon_t)^{-3.9492} E^{-1.281} \quad (3.3)$$

$$C = 10^{4.84 \left( \frac{V_b}{V_b + V_a} - 0.69 \right)} \quad (3.4)$$

$$K_1 = \frac{1}{0.000398 + \frac{0.003602}{1 + e^{11.02 - 3.49 * h_{ac}}}} \quad (3.5)$$

- $N_f$  : Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga.  
 $E_t$  : Deformación unitaria por tracción en la zona crítica.  
 $E$  : Rigidez del material.  
 $V_b$  : Contenido efectivo de asfalto en volumen (%).  
 $V_a$  : Vacíos de aire (%).  
 $h_{ac}$  : Espesor de la capa bituminosa (pulgadas).  
 $K_1, C$  : Factores de correlación.

### 3.5.2 Ahuellamiento

La siguiente ecuación se utiliza para relacionar el número de aplicaciones de carga y las deformaciones unitarias por compresión en la superficie de la subrasante.

*Instituto del Asfalto* [10] (1982): 
$$N_d = 1.365 \times 10^{-9} x \epsilon_c^{-4.477} \quad (3.6)$$

- $N_d$  : Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuellamiento de la superficie del pavimento,  
 $\epsilon_c$  : Deformación unitaria por compresión en la superficie de la subrasante.

En esta investigación las funciones de transferencia utilizadas en el caso de fisuración por fatiga son las de la guía MEPDG 2004 y en el caso de ahuellamiento las del Instituto del Asfalto 1982, se utilizaron estas dos ecuaciones ya que fueron las que más se adaptaron a la información que se contaba.

### 3.6 Propiedades del programa

En esta investigación se utilizó el software *KENPAVE (KENLAYER)* el cual fue escrito por *Yang H. Huang* de la *Universidad de Kentucky* en entorno visual basic. La columna vertebral del programa es la solución del sistema elástico multicapa bajo una carga de área circular, el que permite la solución superpuesta de ejes múltiples como tándem o trídem.

### 3.7 Resumen valores de entrada:

Los valores escogidos de módulos y espesores que componen las secciones de pavimento son:

Concreto asfáltico:	3100MPa, 5000MPa y 5700MPa, h = 5cm, 15cm y 30cm
Base:	CBR = 80 y 120; h = 12cm y 20cm
Subbase:	CBR = 20, y 60; h = 15cm, 30cm
Subrasante:	CBR = 3, 5, 8 y 15.
Relación de Poisson:	Mezcla Asfáltica: 0.35; Base: 0.40; Subbase: 0.40 y Subrasante: 0.45

Se combinaron espesores y módulos de cada capa, por lo que se obtuvieron 576 combinaciones diferentes de paquetes estructurales.

A cada paquete estructural se lo modeló en el programa KENPAVE para simular el paso de los diferentes ejes con sus respectivos pesos. A continuación un resumen de los pesos y configuraciones de ejes:

#### Pesos, configuración de ejes y presiones a utilizar:

Eje simple rueda dual	: 8.2, 10.5*, 13	Ton
Eje tándem – dual	: 15, 18*, 22.5	Ton
Eje trídem – dual	: 13, 20, 25.5*, 30.50	Ton

\* Pesos máximos según ley de tránsito (Ley 24.449 Decreto 779/98. Decreto 79/98.). Los pesos se presentan en toneladas para una mejor comprensión.

Distancia entre ejes, para eje tándem 1.32 m y para eje trídem 1.26 m, y un espaciamiento entre ruedas duales de 30.40 cm. Presiones de inflado de 120 psi.

## **4 Procedimiento y Análisis para formular un modelo LEF**

### 4.1 Determinación del daño

Con las 5.184 corridas que se realizaron con el software KENPAVE se obtuvieron los valores de salida del programa con los que se calculó el daño que le produce cada eje al pavimento, para luego relacionar cada daño con un eje estándar, en este caso se escogió como eje estándar 8.2 toneladas. El daño en cada eje se calculó según la hipótesis de *Miner*, en la cual el daño es el inverso del número de repeticiones de carga hasta la falla y donde *Nf* (número de repeticiones admisibles) es la resistencia a la fatiga del pavimento.

$$Daño = \frac{1}{Nf} \quad (4.1)$$

Para relacionar el daño de cada eje con un eje estándar se ha utilizado la siguiente relación:

$$LEF_{eje} = \frac{Daño_{eje}}{Daño_{ejes\_standar}} = \frac{1/Nf_{eje}}{1/Nf_{standar}} = \frac{Nf_{standar}}{Nf_{eje}} \quad (4.2)$$

$Nf$  : Número de repeticiones admisibles

#### 4.2 Análisis de valores calculados.

Se obtuvieron valores para ejes simple, tándem y trídem; a estos valores se los analizó y se los presenta a continuación en tres figuras – simple, tándem y trídem- donde se grafican los LEF (eje y) en función del número estructural ( $SN$ ) (eje x):

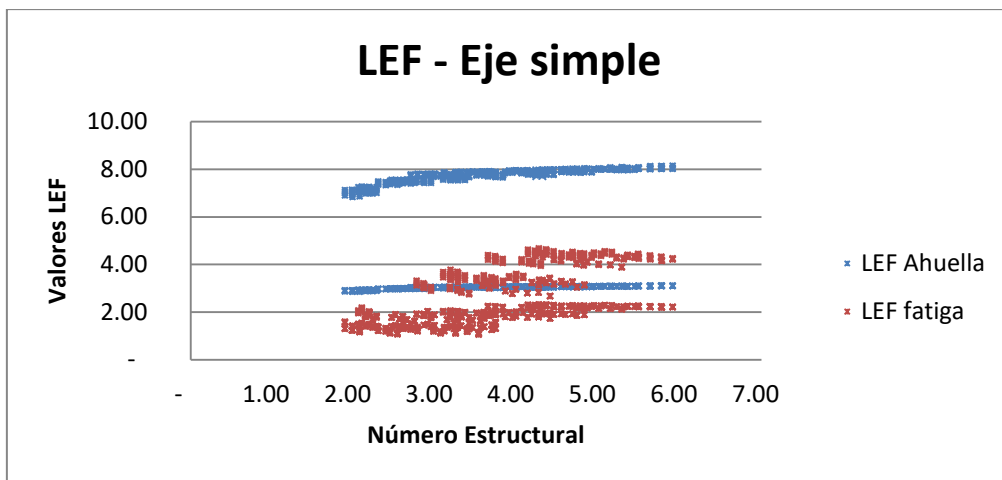


Figura 4.1 - LEF Eje Simple vs Número Estructural (SN).

