



## **II CONGRESO NACIONAL DE PAVIMENTOS**

**EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DEBIDO A  
NUEVOS DISEÑOS DE NEUMATICOS**

**MSc ING MARCO MONTALVO FARFÁN**



# “EVALUACION DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DEBIDO A NUEVOS DISEÑOS DE NEUMATICOS”

## Contenido

Normativa MTC

Factor de daño:  
Concepto y  
métodos de  
cálculo

Efecto de daño  
representativo  
en las  
principales vías  
del País

Análisis de  
efecto del tipo  
de neumático  
incorporado en  
la red vial.



## EVALUACION DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DEBIDO A NUEVOS DISEÑOS DE NEUMATICOS

- Existe una serie de innovaciones en la tecnología de los neumáticos para abordar las necesidades cambiantes para la eficiencia de la industria del camión.
- Recientemente, una nueva generación de neumáticos con anchos de banda de rodadura más grandes que los convencionales ha sido introducida. El desarrollo de neumáticos impactan directamente en el daño del pavimento. Los daños en el pavimento ocasionados por los neumáticos pueden ser controlados distribuyendo adecuadamente la carga sobre un área más grande de la superficie del pavimento para minimizar las tensiones y deformaciones críticas.



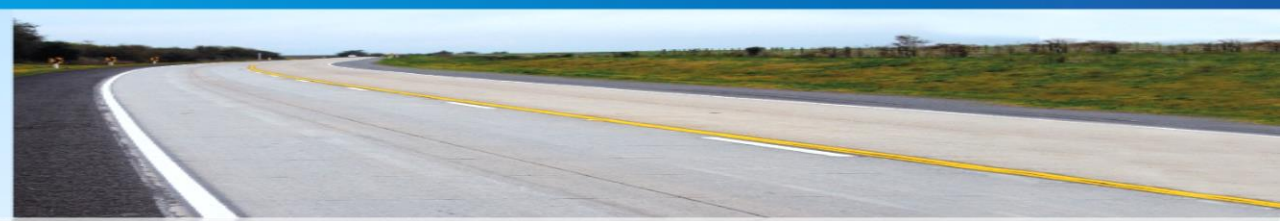
## Nornativa MTC

Reglamento  
Nacional de  
Vehículos – D.S.  
Nº 058-2003-  
MTC.

- Título V - Pesos y Medidas Vehiculares,
  - La tolerancia del peso bruto vehicular máximo será de 3%.
  - La tolerancia por eje o conjunto de ejes es de 5%.
  - Régimen de Infracciones y Sanciones de Pesos y Medidas.
  - Peso máximo 48 ton.

Modificatoria a  
Reglamento– D.S.  
Nº 002-2005-MTC

- Anexo IV - Pesos y Medidas Vehiculares
  - Suspensiones neumáticas y neumáticos extra anchos (super single).
  - Bonificación de hasta el 10% sobre los pesos máximos por eje o conjunto de ejes.
  - Peso máximo 52.8 ton.



# Aprueban Directiva “Requisitos y Procedimientos para el otorgamiento de Bonificaciones para los vehículos con suspensión Neumática y/o Neumáticos Extra Anchos RD N° 3336-2006-MTC/15

## 5. LÍMITES MÁXIMOS DE BONIFICACIONES

5.1. Los vehículos equipados con suspensión neumática, incluyendo las combinaciones vehiculares (camión mas remolque y/o tracto mas semiremolques), tendrán una bonificación de hasta el 10% sobre los pesos máximos por eje o conjunto de ejes establecidos en el Reglamento Nacional de Vehículos, así como una bonificación de hasta el 5% sobre el peso bruto vehicular máximo permitido, siempre que la suspensión de todos sus ejes o conjuntos de ejes sea neumática, con excepción del eje o conjunto de ejes delantero para el

5.2. A los vehículos dotados con neumáticos extra anchos (medida igual o mayor de 385/65), les corresponderá como máximo los pesos máximos por eje o conjunto de ejes establecidos en el Reglamento Nacional de vehículos para rodada doble, siendo

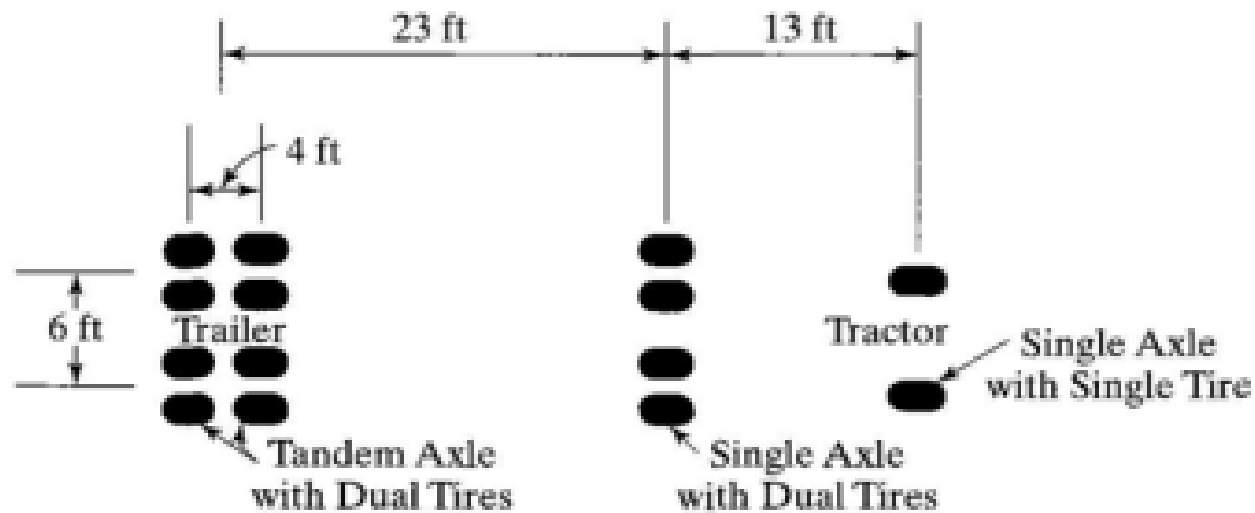
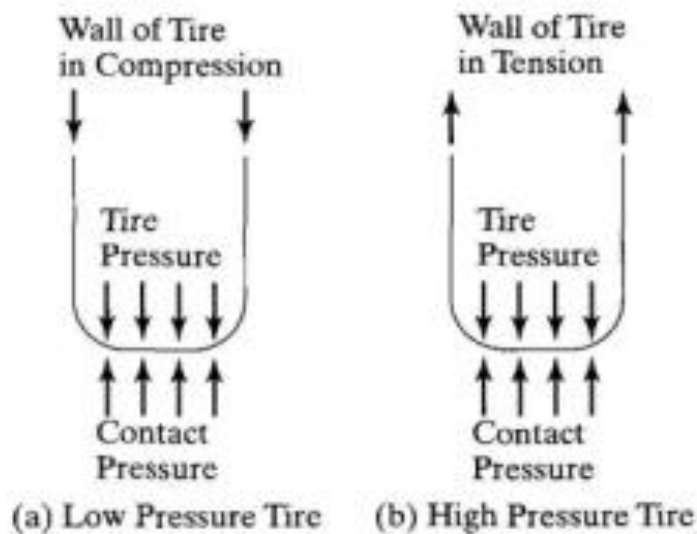
5.3. Para el caso de vehículos o combinaciones vehiculares que cuenten simultáneamente con suspensión neumática y con neumáticos extra anchos, con excepción del eje delantero tratándose de vehículos de transporte de mercancías, la bonificación total sobre el peso bruto vehicular será de hasta el 10%.

