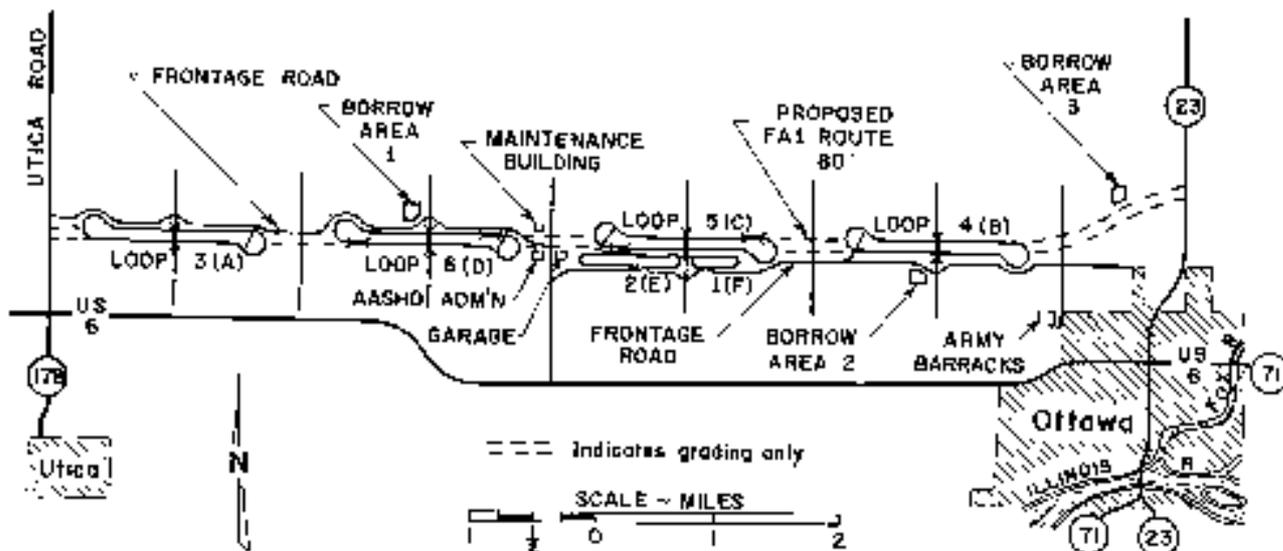


# MÉTODO AASHTO 1993 (Resumen)

## American Association of State Highway and Transportation Officials

Tiene su origen en una gran experiencia a escala real y solicitada por diferentes tipos de tránsito controlado en los años 1959 y 1960. A partir de la cual se realizaron numerosos estudios, permitiendo el planteo de ecuaciones empíricas de comportamiento estructural.



. Esquema de la zona donde se realizó la experiencia a escala natural que dio origen al método de diseño. En los diferentes circuitos se plantearon combinaciones de tipos estructurales que fueron sometidos a niveles de tránsito con vehículos reales y diferentes entre los circuitos, de manera de posibilitar el planteo de una ecuación de correlación

Completando el antiguo criterio de que un material se comporta bien bajo una adecuado espesor de protección (Tapada), este método, plantea que la función de caída de la serviciabilidad con el número de reiteraciones de ejes de referencia, depende de una combinación entre espesores y calidades de los materiales que constituyen la estructura.

Inicialmente la caracterización de los materiales se realizaba por diferentes métodos, En su versión 1993 se propicia la utilización del módulo conjuntamente con el tipo de capa para la definición de su calidad por medio del coeficiente de aporte estructural "ai".

**Requiere entonces una modelización de la Estructura** donde se definan los módulos de los diferentes materiales.

H1	E1	Tipo de capa
H2	E2	Tipo de capa
H3	E3	Tipo de capa
Hi	Ei	Tipo de capa
	Es	Subrasante

El método reconoce la no linealidad de los materiales y plantea estimaciones en base a las solicitaciones y ecuaciones de módulo y/o técnicas de retroajuste modular.