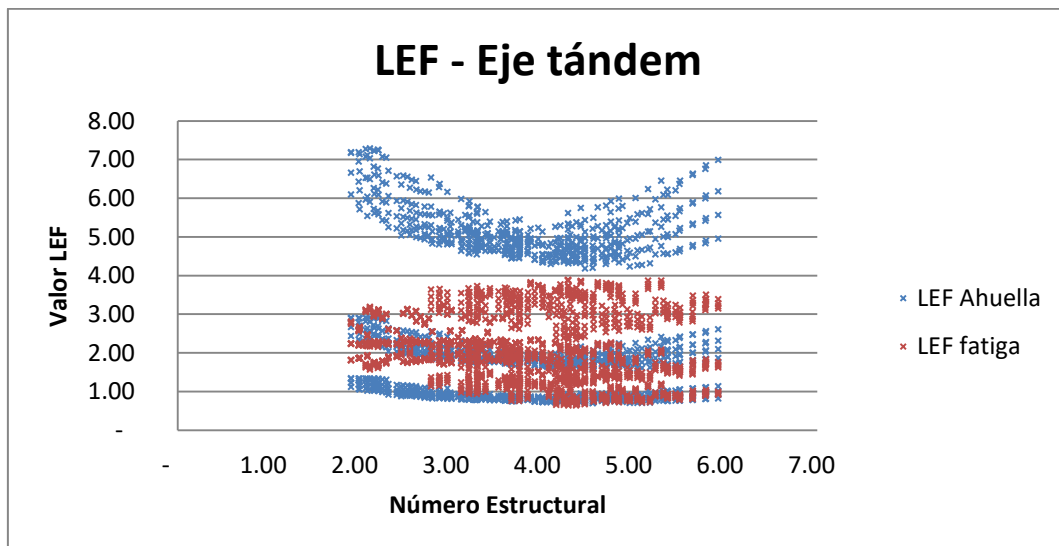


Figura 4.2 - LEF Eje Tándem vs Número Estructural (SN).

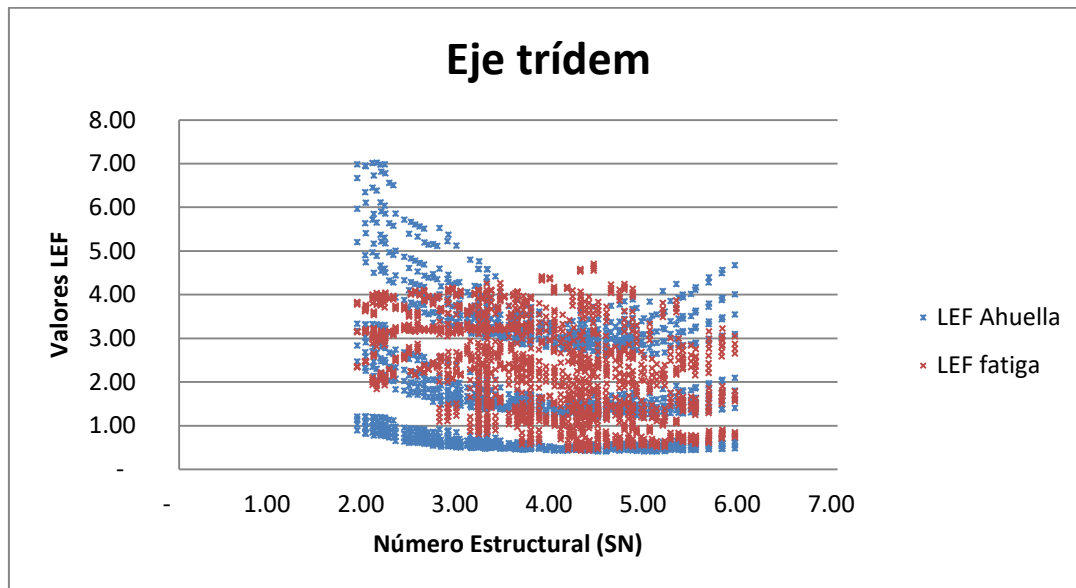


Figura 4.3 - LEF Eje Trídem vs Número Estructural (SN).

#### 4.3 Confección del Modelo LEF

Para obtener la ecuación de LEF se analizaron los 10.368 datos donde se ajustó el valor K de cada uno de los LEF obtenidos, para luego escoger el valor  $k$  que ajuste el modelo.

$$LEF = K * \left( \frac{Wi}{8.2} \right)^4 \quad (4.3)$$

##### 4.3.1 Valor de ajuste K.

Del análisis estadístico se presentan los modelos para LEF: Simple, Tándem y Tridem.

Para eje simple:

$$LEF = 1.23 * \left( \frac{Wi}{8.2} \right)^4 \quad (4.4)$$

Para eje tándem:

$$LEF = 1.66 * \left( \frac{Wi/2}{8.2} \right)^4 \quad (4.5)$$

$$LEF = 0.104 * \left( \frac{Wi}{8.2} \right)^4 \quad (4.6)$$

Las dos ecuaciones (4.5 y 4.6) arrojan el mismo resultado, la diferencia es que en la primera ecuación el peso (Wi) se lo divide por dos y en la segunda ecuación no, se decidió presentar la ecuación de dos diferentes maneras ya que en la bibliografía se presentan de estas dos diferentes formas.

Para eje tridem:

$$LEF = 2.72 * \left( \frac{Wi/3}{8.2} \right)^4 \quad (4.7)$$

$$LEF = 0.034 * \left( \frac{Wi}{8.2} \right)^4 \quad (4.8)$$

Wi : Peso total del eje.