5.4. Los vehículos de la categoría M<sub>1</sub> que cuenten con suspensión neumática en todos sus ejes o conjunto de ejes y neumáticos extra anchos (medida igual o mayor de 385/65) en el eje delantero, podrán tener un peso máximo de 8 toneladas en dicho eje.



# RELACION ENTRE LA PRESION DE CONTACTO Y LA PRESION DEL NEUMATICO

## Configuración Típica de las ruedas en un Camión Tipo T2S2



# Clasificación de vehículos según MTC (40 tipos de vehículos)



| TABLA DE PESOS Y MEDIDAS |                                      |                |                    |                              |     |     |                     |    |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|------------------------------|-----|-----|---------------------|----|
| Configuración vehicular  | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t)    |                              |     |     | Peso bruto máx. (t) |    |
|                          |                                      |                | Eje Delant         | Conjunto de ejes posteriores |     |     |                     |    |
|                          |                                      |                | 1º                 | 2º                           | 3º  | 4º  |                     |    |
| C2                       |                                      | 12,30          | 7                  | 11                           | --- | --- | ---                 | 18 |
| C3                       |                                      | 13,20          | 7                  | 18                           | --- | --- | ---                 | 25 |
| C4                       |                                      | 13,20          | 7                  | 23 <sup>(1)</sup>            | --- | --- | ---                 | 30 |
| 8x4                      |                                      | 13,20          | 7+7 <sup>(5)</sup> | 18                           | --- | --- | ---                 | 32 |
| T2S1                     |                                      | 20,50          | 7                  | 11                           | 11  | --- | ---                 | 29 |
| T2S2                     |                                      | 20,50          | 7                  | 11                           | 18  | --- | ---                 | 36 |
| T2Se2                    |                                      | 20,50          | 7                  | 11                           | 11  | 11  | ---                 | 40 |

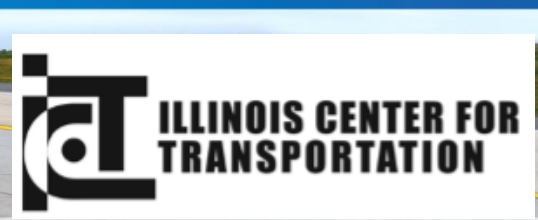
| Configuración vehicular | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Eje Delant | Peso máximo (t)              |                   |     |     | Peso bruto máx. (t) |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------|------------|------------------------------|-------------------|-----|-----|---------------------|
|                         |                                      |                |            | Conjunto de ejes posteriores |                   |     |     |                     |
|                         |                                      |                |            | 1º                           | 2º                | 3º  | 4º  |                     |
| T2S3                    |                                      | 20,50          | 7          | 11                           | 25                | --- | --- | 43                  |
| T2Se3                   |                                      | 20,50          | 7          | 11                           | 11 <sup>(4)</sup> | 18  | --- | 47                  |
| T3S1                    |                                      | 20,50          | 7          | 18                           | 11                | --- | --- | 36                  |
| T3S2                    |                                      | 20,50          | 7          | 18                           | 18                | --- | --- | 43                  |
| T3Se2                   |                                      | 20,50          | 7          | 18                           | 11                | 11  | --- | 47                  |
| T3S3                    |                                      | 20,50          | 7          | 18                           | 25                | --- | --- | 48 <sup>(2)</sup>   |



## VEHICULOS QUE CIRCULAN POR LA RED VIAL NACIONAL DEL TIPO T3S3 CON SUSPENSION NEUMATICA Y BANDA EXTRANCHA







La nueva generación de neumáticos de banda ancha (445 y 455) es de 15 a 18% más ancha que la convencional, respectivamente, y está optimizada para una carga en el eje de 34 kips a una presión de inflado nominal de 100 psi. Este nuevo diseño da como resultado un perfil transversal más ancho y más plano, que proporciona una distribución de presión más uniforme.



(a)



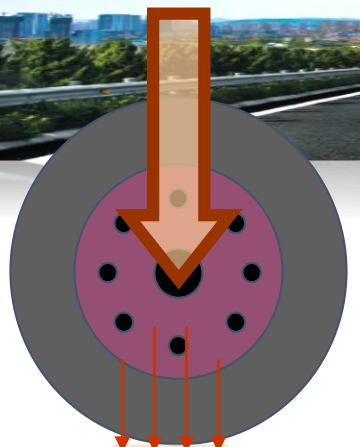
(b)

2. Comparison (a) between the new-generation and conventional wide-base tire (b) and to a single tire commonly used in dual-tire assembly.