La formula actual del método para pavimentos flexibles puede resumirse en:

$$\text{LOG N} = -\text{ZR S0} + 9.36 \text{ LOG}(\text{SN} + 1) - 0.2 + \frac{\text{LOG}[(4.2-\text{Psf})/(4.2 - 1.5)]}{0.4 + [1094 / (\text{SN} + 1)^{5.19}]}$$

$$+ 2.32 \text{ LOG}\left(\frac{\text{Es}}{0.007}\right) - 8.07$$

Donde:

Psf Índice de serviciabilidad presente final

Es módulo subrasante(MPa)

ZR función de la confiabilidad

S0 desviación estándar 0.4 a 0.5 (para pav. flexibles)

LOG logaritmo base 10

SN número estructural obtenido como se detalla posteriormente, función de:

ai valor de aporte estructural 1/cm

h espesor (cm)

mi factor de drenaje

Cada capa aporta al número estructural SN con un valor SNi

SNi = ai \* h \* mi

SN = Σ SNi

Los aportes estructurales ai se obtienen según el tipo de capa

Cementada

$$ai = 0.0000038 * E ^ 1.157$$

Asfáltica módulo a 20°C fact. deter. fd (fd=1 mezcla sin daño)

Precaución para módulos >+ 3100 MPa por fisuración térmica y fatiga

$$ai = -0.352 + 0.149 * \text{Log}_{10}(E) * fd$$

Base granular

$$ai = (0.249 * \text{LOG}(E / 0.007) - 0.977) / 2.54$$

Sub-base granular

$$ai = (0.227 * \text{LOG}(E / 0.007) - 0.839) / 2.54$$

E módulo (MPa)

mi es un factor de drenaje aplicable en materiales no ligados y no tratados

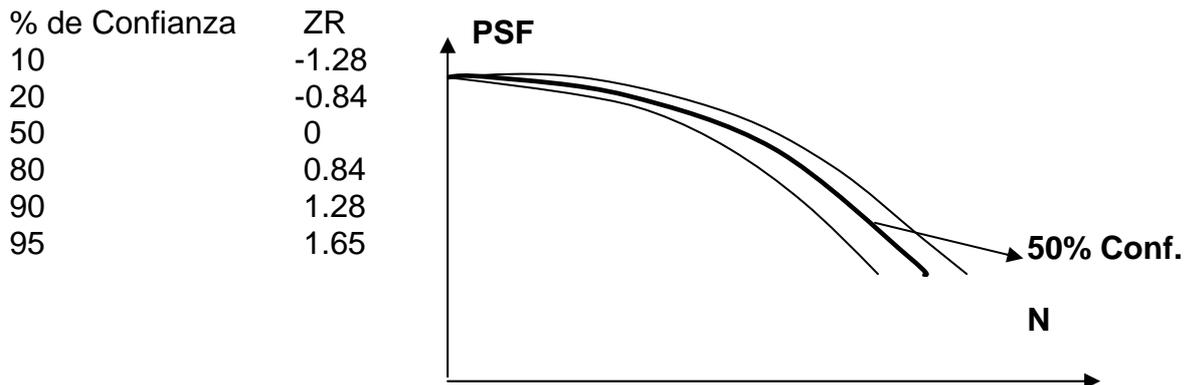
mi se define en función del tiempo que tarda el agua en drenar y el % del año en que es sometido a condiciones críticas.

Calidad del Drenaje	tiempo de remoción	% del tiempo expuesto a humedades cercanas a saturación			
		<1%	1 a 5%	5 a 25%	>25%
Excelente	2 horas	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1 día	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1 semana	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Pobre	1 mes	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy pobre	no drena	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

### Se predice el comportamiento con distintos grados de confianza

La inclusión del término inicial de la fórmula  $( - Z_R S_0 )$  reconoce que la predicción del comportamiento efectuado con la fórmula presenta una dispersión respecto al observado en servicio. Esta distribución de las predicciones presenta una tendencia Gaussiana cuando se representa respecto al logaritmo del número de reiteraciones.

Resulta entonces aplicable el estadístico ZR que evalúa la confianza de la predicción como un corrimiento de ZR veces la desviación estándar de la distribución respecto al valor medio de la misma.



### Respecto al planteo del modelo estructural

Es necesario tener presente las limitaciones existentes en los materiales no ligados para el desarrollo de su máxima capacidad. Materiales granulares se comportarán con mayor rigidez cuando se encuentren sometidos a un mayor confinamiento, mientras que materiales cohesivos presentarán mayor rigidez si trabajan con un tensor desviador pulsante menor. .