Las dos ecuaciones (4.6 y 4.7) arrojan los mismos valores de LEF, la justificación es la misma que en el apartado anterior.

#### 4.4 Comparación de modelos internacionales con los obtenidos

Se cotejaron las ecuaciones LEF obtenidas con los modelos internacionales de: la Administración Vial de Suecia, el Instituto del Asfalto (A.I), la Dirección General de Obras Públicas de la Comunidad Valenciana y el Ministerio de Transporte de Canadá. Se escogieron estos modelos por ser: los más usados en el medio, los más actuales en bibliografía, y los que más se adaptan a las ecuaciones propuestas.

##### Eje simple

En la *Figura 4.4* se grafican los modelos de LEF de diferentes organismos donde se comparan los valores de equivalencia a diferente peso.

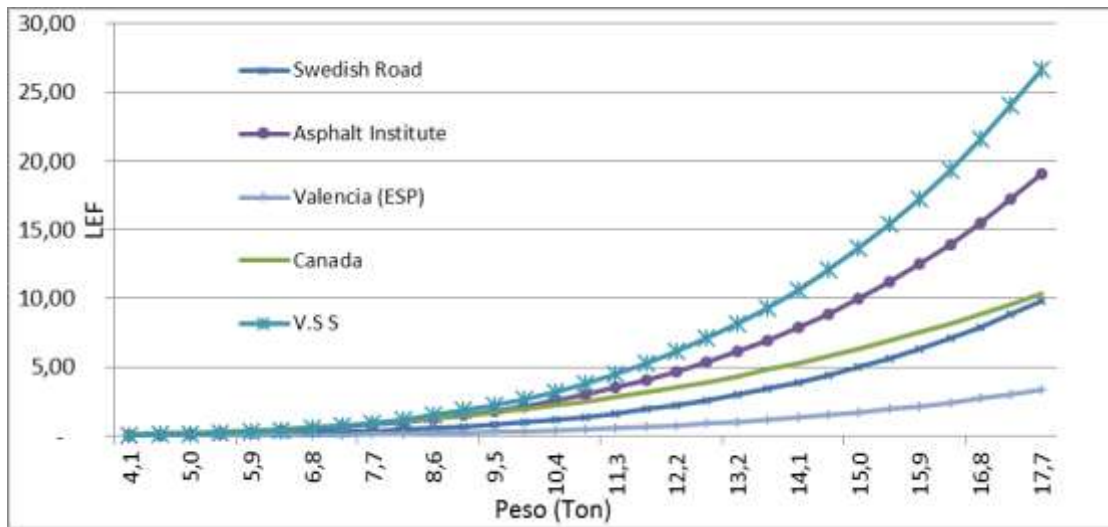


Figura 4.4: Comparación de modelos LEF de diferentes organismos para ejes simple

#### Análisis del rango de pesos más utilizado en eje Simple.

Se presenta la Tabla 4-1 donde se comparan los valores LEF calculados/locales con los LEF del *Instituto del Asfalto* (I.A.) y los LEF de Canadá. Se observa que los LEF locales en promedio son un 21% mayor que los LEF I.A. Los LEF Canadá presentan un comportamiento mixto frente a los LEF locales. De 4 a 7 toneladas, los LEF de Canadá son mayores que los LEF locales en un 39%. Y del rango de 8 a 13 toneladas, los LEF locales son mayores en un 29% en promedio. Se pueden comparar los 3 modelos de LEF entre sí ya que poseen el mismo eje estándar (8.2 toneladas).

Tabla 4-1: Comparación de valores LEF para eje simple

Pesos (Ton)	Modelos LEF de diferentes Organismos.				
	Vasquez-Schvartzer S	Asphalt Institute (A.I)	Canadá	VS-P85 vs. A.I	VS-P85 vs. Canada
4,08	0,08	0,06	0,14	26%	-92%
4,54	0,12	0,09	0,20	24%	-71%
4,99	0,17	0,13	0,26	22%	-54%
5,44	0,24	0,19	0,33	21%	-40%
5,90	0,33	0,26	0,42	20%	-28%
6,35	0,44	0,36	0,52	19%	-18%
6,80	0,58	0,48	0,64	18%	-10%
7,26	0,75	0,62	0,77	17%	-2%
7,71	0,96	0,80	0,92	17%	4%
8,20	1,23	1	1,10	19%	10%
8,62	1,50	1,24	1,27	17%	15%
9,07	1,84	1,51	1,48	18%	20%
9,53	2,24	1,83	1,70	18%	24%
9,98	2,70	2,18	1,95	19%	28%
10,43	3,22	2,58	2,22	20%	31%
10,89	3,82	3,03	2,51	21%	34%
11,34	4,50	3,53	2,83	22%	37%
11,79	5,26	4,09	3,17	22%	40%
12,25	6,12	4,71	3,54	23%	42%
12,70	7,08	5,39	3,93	24%	44%
13,15	8,15	6,14	4,36	25%	47%
			Promedio	21%	-39%*
					29%**

\* Promedio entre 4 Ton a 7 Ton

\*\* Promedio entre 8,20 Ton a 13,15 Ton

En ejes simple el valor de carga máxima según ley de tránsito es de 10.5 toneladas, y 13 toneladas es el valor medio de sobre carga según bibliografía (Bavdaz [6]).