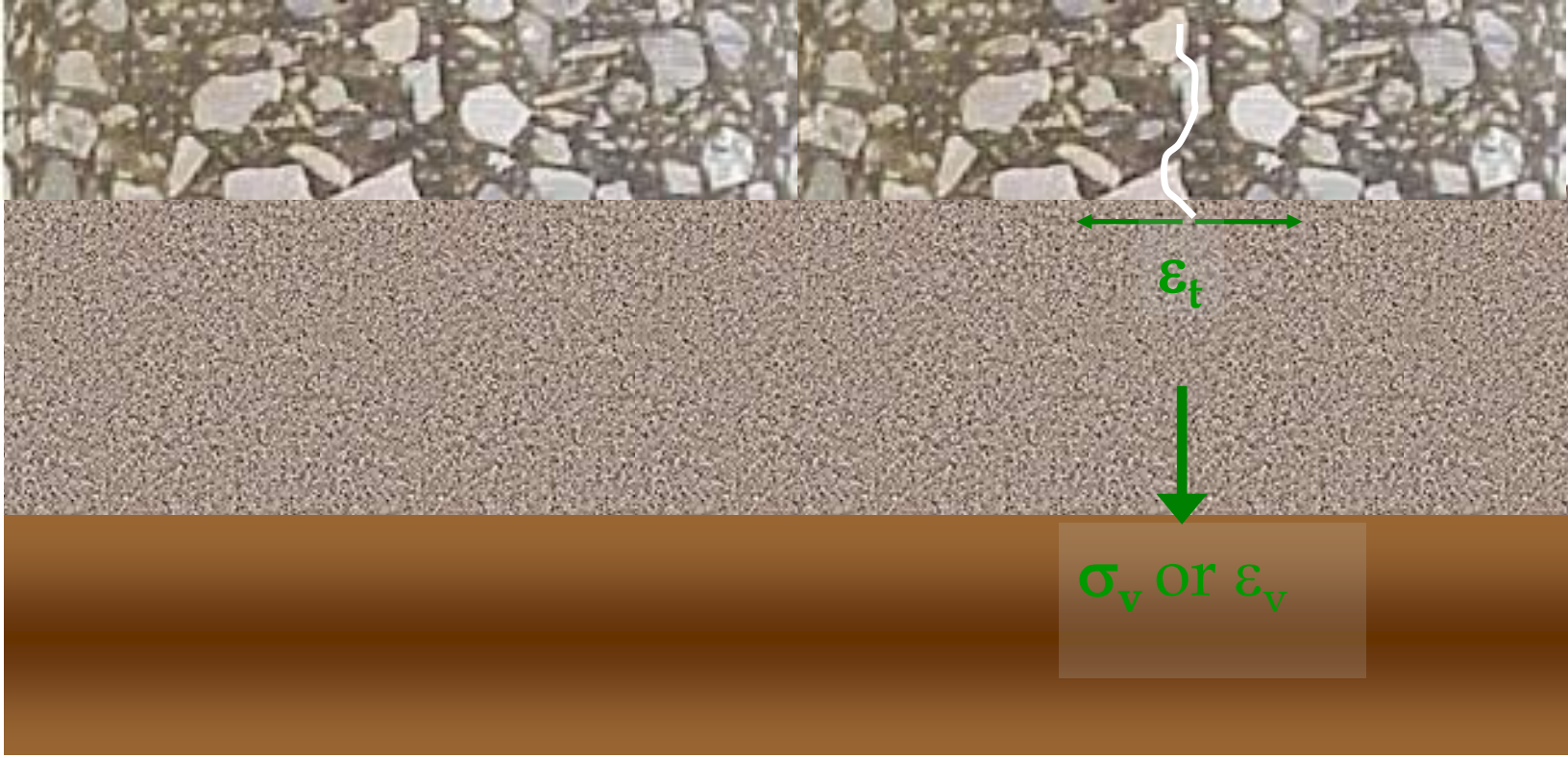
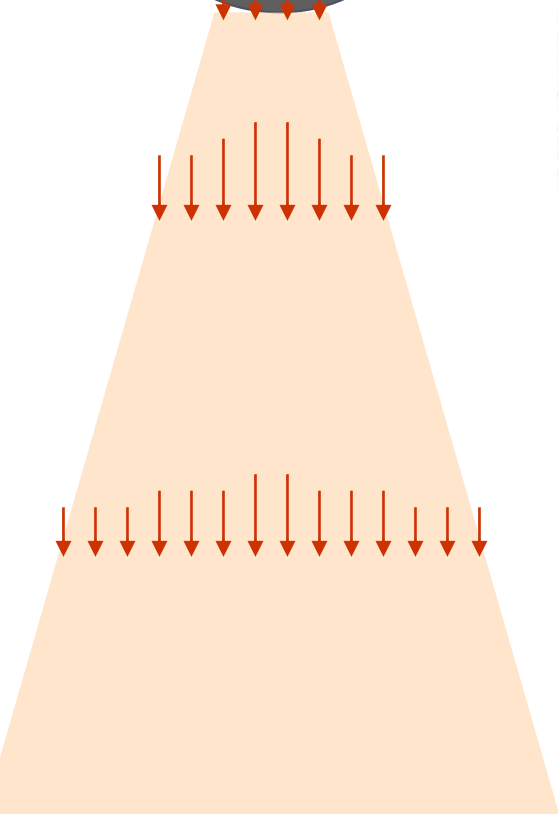


## DAÑO POTENCIAL EN EL PAVIMENTO

Hay dos mecanismos principales de falla observados en los pavimentos flexibles en el Perú. Estos mecanismos de falla son la deformación permanente (ahuellamiento) y el agrietamiento por fatiga de la mezcla asfáltica en caliente. Muchos modelos, incluida la Guía de diseño del pavimento empírico-mecánico (MEPDG), (AASHTO 2015) reconocen que la deformación permanente puede tener lugar en las capas unidas y no unidas, y que el agrietamiento por fatiga puede iniciarse desde la parte inferior o superior de una capa de asfalto.



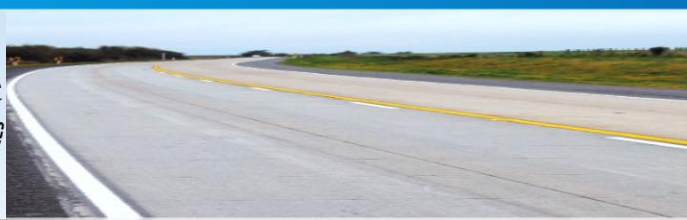
# COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE



HMA

CAB

Subgrade



IMPACT OF WIDE-BASE SINGLE TIRES ON PAVEMENT DAMAGE

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN EFECTUADA POR EL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DEL ESTADO DE FLORIDA

El objetivo principal ha sido la evaluación del impacto en el comportamiento del pavimento de diferentes tipos de neumáticos que incluyen (1) Una configuración de llanta doble convencional, (2) Dos tipos de neumáticos NGWB y (3) Un neumático de base ancha de primera generación conocido como Súper Single



**FIGURE 1** Photograph of tire used in the study.



IMPACT OF WIDE-BASE SINGLE  
TIRES ON PAVEMENT DAMAGE



*Departamento de Transporte de la Florida (FDOT) – 2009*

***IMPACTO DE LOS NEUMATICOS DE BASE ANCHA EN LOS DAÑOS DEL PAVIMENTO***

## **DISEÑO DEL EXPERIMENTO**

Con el fin de comprender mejor el daño en el pavimento inducido por cada neumático, se investigaron varios aspectos de la interacción del neumático con el pavimento. Como parte de APT (Prueba Acelerada del Pavimento) de este estudio, se construyeron un total de seis carriles de prueba (numerados del 2 al 7) considerando las texturas de la superficie del asfalto, tanto abiertas como densas, al tiempo que cumplían con todos los procedimientos, materiales, especificaciones y métodos constructivos del FDOT



**IMPACT OF WIDE-BASE SINGLE TIRES ON PAVEMENT DAMAGE**

*Departamento de Transporte de la Florida (FDOT) – 2009*

***IMPACTO DE LOS NEUMATICOS DE BASE ANCHA EN LOS DAÑOS DEL PAVIMENTO***

Las Pruebas Aceleradas de Pavimentos (APT) se define generalmente como una aplicación controlada de una carga de ruedas realista a un sistema de pavimento que simula las condiciones de carga en servicio a largo plazo.



(a)

(b)

Figure 5. Advanced Transportation Loading ASsembly (ATLAS) with (a) dual-tire assembly; and (b) wide-base 455 tire.



**IMPACT OF WIDE-BASE SINGLE TIRES ON PAVEMENT DAMAGE**

*Departamento de Transporte de la Florida (FDOT) – 2009*  
**IMPACTO DE LOS NEUMATICOS DE BASE ANCHA EN LOS DAÑOS DEL PAVIMENTO**

| Open-Grade Surface<br>Lanes 2, 3, and 4      | Dense-Grade Surface<br>Lanes 5, 6, and 7 |
|--|--|
| 0.75 inch (19-mm) FC-5, ARB-12               | 2 inch (50-mm) FC-12.5, ARB-5<br>93% Gmm |
| 2 inch (50-mm) SP-12.5, PG 67-22,<br>93% Gmm | 3.5 inch (89-mm) Existing SP-12.5        |
| 3.5 inch (89-mm) Existing SP-12.5            | 10.5 inch (265-mm) Limerock Base Course  |
| 10.5 inch (265-mm) Limerock Base Course      | 12 inch (305-mm) Granular Subbase        |
| 12 inch (305-mm) Granular Subbase            |  |

Note: ARB-12 represents 12% asphalt rubber binder.