### Fuera de lo propuesto por el Método (y simplificado para un predimensionamiento)

Podría plantearse el módulo en base a un valor máximo dado por correlación con el material, pero acotado por un máximo escalonamiento modular

Por ejemplo la capa i tendrá dos máximos valores modulares y se comportara con el menor de ambos valores:

$$E_{\text{máximo}1i} [\text{Mpa}] = 18 \text{ CBR}^{0.64}$$

Respetando el escalonamiento máximo dado por Barker para capas de Base o Sub-base

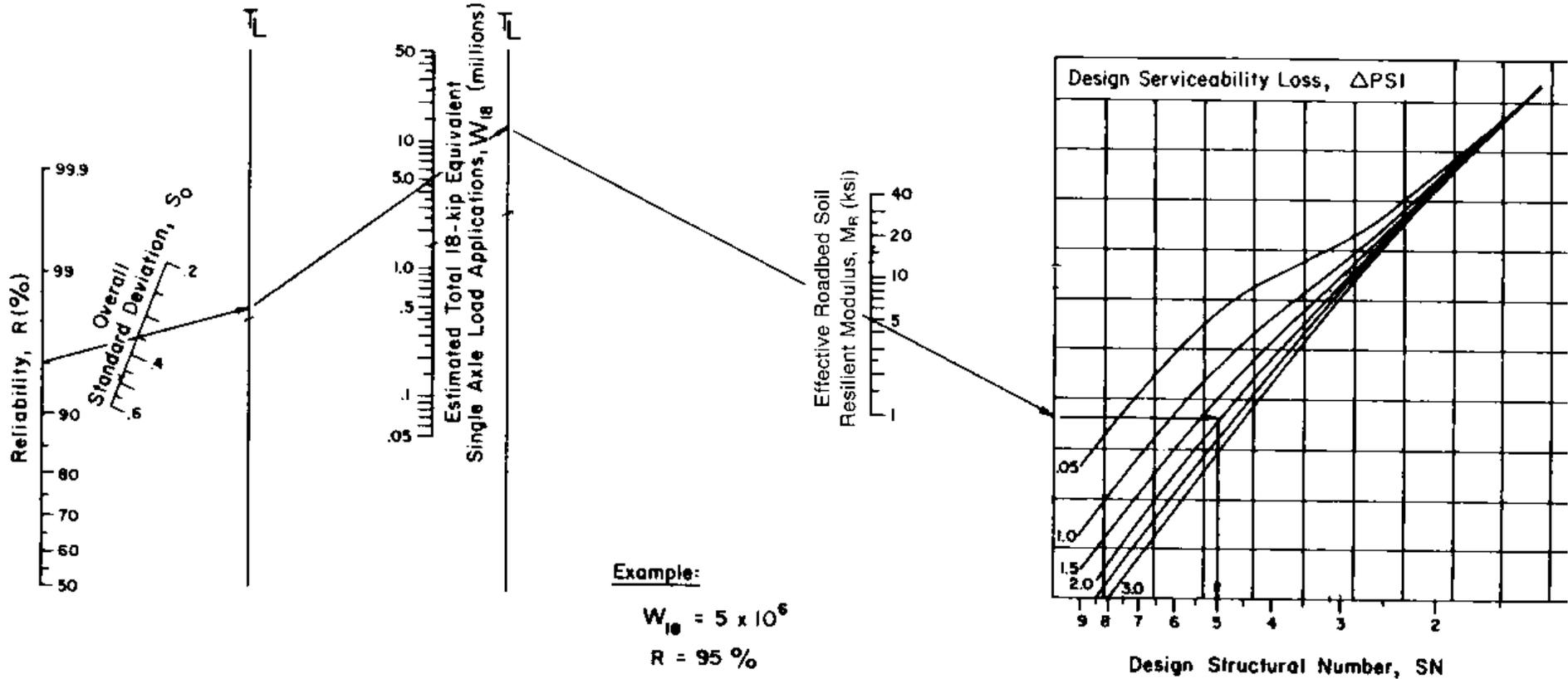
$$k_{\text{base}} = 1 + 10.52 \cdot \text{Log}(H_i / 2.54) - 2.1 \cdot \text{Log}(E_{i+1} / 0.007) \cdot \text{Log}(H_i / 2.54)$$

$$k_{\text{sub-base}} = 1 + 7.18 \cdot \text{Log}(H_i / 2.54) - 1.56 \cdot \text{Log}(E_{i+1} / 0.007) \cdot \text{Log}(H_i / 2.54)$$

$$E_{\text{max}2_i} = k E_{i+1}$$

NOMDGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$



**Example:**

$W_{18} = 5 \times 10^6$

$R = 95 \%$

$S_o = 0.35$

$M_R = 5000 \text{ psi}$

$\Delta PSI = 1.9$

Solution:  $SN = 5.0$

## ***EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON FWD SEGÚN AASHTO***

Se valora la deflexión en cada punto de medición, respetando la diferencia máxima entre deflexiones para determinar el número de mediciones requeridas para estabilizar el fenómeno (en general se adopta la segunda) en cada punto se valora también la temperatura de superficie.