### Ejes tándem

En la siguiente figura se comparan los modelos de LEF de diferentes organismos con el modelo calculado V.S.TD ( Eje Tándem)

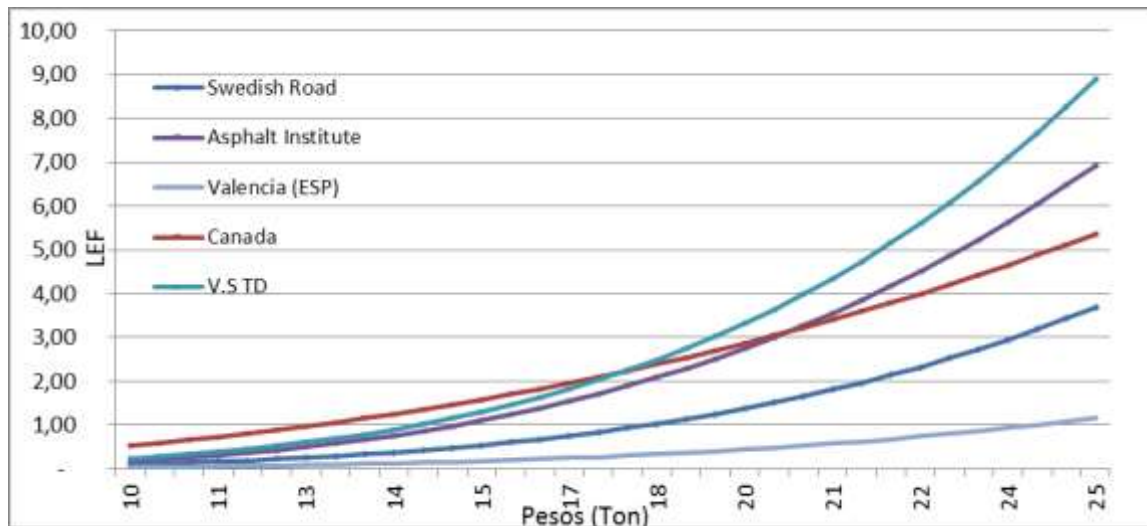


Figura 4.5: Comparación de modelos LEF de diferentes organismos para ejes tándem

Para poder comparar los LEF se presenta la Tabla 4-2 donde se colocan las diferencias porcentuales entre los LEF locales y los dos modelos a comparar. El rango de pesos que se presenta es en base al peso máximo legal (18 toneladas) hasta el valor de sobrepeso (22.5 toneladas), los que se escogieron en base a bibliografía. Se concluye que los LEF del Asphalt Institute son un 18% menor que los calculados. Respecto a los LEF de Canada son un 18 % menor entre un rango de peso entre 18 a 23 toneladas, y mayores en 77% en un rango de peso de 8 a 18 toneladas.

Tabla 4-2: Comparación de valores LEF para eje tándem

Modelos LEF de los diferente organismos					
Pesos (Ton)	Vasquez-Schvartzer TD	Asphalt Institute (A.I)	Canadá	VS-TD vs. A.I	VS-TD vs. Canada
8,20	0,10	0,08	0,32	25%	-206%
8,62	0,13	0,10	0,36	23%	-185%
9,07	0,16	0,12	0,41	22%	-164%
9,53	0,19	0,15	0,46	22%	-146%
9,98	0,23	0,18	0,52	21%	-130%
10,43	0,27	0,22	0,59	20%	-115%
10,89	0,32	0,26	0,65	19%	-102%
11,34	0,38	0,31	0,72	19%	-91%
11,79	0,44	0,36	0,80	18%	-80%
12,25	0,52	0,43	0,88	17%	-70%
12,70	0,60	0,50	0,96	17%	-62%
13,15	0,69	0,57	1,05	17%	-54%
13,61	0,79	0,66	1,15	16%	-46%
14,06	0,90	0,75	1,25	16%	-39%
14,51	1,02	0,86	1,35	16%	-33%
14,97	1,15	0,97	1,46	16%	-27%
15,42	1,30	1,10	1,58	16%	-22%
15,88	1,46	1,23	1,70	16%	-17%
16,33	1,63	1,38	1,83	15%	-12%
16,78	1,82	1,53	1,96	16%	-8%
17,24	2,03	1,70	2,10	16%	-3%
17,69	2,25	1,89	2,24	16%	0%
18,14	2,49	2,08	2,39	16%	4%
18,60	2,74	2,29	2,54	17%	7%
19,05	3,02	2,51	2,70	17%	11%
19,50	3,32	2,76	2,87	17%	14%
19,96	3,64	3,00	3,04	18%	16%
20,41	3,98	3,27	3,22	18%	19%
20,87	4,35	3,55	3,41	18%	22%
21,32	4,74	3,85	3,60	19%	24%
21,77	5,16	4,17	3,79	19%	26%
22,23	5,60	4,51	4,00	19%	29%
22,68	6,07	4,86	4,21	20%	31%
Promedio				18%	-77%*
					18%**

\* Promedio valores positivos  
 \*\* Promedio valores negativos

En ejes tándem el valor de carga máxima según ley de tránsito es de 18 toneladas, y 22.5 toneladas es el valor medio de sobre carga según bibliografía (Bavdaz [6]).

### Ejes trídem

En la siguiente figura se comparan los modelos de LEF de diferentes organismos con el modelo calculado V.S.TR (Eje Trídem)



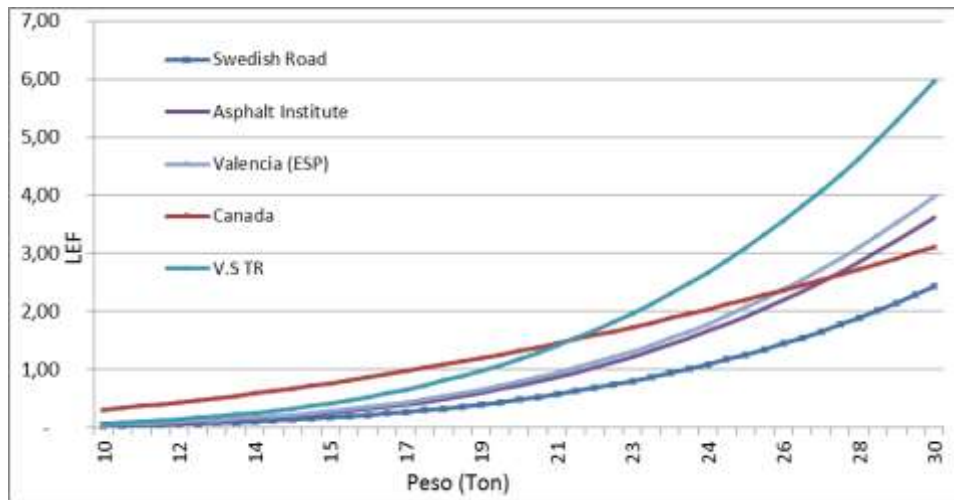


Figura 4.6: Comparación de modelos LEF de diferentes organismos para ejes trídrem

Para poder comparar los LEF se presenta la tabla 4-3 donde se colocan las diferencias porcentuales entre los LEF locales y los dos modelos a comparar, el rango de pesos que se presentan son en base al peso máximo legal hasta el valor de sobrepeso medio que se pudo observar en bibliografía.