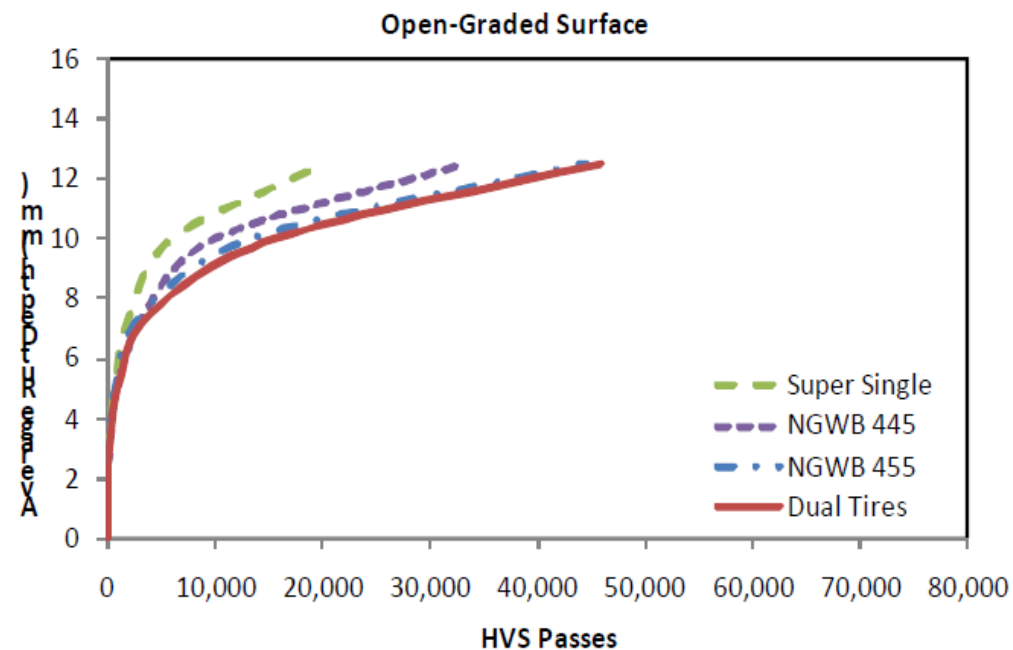
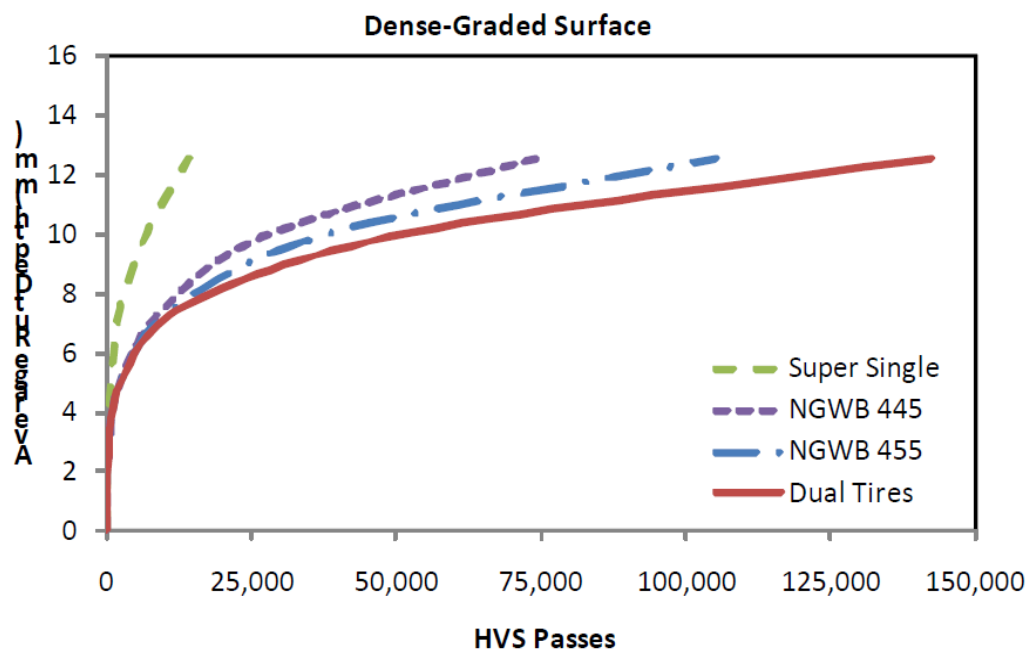
**FIGURE 2 Pavement structure.**



**IMPACT OF WIDE-BASE SINGLE TIRES ON PAVEMENT DAMAGE**

*Departamento de Transporte de la Florida (FDOT) – 2009*

**IMPACTO DE LOS NEUMATICOS DE BASE ANCHA EN LOS DAÑOS DEL PAVIMENTO**



| Statistic        | Passes Required for a 12.5-mm Rut Depth |              |          |          |
|------------------|---|--------------|----------|----------|
|                  | Dual Tires                              | Super Single | NGWB 445 | NGWB 455 |
| Average          | 169,000                                 | 16,000       | 72,000   | 133,000  |
| Rut Damage Ratio | 1.0                                     | 10.6         | 2.3      | 1.3      |

A.) Dense-graded surface rut depth measurements.

| Statistic        | Passes Required for a 12.5-mm Rut Depth |              |          |          |
|------------------|---|--------------|----------|----------|
|                  | Dual Tires                              | Super Single | NGWB 445 | NGWB 455 |
| Average          | 46,000                                  | 20,000       | 33,000   | 44,000   |
| Rut Damage Ratio | 1.0                                     | 2.3          | 1.4      | 1.0      |

B.) Open-graded surface rut measurements.





**IMPACT OF WIDE-BASE SINGLE  
TIRES ON PAVEMENT DAMAGE**

*Departamento de Transporte de la Florida (FDOT) – 2009*

## ***IMPACTO DE LOS NEUMATICOS DE BASE ANCHA EN LOS DAÑOS DEL PAVIMENTO***

### **DEFORMACIÓN PERMANENTE POR MEDIO DE ENSAYO ACELERADO DE PAVIMENTOS**

Para ambos tipos de pavimento, la configuración de llanta doble permitió un mayor número de pasadas antes de alcanzar la profundidad crítica de la rodadura, mientras que la llanta súper simple resultó en la menor cantidad de pasadas. En general, la llanta NGWB de 455 mm requirió un número similar de pasadas en la superficie de graduación abierta y un poco menos para la superficie de gradación densa (al considerar la variabilidad en las pruebas) en comparación con las llantas dobles.

El neumático NGWB de 445 mm alcanzó la profundidad crítica de la rodera con menos pases que el doble para ambos tipos de superficie, en particular para la superficie de densidad densa. El neumático Super Single alcanzó la profundidad crítica de la rodera con un número significativamente menor de pasadas que los duales para ambas mezclas de asfalto.