Se valora la temperatura mediante termómetro, al inicio de la medición y cuando la medición continua muestre cambios relevantes.

Todos los valores de deflexión se corrigen por carga asumiendo una variación lineal para representar mejor la misma carga a lo largo de las progresivas.

$$D_{i0} = D_i \cdot P_0 / P$$

Dado que la temperatura condiciona el módulo de las capas asfálticas, es necesario adoptar una temperatura de referencia ( 20 grados centígrados para AASHTO'93). El método brinda un gráfico de corrección en función del espesor de las capas asfálticas y la temperatura (esta temperatura tendría que ser la media del espesor asfáltico). Podría desarrollarse una fórmula específica con un programa de simulación de deflexión y los datos de la estructura.

Los tramos homogéneos resultan de la evaluación de los antecedentes disponibles conjuntamente con la aplicación del método de diferencias acumuladas sugerido por AASHTO'93.

En cada punto de medición se calcula

- *M<sub>ri</sub>*    *módulo de la subrasante para cada punto de auscultación FWD*
- *M<sub>r</sub>*    *módulo de la subrasante promedio*
- *E<sub>p</sub>*    *módulo del conjunto de la estructura*
- *S<sub>neff</sub>*    *número estructural efectivo medio del tramo.*

El valor *M<sub>ri</sub>* de cada punto auscultado se calculó con la fórmula indicada en la página III-97 del método AASHTO'93 a partir de una deflexión lo suficientemente distante de la carga.

$$M_r = (0,24 P) / (d_r \cdot r)$$

Donde: *M<sub>r</sub>*    *módulo de la subrasante retrocalculado en psi*

*P*    *carga aplicada en libras*     $P = p / 0.4536$     *p*[Kg]

*d<sub>r</sub>*    *deflexión a la distancia r en pulgadas*     $d = d_r / 25400$     *d<sub>r</sub>*[um]

*r*    *distancia de medición de la deflexión en pulgadas*

El método AASHTO'93 requiere que el módulo resiliente de la subrasante se estime a una distancia *r* mayor o igual a 0,7 veces el radio del Bulbo de Tensiones *a<sub>e</sub>*, para asegurar la no influencia de las capas superiores de la estructura. Y no tan lejos para disponer un valor apreciable de deflexión *d<sub>r</sub>*.

La formula que permite calcular  $a_e$  es:

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left( D \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}$$

Donde:  $a_e$  radio del bulbo de tensiones en la interfase subrasante pavimento en pulgadas  
 $a$  radio del plato de carga en pulgadas  
 $D$  espesor total del pavimento sobre la subrasante en pulgadas  
 $E_p$  módulo efectivo de todo el pavimento sobre la subrasante en psi.

Se requiere entonces el cálculo previo de  $E_p$  el que se obtiene de la siguiente formula mediante un proceso iterativo.

$$d_0 = 1.5pa \left\{ \frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{\left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \right)^2}} \right]}{E_p} \right\}$$

Donde:  $d_0$  deflexión medida al centro del plato de carga ajustada a una temperatura de 68 °F (20 °C) en pulgadas

Siguiendo la metodología (página III-102 del método), el valor del número estructural efectivo del pavimento existente  $S_{neff}$  se obtiene como

$$S_{neff} = 0,0045 D E_p^{1/3}$$

El modulo resiliente de diseño se consigue reduciendo el obtenido del retrocálculo por un factor de corrección  $C$ . El método recomienda utilizar un factor  $C$  de 0,33. Indicando que puede ser aún menor si existen capas de mayor rigidez por debajo de la subrasante.

Finalmente el número estructural requerido se obtiene mediante la utilización de la ecuación general del método. Y a partir de la diferencia con el número estructural efectivo se determina el espesor de refuerzo necesario, siguiendo criterios para el coeficiente  $c$ , la dispersión del logaritmo del número admisible  $S_0$  y el grado de cobertura.