Tabla 4-4: Comparación de valores LEF para eje trídrem.

Modelos LEF de los diferente organismos					
Pesos (Ton)	Vasquez-Schwartz TR	Asphalt Institute (A.I)	Canadá	VS-TR vs A.I	VS-TR vs Canadá
20,87	1,41	0,87	1,45	38%	-3%
21,32	1,53	0,95	1,52	38%	1%
21,77	1,67	1,03	1,59	38%	5%
22,23	1,81	1,12	1,66	38%	9%
22,68	1,97	1,22	1,73	38%	12%
23,13	2,13	1,32	1,80	38%	15%
23,59	2,30	1,43	1,88	38%	18%
24,04	2,48	1,54	1,96	38%	21%
24,49	2,67	1,66	2,03	38%	24%
24,95	2,88	1,78	2,12	38%	26%
25,40	3,09	1,91	2,20	38%	29%
25,85	3,32	2,05	2,28	38%	31%
26,31	3,56	2,20	2,37	38%	33%
26,76	3,81	2,35	2,45	38%	36%
27,22	4,07	2,51	2,54	38%	38%
27,67	4,35	2,67	2,63	39%	40%
28,12	4,65	2,85	2,72	39%	41%
28,58	4,95	3,03	2,82	39%	43%
29,03	5,27	3,22	2,91	39%	45%
29,48	5,61	3,41	3,01	39%	46%
29,94	5,97	3,62	3,11	39%	48%
30,39	6,34	3,83	3,21	40%	49%
30,84	6,72	4,05	3,31	40%	51%
31,30	7,13	4,28	3,42	40%	52%
31,75	7,55	4,52	3,52	40%	53%
32,21	7,99	4,77	3,63	40%	55%
32,66	8,45	5,03	3,74	40%	56%
33,11	8,93	5,29	3,85	41%	57%
Promedio				39%	35%

En ejes trídrem el valor de carga máxima según ley de tránsito es de 22.5 toneladas, y 30.50 toneladas es el valor medio de sobre carga según bibliografía (Bavdaz [6]).

#### 4.5 Comparación de modelos AASHTO con los LEF obtenidos.

Se comparan los valores de modelos LEF locales con los valores de LEF –AASHTO para diferentes números estructurales (SN: 3,4,5,6) e Índice de servicialidad final (pt: 2 y 2.5).

##### LEF SIMPLE

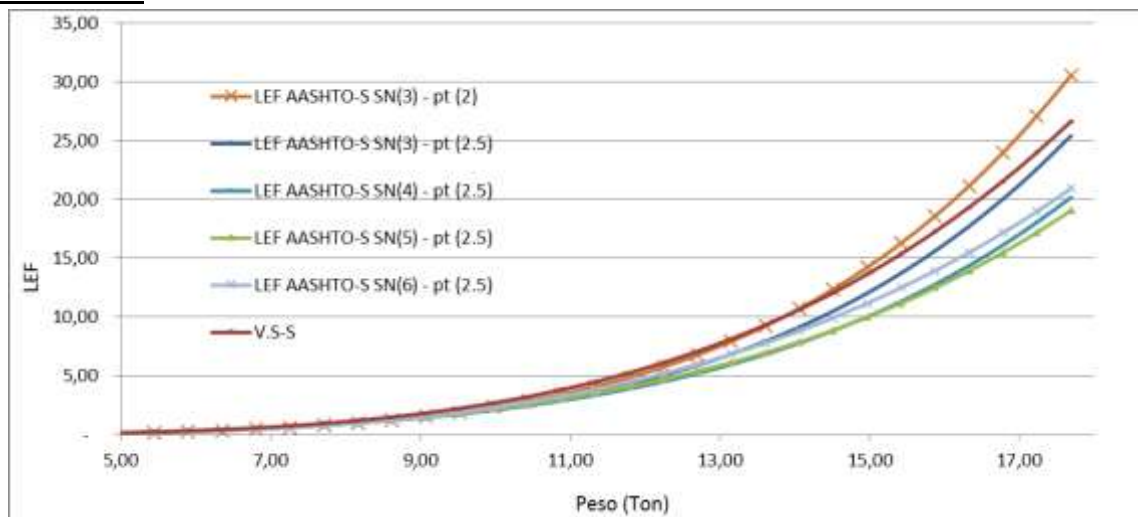


Figura 4.7: Comparación de modelos LEF V.S con LEF AASHTO para Eje Simple

Tabla 4-5: Comparación de valores LEF V.S – LEF AASHTO para eje simple

Pesos (Ton)	Comparación de valores de modelos LEF AASHTO				
	Vasquez-Schvartzer S	LEF AASHTO-S SN(3) - pt (2)	LEF AASHTO-S SN(5) - pt (2.5)	VS-S vs. SN(3) pt(2)	VS-Svs. SN(5) pt(2.5)
4,08	0,08	0,06	0,06	22%	26%
4,54	0,12	0,09	0,09	22%	24%
4,99	0,17	0,13	0,13	21%	22%
5,44	0,24	0,19	0,19	21%	21%
5,90	0,33	0,26	0,26	20%	20%
6,35	0,44	0,35	0,36	20%	19%
6,80	0,58	0,47	0,48	19%	18%
7,26	0,75	0,61	0,62	19%	17%
7,71	0,96	0,79	0,80	18%	17%
8,20	1,23	1,00	1,00	19%	19%
8,62	1,50	1,26	1,24	16%	18%
9,07	1,84	1,56	1,51	15%	18%
9,53	2,24	1,92	1,83	14%	18%
9,98	2,70	2,35	2,18	13%	19%
10,43	3,22	2,85	2,58	12%	20%
10,89	3,82	3,43	3,03	10%	21%
11,34	4,50	4,10	3,53	9%	21%
11,79	5,26	4,88	4,09	7%	22%
12,25	6,12	5,77	4,71	6%	23%
12,70	7,08	6,78	5,39	4%	24%
13,15	8,15	7,94	6,14	3%	25%
			Promedio	15%	21%