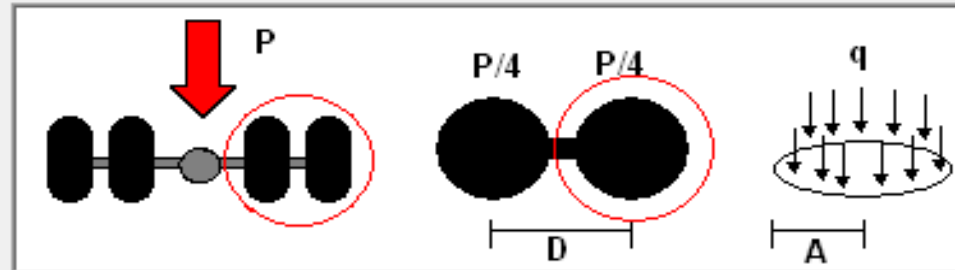


## Factor de daño para el calculo del trafico proyectado

- Periodo de diseño
  - MTC: 10 – 20 años (Revestidas con bajo volumen de transito según AASHTO-93).
- IMDa: Trafico Normal, Desviado y Generado, variaciones estacionales
  - Conteo vehicular 7 días por estación
  - Censos de carga 1 ó 2 días.
- Tasa de crecimiento: Crecimiento poblacional y económico
  - Encuestas de origen destino
  - Tasa de crecimiento poblacional, PBI percapita y/o PBI regional
  - Elasticidad de la demanda
  - **Proyecciones en base a datos de peajes y otros puntos de conteo periódicos.**
- Factor de Distribución Direccional: MTC, AASHTO-93, Instituto de Asfalto, FHWA
- Factor de Distribución de Carril: MTC, AASHTO-93, Instituto de Asfalto, FHWA

# FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA (FACTOR DE DAÑO)

Geometría del semieje de carga sobre el pavimento



| Modelo   | P(ton.)                            | A (cm)                            | D (cm)                            | q (kgf/cm <sup>2</sup> )           |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| <input checked="" type="radio"/> MOPT UNICAUCA | 8.200                              | 10.8                              | 32.4                              | 5.594                              |
| <input type="radio"/> ASPHALT INSTITUTE        | 8.164                              | 11.5                              | 34.5                              | 4.912                              |
| <input type="radio"/> SHELL OIL                | 8.156                              | 10.5                              | 31.5                              | 5.887                              |
| <input type="radio"/> GUÍA FRANCESA 1994       | 13.26                              | 12.5                              | 37.5                              | 6.752                              |
| <input type="radio"/> RUEDA SENCILLA           | 8.200                              | 15.0                              | 0.00                              | 5.800                              |
| <input type="radio"/> Definido por el usuario  | <input type="text" value="8.200"/> | <input type="text" value="10.8"/> | <input type="text" value="32.4"/> | <input type="text" value="5.594"/> |

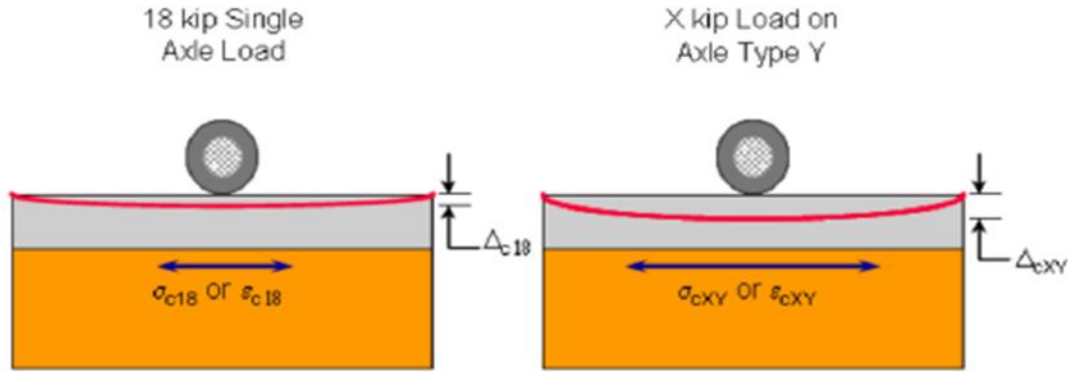
Para una rueda sencilla emplee D = 0.0 cm.

El programa calcula la presión de contacto.

Copiar a la estructura

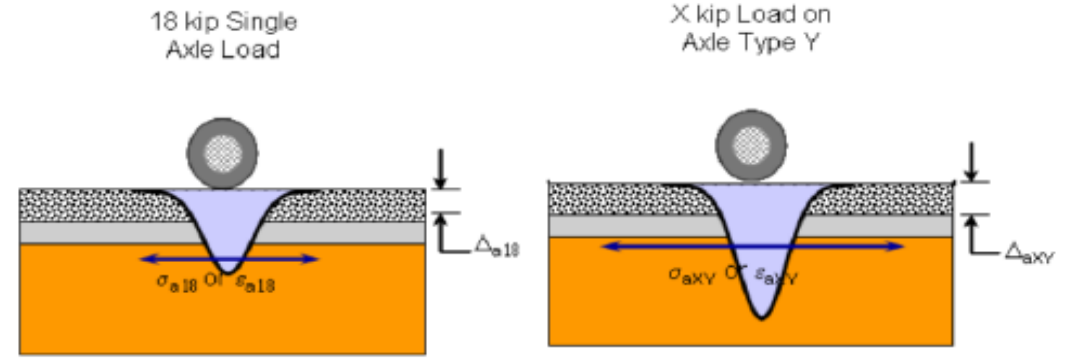
Cancelar

# FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA (FACTOR DE DAÑO)



$$LEF_c = \frac{\text{Stress, Strain or Deflection of X kip Load on Axle Type Y}}{\text{Stress, Strain or Deflection of 18 kip Single Axle Load}}$$

Figure 1. LEF determination for a rigid pavement.



$$LEF_a = \frac{\text{Stress, Strain or Deflection of X kip Load on Axle Type Y}}{\text{Stress, Strain or Deflection of 18 kip Single Axle Load}}$$

Figure 2. LEF determination for a flexible pavement.

En la Figura 1, el pavimento de concreto está cargado con un EJE de 18 kip. Esto produce un esfuerzo de TENSIÓN en la parte inferior de la capa de concreto y una DEFLEXIÓN en la parte superior de la losa de concreto. La carga del pavimento con otra carga X kip en el tipo de eje Y, produce un esfuerzo de Tensión y deflexión diferente. La división de la tensión, la deformación o la deflexión de una carga X Kip en el tipo de eje Y por la tensión, la deformación o la deflexión de la carga de un solo eje de 18 kip da un factor de equivalencia de carga. Hacer lo mismo con un pavimento flexible también produce factores de equivalencia de carga (Figura 2).

El número de repeticiones de la carga del eje X en el tipo de eje Y necesarias para la misma pérdida de capacidad de servicio

LEF=

\_\_\_\_\_  
 Número de repeticiones de una carga de un solo eje de 18 kip para causar una pérdida de servicio dada



# “ EVALUACION DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DEBIDO A NUEVOS DISEÑOS DE NEUMATICOS ”

**Concepto para el calculo del factor de eje equivalente o factor de Daño (LEF)**

➤ Factor de Daño (Yang Huang 2004)

$$N_f = f_1(\epsilon_t)^{-f_2} (E_1)^{-f_3}$$

$$N_d = f_4(\epsilon_c)^{-f_5}$$

- Instituto del Asfalto : f2 = 3.291, f5: 4.477  
f1=0.0796; f3=0.854  
f4=1.365 X10 ^ 9
- Shell : f2 = 5.617, f5: 4.0
- Universidad de Nottingham : f5 = 3.571
- Deacon (1969), teoría elástica de capas : f2 = 4

$$FD = \frac{Wt18}{Wtx} = (\epsilon_x / \epsilon_{18})^4$$

- Wt18 : Carga por eje estándar (80 psi de presión de inflado)
- Wtx : Carga del eje analizado



**Métodos para el cálculo del Factor de Daño**

➤ **Factor de Daño AASHTO-93 Flexible (SN, *pt*, L2: 1, 2, 3)**

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

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right), \beta_x = 0.4 + \frac{0.081(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_2^{3.23}}, \beta_{18} = 0.4 + \frac{0.081(18 + 1)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19}}$$