## LEF TÁNDEM

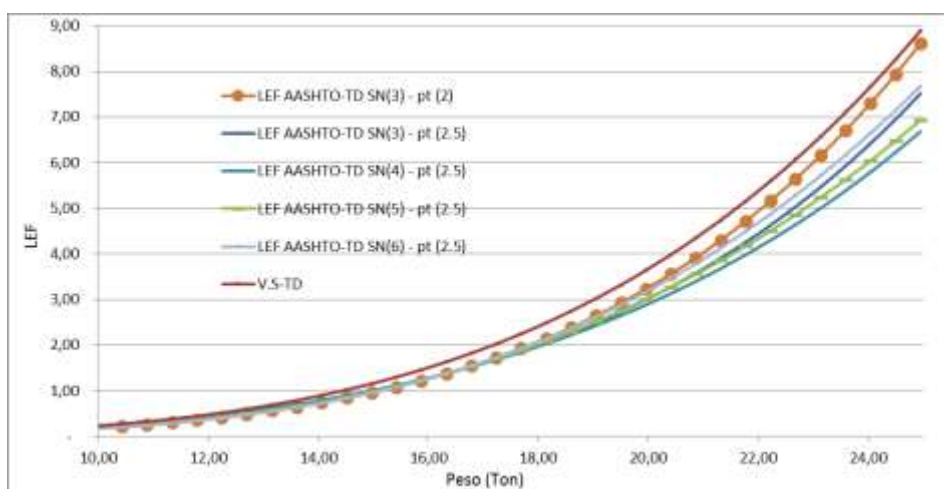


Figura 4.8: Comparación de modelos LEF V.S con LEF AASHTO para Eje Tándem

Tabla 4-6: Comparación de valores LEF V.S – LEF AASHTO para eje tándem

Comparación de valores de modelos LEF AASHTO					
Pesos (Ton)	Vasquez-Schvartzer TD	LEF AASHTO-TD SN(3) - pt (2)	LEF AASHTO-TD SN(4) - pt (2.5)	VS-TD vs. SN(3) pt(2)	VS-TD vs. SN(4) pt(2.5)
8,20	0,10	0,08	0,09	22%	12%
8,62	0,13	0,10	0,11	21%	10%
9,07	0,16	0,12	0,14	20%	9%
9,53	0,19	0,15	0,17	20%	9%
9,98	0,23	0,18	0,21	20%	9%
10,43	0,27	0,22	0,25	20%	9%
10,89	0,32	0,26	0,29	19%	9%
11,34	0,38	0,31	0,34	19%	9%
11,79	0,44	0,36	0,40	19%	10%
12,25	0,52	0,42	0,46	19%	10%
12,70	0,60	0,49	0,53	18%	11%
13,15	0,69	0,56	0,61	18%	11%
13,61	0,79	0,65	0,70	18%	12%
14,06	0,90	0,74	0,79	18%	12%
14,51	1,02	0,84	0,89	17%	13%
14,97	1,15	0,96	1,00	17%	14%
15,42	1,30	1,08	1,11	17%	14%
15,88	1,46	1,22	1,24	16%	15%
16,33	1,63	1,38	1,38	16%	16%
16,78	1,82	1,54	1,52	15%	16%
17,24	2,03	1,73	1,68	15%	17%
17,69	2,25	1,93	1,85	14%	18%
18,14	2,49	2,15	2,03	14%	18%
18,60	2,74	2,39	2,22	13%	19%
19,05	3,02	2,64	2,43	13%	20%
19,50	3,32	2,93	2,65	12%	20%
19,96	3,64	3,23	2,88	11%	21%
20,41	3,98	3,56	3,13	11%	21%
20,87	4,35	3,92	3,40	10%	22%
21,32	4,74	4,30	3,68	9%	22%
21,77	5,16	4,72	3,98	9%	23%
22,23	5,60	5,16	4,30	8%	23%
22,68	6,07	5,64	4,64	7%	24%
			Promedio	16%	15%

## LEF TRÍDEM

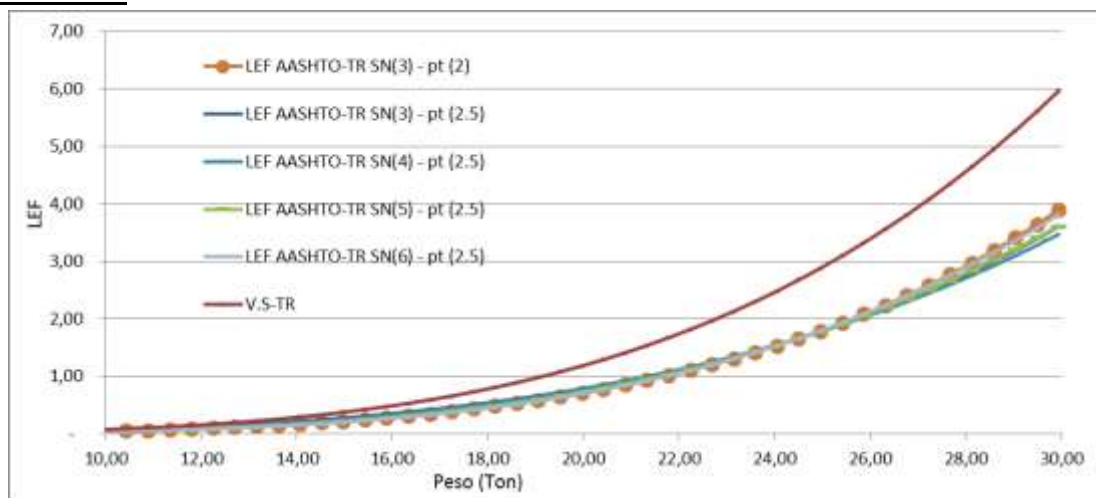


Figura 4.9: Comparación de modelos LEF V.S con LEF AASHTO para Eje Tríde

Tabla 4-7: Comparación de valores LEF V.S – LEF AASHTO para eje trídeme

Comparación de valores de modelos LEF AASHTO						
Pesos (Ton)	Vasquez-Schvartzer TR	LEF AASHTO-TR SN(3) - pt (2)	LEF AASHTO-TR SN(4) - pt (2.5)	VS-TR vs. SN(3) pt(2)	VS-TR vs. SN(5) pt(2.5)	
20,87	1,41	0,85	0,91	39%	35%	
21,32	1,53	0,93	0,99	39%	36%	
21,77	1,67	1,02	1,07	39%	36%	
22,23	1,81	1,11	1,16	39%	36%	
22,68	1,97	1,20	1,25	39%	37%	
23,13	2,13	1,31	1,34	39%	37%	
23,59	2,30	1,42	1,44	38%	37%	
24,04	2,48	1,53	1,55	38%	38%	
24,49	2,67	1,66	1,66	38%	38%	
24,95	2,88	1,79	1,77	38%	38%	
25,40	3,09	1,93	1,90	38%	39%	
25,85	3,32	2,08	2,02	37%	39%	
26,31	3,56	2,24	2,16	37%	39%	
26,76	3,81	2,41	2,30	37%	40%	
27,22	4,07	2,59	2,44	37%	40%	
27,67	4,35	2,78	2,60	36%	40%	
28,12	4,65	2,98	2,76	36%	41%	
28,58	4,95	3,19	2,92	36%	41%	
29,03	5,27	3,41	3,10	35%	41%	
29,48	5,61	3,65	3,28	35%	42%	
29,94	5,97	3,89	3,47	35%	42%	
30,39	6,34	4,16	3,67	34%	42%	
30,84	6,72	4,43	3,88	34%	42%	
31,30	7,13	4,72	4,09	34%	43%	
31,75	7,55	5,03	4,32	33%	43%	
32,21	7,99	5,35	4,55	33%	43%	
32,66	8,45	5,68	4,80	33%	43%	
33,11	8,93	6,04	5,05	32%	43%	
Promedio				36%	40%	

A continuación se presenta una gráfica donde se resume la comparación de valores LEF calculados con los valores LEF AASHTO. Se observa que los valores LEF locales son mayores a los AASHTO.

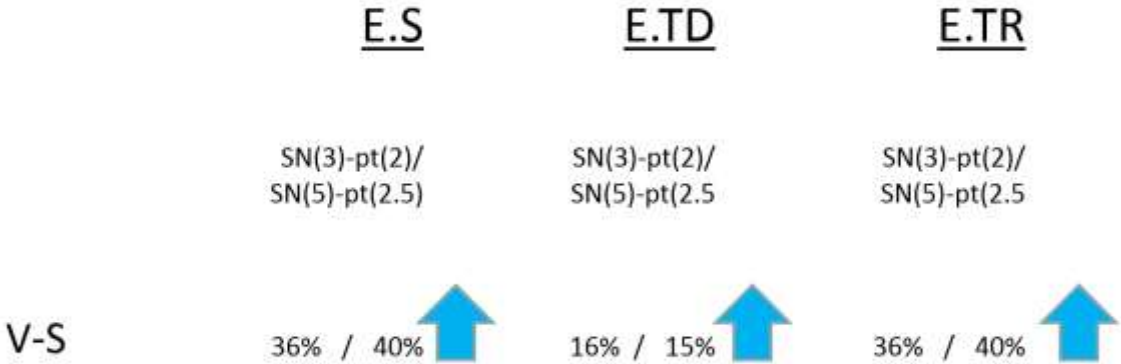


Figura 4.10: Resumen de la comparación de modelos LEF locales con los LEF de AASHTO.

**5 Conclusiones:**

En futuras investigaciones se debería trabajar en calcular los LEF de una ruta puntual, donde se pueda obtener con mayor precisión: tráfico, configuración de pavimento y principalmente modelos de función de transferencia.

Un factor importante que incide en los valores LEF calculados son los modelos de daño (funciones de transferencia), en esta investigación se utilizaron modelos de daño recopilados en bibliografía, que no son locales, en un futuro – cuando existan - se deberá calcular los LEF con modelos de daño para condiciones del medio.

En este estudio no fue posible encontrar una correlación estadísticamente significativa entre los valores de LEF calculados y el número estructural.

Ya que el enfoque de cálculo para obtener los LEF es Empírico-Mecanicista, las ecuaciones propuestas -en esta investigación- no se pueden utilizar en la metodología de diseño AASHTO. A la vez es importante aclarar que la guía de diseño AASHTO presenta sus propios LEF para ser utilizados en la metodología de diseño.

Los modelos LEF encontrados se pueden utilizar para confeccionar una tarifa de pago de canon por sobre peso, justificando el criterio de pago por daño efectuado al pavimento. La actual Ley de Tránsito 24449, Decreto 79/98 estipula el pago de un canon de sobre peso en base al precio de litros de combustible, una manera técnica alternativa a esto, sería calcular el daño de sobre peso con los modelos presentados y calcular el canon proporcional al daño realizado.

Se deben implementar investigaciones referente a las presiones de inflado en el país, ya que es un tema importante en el diseño de pavimentos y no existen datos locales sobre este tema.