➤ **Factor de Daño Instituto del Asfalto (SN:5, *pt*:2.5, L2: 1, 2, 3)**

$$\log\left(\frac{W_{tx}}{W_t}\right) = 4.79 \log(18 + 1) - 4.79 \log(L_x + L_2) + 4.33 \log(L_2) + \frac{0.2}{\beta_x} - \frac{0.2}{\beta_{18}}$$

$$\beta_x = 0.4 + \frac{0.081(L_x + L_2)^{3.23}}{(6)^{5.19} L_2^{3.23}}, \beta_{18} = 0.4 + \frac{0.081(18 + 1)^{3.23}}{(6)^{5.19}}$$



# Métodos para el cálculo del Factor de Daño

## ➤ Factor de eje equivalente Ecuaciones Reducidas del MTC 2014

| Tipo de Eje   | Eje Equivalente (ESAL8.2 tn) |                            |
|---|------------------------------|----------------------------|
|   | Pavimento flexible           | Pavimento rígido           |
| Eje Simple de ruedas simples (EES1)                             | $EES1 = [ P / 6.6 ] 4.0$     | $EES1 = [ P / 6.6 ] 4.1$   |
| Eje Simple de ruedas dobles (EES2)                              | $EES2 = [ P / 8.2 ] 4.0$     | $EES2 = [ P / 8.2 ] 4.1$   |
| Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)   | $EETA1 = [ P / 14.8 ] 4.0$   | $EETA1 = [ P / 13.0 ] 4.1$ |
| Eje Tándem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)                   | $EETA2 = [ P / 15.1 ] 4.0$   | $EETA2 = [ P / 13.3 ] 4.1$ |
| Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1) | $EETR1 = [ P / 20.7 ] 3.9$   | $EETR1 = [ P / 16.6 ] 4.0$ |
| Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2)                   | $EETR2 = [ P / 21.8 ] 3.9$   | $EETR2 = [ P / 17.5 ] 4.0$ |
| P = peso real por eje en toneladas                              |                              |                            |



Central de Illinois para el Transporte  
**EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DEBIDO A NUEVOS DISEÑOS DE NEUMÁTICOS**

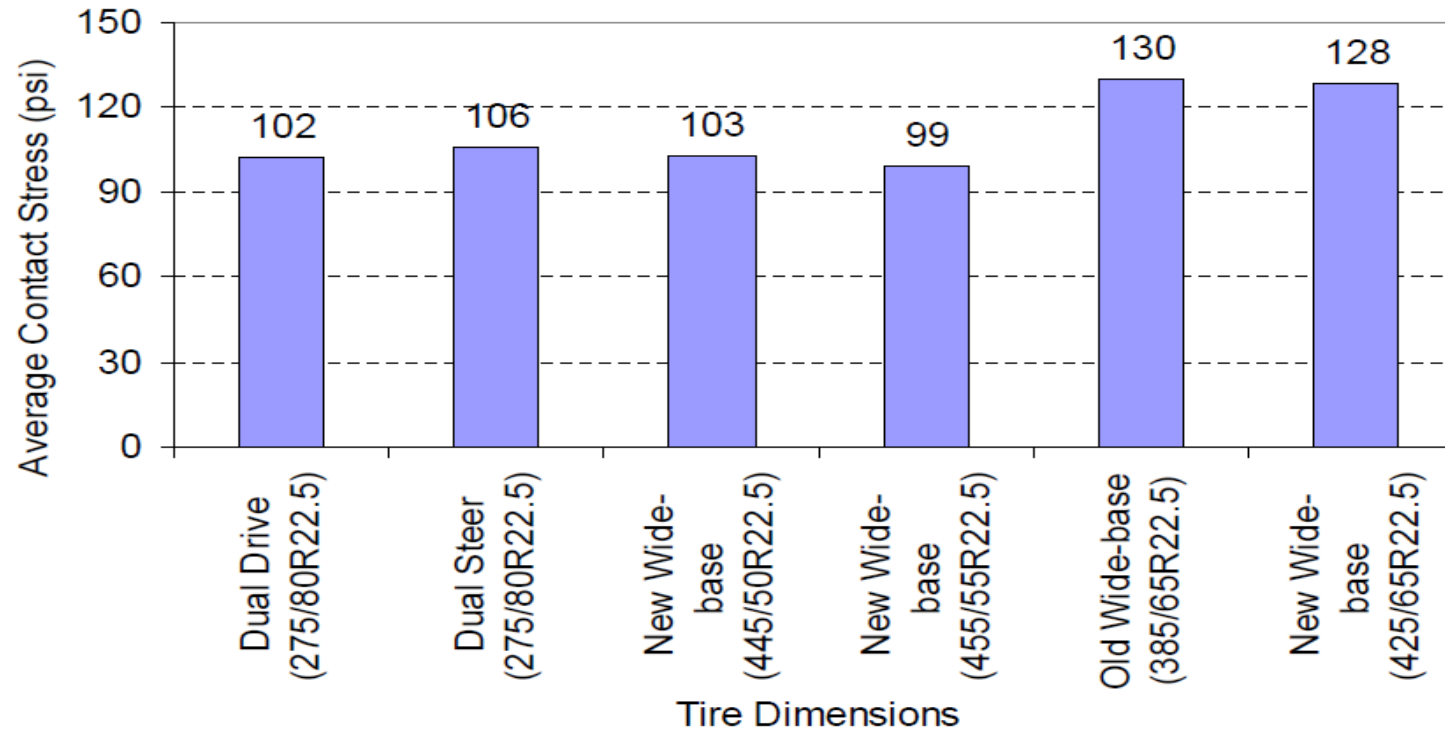


Figure 3. Average vertical contact stress at pavement surface for maximum loading conditions in the U.S. for various tire sizes.