## 6 Referencias Bibliográficas

- [1] AASHTO, 1986. Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Vol. 1, Vol. 2, Vol. 3. Washington, D.C.
- [2] Irick, P., Sedes, S., Diaz, M., 1991. Characteristics of load equivalente relationships associated with pavement distress and performance – Phase II study – Executive summary, Trucking Research Institute, ATA Foundation, Alexandria, VA.
- [3] Huang, Y.H. 2004. Pavement Analysis and Design. 2da Ed., Pearson Prentice Hall, Upper River Saddle, N.J.
- [4] Deacon, J.A., 1969. Load Equivalency in Flexible Pavements, Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 38, pp- 465 – 491.
- [5] OECD., 1991. Full Scale Pavement Test. Organization for Economic Co-operation and development (OECD). Road Transport Research. France.
- [6] Bavdaz, G., 2005. Diseño estructural de pavimentos: comparativa de metodologías clásicas y modernas desde el punto de vista de los espectros de carga. Tesis de Maestría. Universidad de Buenos Aires (UBA)
- [7] Leomar, J., Carvalho, J., Alves, P., 2006. Effects of traffic loading on Portuguese and Brazilian pavements performance. 85th Annual meeting of Transportation Research Board.
- [8] Martinez, F. Angelone, S. (2009). Evaluación de diferentes modelos de predicción del módulo dinámico de mezclas asfálticas. Memorias de XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Mar del Plata.
- [9] IMAE (Angelone S.), 2008. Importancia de una adecuada caracterización de materiales granulares no ligados en el diseño estructural de pavimento. Universidad Nacional de Rosario.
- [10] Asphalt Institute, 1982. Thickness Design- Asphalt Pavements for Highways and Streets. Manual Series No: 1, Asphalt Institute.

### ANEXO: Valores y Ecuaciones utilizadas para comparar modelos LEF calculados.

Canadá (TAC1, 1994)

Eje simple rueda dual  $LEF = 0.002418 \times Load^{2.9093}$

Eje tándem – dual  $LEF = 0.001515 \times Load^{2.5403}$

Eje trídem – dual  $LEF = 0.002363 \times Load^{2.1130}$

---

<sup>1</sup> Transportation Association of Canada

Load es el peso total en el eje.

Swedish Road Administration (2005)

$$LEF = \left( \frac{W_i}{10} \right)^4 * k$$

Donde  $W_i$  es el peso sobre un eje (ton), y  $k$  es el factor de reducción del efecto por eje (*effect reduction factor for axle*), que depende del tipo de eje considerado, y donde  $k = 1$  para eje simple;  $k = (10/18)^4 = 0,0952$  para eje tándem;  $k = (10/24)^4 = 0,0302$  para eje trídem

Dirección General de Obras Públicas de la Comunidad Valenciana (2009)

$$LEF = \left( \frac{P_i}{128} \right)^4$$

Para eje simple:

$$LEF = 1.4 * \left( \frac{P_i/2}{128} \right)^4$$

Para eje tándem:

$$LEF = 2.3 * \left( \frac{P_i/3}{128} \right)^4$$

Para eje trídem:

Donde  $P_i$  es peso total sobre el eje (kN)

Asphalt Institute

Asphalt Institute									
Axle Load (Lb)	Axle Load (Ton)	Single axle	Tandem axle	Tridem axle	Axle Load (Lb)	Axle Load (Ton)	Single axle	Tandem axle	Tridem axle
1.000	0,45	0,00002			41.000	18,60	23,27	2,29	0,54
2.000	0,91	0,00018			42.000	19,05	25,64	2,51	0,597
3.000	1,36	0,00072			43.000	19,50	28,22	2,76	0,658
4.000	1,81	0,00209			44.000	19,96	31	3	0,723
5.000	2,27	0,005			45.000	20,41	34	3,27	0,793
6.000	2,72	0,01043			46.000	20,87	37,24	3,55	0,868
7.000	3,18	0,0196			47.000	21,32	40,74	3,85	0,948
8.000	3,63	0,0343			48.000	21,77	44,5	4,17	1,033
9.000	4,08	0,0562			49.000	22,23	48,54	4,51	1,12
10.000	4,54	0,0877	0,00688	0,002	50.000	22,68	52,88	4,86	1,22
11.000	4,99	0,1311	0,01008	0,002	51.000	23,13		5,23	1,32
12.000	5,44	0,189	0,0144	0,003	52.000	23,59		5,63	1,43
13.000	5,90	0,264	0,0199	0,005	53.000	24,04		6,04	1,54
14.000	6,35	0,36	0,027	0,006	54.000	24,49		6,47	1,66
15.000	6,80	0,478	0,036	0,008	55.000	24,95		6,93	1,78
16.000	7,26	0,623	0,0472	0,011	56.000	25,40		7,41	1,91
17.000	7,71	0,796	0,0608	0,014	57.000	25,85		7,92	2,05
18.000	8,20	1	0,0773	0,017	58.000	26,31		8,45	2,2
19.000	8,62	1,24	0,0971	0,022	59.000	26,76		9,01	2,35
20.000	9,07	1,51	0,1206	0,027	60.000	27,22		9,59	2,51
21.000	9,53	1,83	0,148	0,033	61.000	27,67		10,2	2,67
22.000	9,98	2,18	0,18	0,04	62.000	28,12		10,84	2,85
23.000	10,43	2,58	0,217	0,048	63.000	28,58		11,52	3,03
24.000	10,89	3,03	0,26	0,057	64.000	29,03		12,22	3,22
25.000	11,34	3,53	0,308	0,067	65.000	29,48		12,96	3,41
26.000	11,79	4,09	0,364	0,08	66.000	29,94		13,73	3,62
27.000	12,25	4,71	0,426	0,093	67.000	30,39		14,54	3,83
28.000	12,70	5,39	0,495	0,109	68.000	30,84		15,38	4,05
29.000	13,15	6,14	0,572	0,126	69.000	31,30		16,26	4,28
30.000	13,61	6,97	0,658	0,145	70.000	31,75		17,19	4,52
31.000	14,06	7,88	0,753	0,167	71.000	32,21		18,15	4,77
32.000	14,51	8,88	0,857	0,191	72.000	32,66		19,16	5,03
33.000	14,97	9,98	0,971	0,217	73.000	33,11		20,22	5,29
34.000	15,42	11,18	1,095	0,246	74.000	33,57		21,32	5,57
35.000	15,88	12,5	1,23	0,278	75.000	34,02		22,47	5,86
36.000	16,33	13,93	1,38	0,313	76.000	34,47		23,66	6,15
37.000	16,78	15,5	1,53	0,352	77.000	34,93		24,91	6,46
38.000	17,24	17,2	1,7	0,393	78.000	35,38		26,22	6,78
39.000	17,69	19,06	1,89	0,438	79.000	35,83		27,58	7,11
40.000	18,14	21,08	2,08	0,487	80.000	36,29		28,99	7,45