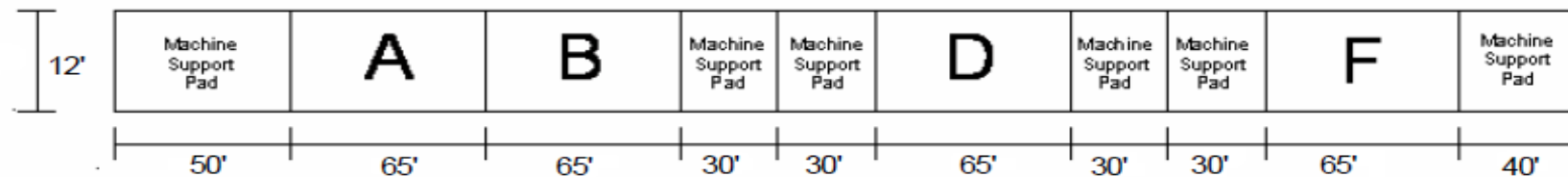




**ILLINOIS CENTER FOR  
TRANSPORTATION**

*Central de Illinois para el Transporte*

**EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DEBIDO A NUEVOS DISEÑOS DE NEUMÁTICOS**



Profile View

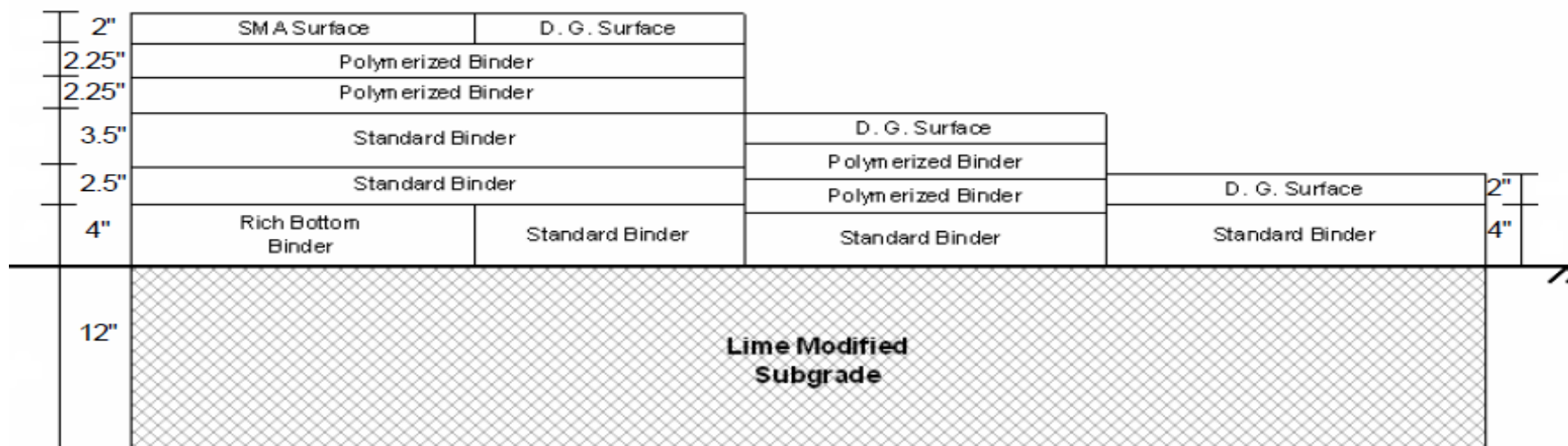


Figure 4. General layout of the full-depth HMA pavement test sections.



Central de Illinois para el Transporte

## EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DEBIDO A NUEVOS DISEÑOS DE NEUMÁTICOS

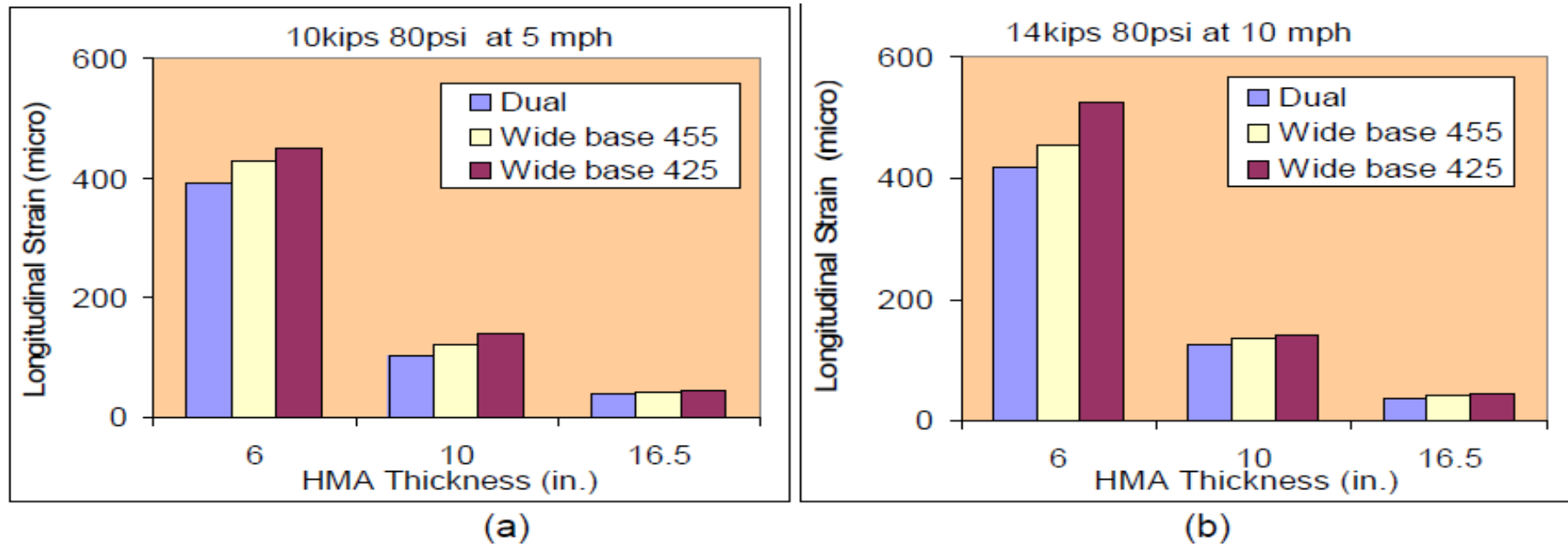
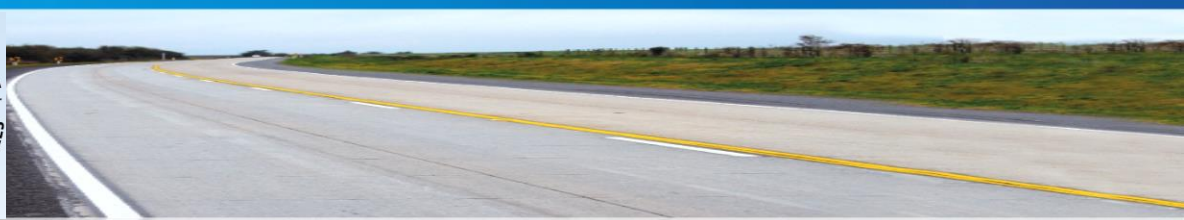


Figure 9. Measured strains under various tire configurations for (a) 10 kips, 80 psi, 5 mph and (b) 14 kips, 80 psi, 10 mph.



# Efecto de daño representativo en las principales vías del País





# Efecto de daño representativo en las principales vías del País





# Efecto de daño representativo en las principales vías del País



**CARRETERA : PATAHUASI-CHIVAY**



Tipos de carga y configuración de neumáticos que mayor efecto de daño generan



## Análisis del neumático de banda ancha super single 425 – T3S3 (PERU)

### Estructura de pavimento existente

| Pavimento       | MAC     | Base Gran. | Sub Base | Subrasante |
|-----------------|---------|------------|----------|------------|
| Espesor. (cm)   | 11.0    | 20.0       | 15.0     | $\infty$   |
| Espesor. (pulg) | 4.3     | 7.9        | 5.9      | $\infty$   |
| Mr (psi)        | 430,000 | 30,000     | 17,500   | 17,090     |
| $\mu$           | 0.35    | 0.40       | 0.40     | 0.45       |

Serviciabilidad final Pt : 2.5

SN : 3.67

## FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA (FACTOR DE DAÑO)

Verificación de las áreas de contacto efectivas por tipo de eje del camión T3S3

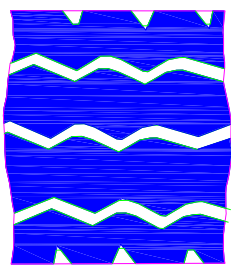
| Empresa                       | Área contacto eje simple | Área contacto eje tándem | Área contacto eje tridem |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                             | 0.0374                   | 0.0513                   | 0.0550                   |
| 2                             | 0.0384                   | 0.0529                   | 0.0589                   |
| 3                             | 0.0360                   | 0.0513                   | 0.0540                   |
| 4                             | 0.0408                   | 0.0488                   | 0.0633                   |
| 5                             | 0.0417                   | 0.0495                   | 0.0592                   |
| 6                             | 0.0404                   | 0.0505                   | 0.0516                   |
| 7                             | 0.0366                   | 0.0499                   | 0.0658                   |
| 8                             | 0.0402                   | 0.0504                   | 0.0660                   |
| <b>Promedio (m2)</b>          | <b>0.0389</b>            | <b>0.0506</b>            | <b>0.0592</b>            |
| <b>Desv. Estándar</b>         | <b>0.0021</b>            | <b>0.0013</b>            | <b>0.0054</b>            |
| <b>Coef. De Variación</b>     | <b>5.5</b>               | <b>2.5</b>               | <b>9.2</b>               |
| <b>Carga por eje (ton)</b>    | <b>6.654</b>             | <b>18.524</b>            | <b>27.621</b>            |
| <b>Presión efectiva (psi)</b> | <b>122</b>               | <b>130</b>               | <b>111</b>               |



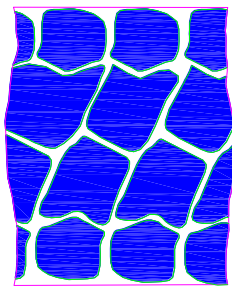


# ANÁLISIS DEL NEUMÁTICO DE BANDA ANCHA SUPER SINGLE 425 – T3S3 (PERU)

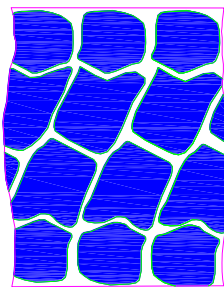
## Impresión del área de contacto efectivo camión T3S3



Eje delantero

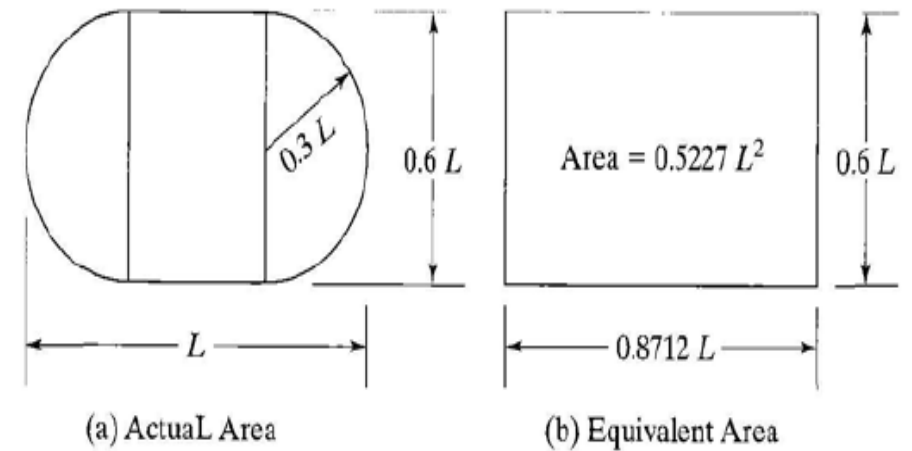


Eje Tándem



Eje Tridem

## Dimensionamiento del Área de Contacto del Neumático



Yang-Huang 2004



## Factor Daño, Neumático de Banda Ancha Super Single – T3S3

### Configuración de carga y neumáticos de los ejes estándar T3S3 - MTC

| Tipo Eje                                    | Total Eje<br>(Ton) | Pres. Infl.<br>(Psi) | Peso Neu.<br>(Lb) | Radio Cont.<br>(Pulg) |
|---|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Eje simple, rueda simple                    | 6.6                | 80                   | 7,275             | 5.38                  |
| Tandem 1 eje rueda doble+1 eje rueda simple | 14.8               | 80                   | 4,079             | 4.03                  |
| Tridem 2 eje rueda doble+1 eje rueda simple | 20.7               | 80                   | 3,803             | 3.89                  |

**42.1**

### Configuración de carga y neumáticos de los ejes del camión T3S3 según pesaje

| Tipo Eje                        | Total Eje<br>(Ton) | Pres. Infl.<br>(Psi) | Peso Neu.<br>(Lb) | Radio Cont.<br>(Pulg) |
|---------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Simple Rueda Simple             | 6.5                | 118                  | 7,119             | 4.38                  |
| Tandem Rueda Simple Banda Ancha | 18.2               | 128                  | 10,021            | 5.00                  |
| Tridem Rueda Simple Banda Ancha | 27.8               | 111                  | 10,202            | 5.40                  |

**52.4**



## Análisis del neumático de banda ancha super single 425 – T3S3 (PERU)

$$FD = \frac{Wt18}{Wtx} = (\epsilon_x / \epsilon_{18})^4$$

**Factor de daño FD a partir de Esfuerzos y deformaciones – análisis Mecanisticos (KENPAV) comparados con los ejes estándar de la tabla 6.3 del Manual de Pavimentos del MTC**

| Tipo Eje                        | Ejes Camiones de Banda Ancha |              | Ejes Estándar |              | Factor De Daño |              |
|---------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
|                                 | $\epsilon_t$                 | $\epsilon_c$ | $\epsilon_t$  | $\epsilon_c$ | Tracción       | Compresión   |
| Simple Rueda Simple             | -2.359E-04                   | 2.767E-04    | -1.933E-04    | 2.790E-04    | 2.218          | 0.967        |
| Tándem Rueda Simple Banda Ancha | -2.473E-04                   | 3.529E-04    | -1.906E-04    | 2.713E-04    | 2.834          | 2.863        |
| Tridem Rueda Simple Banda Ancha | -2.280E-04                   | 3.499E-04    | -1.836E-04    | 2.518E-04    | 2.378          | 3.729        |
| <b>Factor de Daño Total</b>     |                              |              |               |              | <b>7.430</b>   | <b>7.559</b> |



## Análisis comparativo del factor de daño según los métodos disponibles

| Tipo de Eje                      | Carga | AASHTO | MTC   | Análisis     |
|----------------------------------|-------|--------|-------|--------------|
| T3S3 Eje Dual D.S. 058 MTC       | 48.0  | 4.316  | 5.541 | -            |
| T3S3 Eje Simple Banda Ancha+10%P | 52.4  | 5.082  | 6.337 | <b>7.559</b> |



## Conclusiones

- Es evidente las condiciones de cambio respecto a la configuración y carga de los vehículos en la red vial nacional, consecuentemente es importante el control de cargas.
- El MTC debe asumir a través de una dirección el control, regulación y proyección del tráfico, de acuerdo con planificación efectiva que responda a las políticas de gobierno.
- Se requiere actualizar las relaciones de carga del manual de Pavimentos del MTC para la estimación de los factores de daño para neumáticos de banda ancha.

## Recomendaciones

- Derogatoria de D.S 002-2005-MTC y actualización del D.S 058-2003-MTC.
- Análisis del beneficio costo del MTC por el efecto de este tipo de ejes y neumáticos en la red vial nacional.
- Retomar el sistema de multas en caso de excesos de carga mas allá de las tolerancias establecidas en el D.S. 058-2003- MTC actualizado.
- El daño potencial en el pavimento inducido por los neumáticos NGWB debe evaluarse antes de la adopción generalizada de su uso
- Los diseños de MAC deberán estar provistas de polímeros, fibras sintéticas, celulosas que refuercen los efectos cortantes que se están presentando como consecuencia del uso de estos neumáticos