

## DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

Ecuación General de Diseño:

$$\text{LOG}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 7.35 * \text{LOG}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{LOG}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \left(\frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}\right)} + (4.22 - 0.32 * P_t) * \text{LOG}\left[\frac{S'_c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{K}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

$W_{18}$  = REE

$Z_R$  = se obtiene para la confiabilidad R

$S_0$  = desviación estándar de las variables

D = ESPESOR DE LA LOSA DEL PAVIMENTO

$\Delta\text{PSI}$  = pérdida de servicialidad

$P_t$  = servicialidad final

$S'_c$  = Módulo de Ruptura del concreto (psi)

J = coeficiente de transferencia de carga

$C_d$  = coeficiente de drenaje

$E_c$  = Módulo de Elasticidad (psi)

K = Módulo de Reacción (coeficiente de balasto (psi/pulg))

TODAS LAS VARIABLES DE DISEÑO HAN SIDO TABULADA PARA FACILITAR LOS CÁLCULOS

# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

## GENERALIDADES:

1. El objetivo fundamental de la ecuación de diseño es obtener el espesor de la losa de pavimento rígido mediante la relación matemática entre las variables de diseño (tráfico, confiabilidad estadística, servicialidad, calidad del material de base o sub-rasante, calidad del concreto, calidad del drenaje, transferencia de carga entre losas)
  2. El valor de las cargas de tráfico aplicadas, puede calcularse mediante los procedimientos y conocimientos ya adquiridos en clase.
  3. Podría iniciarse el procedimiento de diseño del pavimento, mediante un “tanteo” asumiendo un espesor inicial, hasta que la ecuación este en perfecto equilibrio.
  4. Se pueden emplear una calculadora programable para despejar directamente la variable incógnita “D”.
  5. Existe un software **WinPass** de la American Concrete Pavement Association (PCA), mediante el cual pueden diseñarse pavimentos flexibles y rígidos.
  6. **SERVICIALIDAD:** para pavimentos rígidos se establece el valor de  $P_o$  en 4.5. En el caso de la servicialidad final  $P_t$ , se recomiendan los siguientes valores:

- Para Autopistas	2.5
- Para Carreteras	2.0
- Para Zonas Industriales	1.8
- Pavimentos Urbanos Principales	1.8
- Pavimentos Urbanos Secundarios	1.5
  7. **VIDA ÚTIL:** el valor mínimo de diseño en el caso de pavimentos rígidos es de 20 años.
  8. **TRANSFERENCIA DE CARGAS (J):** es la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir fuerzas cortantes con sus losas adyacentes. La efectividad de la Transferencia de Carga entre losas adyacentes depende de varios factores: cantidad de Tráfico, utilización de pasajuntas y soporte lateral de las losas. Una manera de transferir la carga de una losa a otra es mediante la trabazón de agregados que se genera en la grieta debajo del corte de la junta (recomendable vías con tráfico ligero)
-

# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

## GENERALIDADES:

La utilización de pasajuntas es la manera mas conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de cargas, los investigadores recomiendan evaluar dos criterios para determinar la conveniencia de utilizar pasajuntas. Utilizar pasajuntas cuando: El tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total o cuando número de Ejes Equivalentes de diseño sea mayor de 5.0 millones de Esal's.

9. **CONCRETO:** Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil: Resistencia a la tensión por flexión ( $S'c$ ) ó Módulo de Ruptura (MR) y el Módulo de Elasticidad del Concreto ( $E_c$ )

**Módulo de Ruptura (MR)**.- Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ( $S'c$ ) o Módulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días.

**Módulo de Elasticidad:** El Módulo de Elasticidad del concreto esta íntimamente relacionado con su Módulo de Ruptura y se determina mediante la norma ASTM C469. Existen varios criterios con los que se puede estimar el Módulo de Elasticidad a partir del Módulo de Ruptura.

10. **RESISTENCIA DE LA SUB-RASANTE (K):** es considerada dentro del método por medio del Módulo de Reacción del Suelo K que se puede obtener directamente mediante la prueba de placa. El módulo de reacción de suelo corresponde a la capacidad portante que tiene el terreno natural en donde se soportará el cuerpo del pavimento. El valor del módulo de reacción (K) se puede obtener directamente del terreno mediante la prueba de placa ASTM D1195 y D1196. El valor de K representa el soporte (terreno natural y terraplén si lo hay) y se puede incrementar al tomar la contribución de la sub-base. ***Cuando se diseña un pavimento es probable que se tengan diferentes valores de K a lo largo del tramo por diseñar, el método AASTHO recomienda utilizar el valor promedio de los módulos K para el diseño estructural.***
-

# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

## GENERALIDADES:

- 11. DRENAJE:** En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectará en gran medida la respuesta estructural del pavimento. Aspectos que debemos de cuidar para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte: mantener perfectamente selladas las juntas del pavimento, sellar las juntas entre pavimento y el acotamiento o cuneta, colocar barreras rompedoras de capilaridad (en donde se requiera), utilizar cunetas, brocales, torrenteras, subdrenajes, etc., y construir o aprovechar los drenajes pluviales en las ciudades.

Tener agua atrapada en la estructura del Pavimento produce efectos nocivos en el mismo, como pueden ser: reducción de la resistencia de materiales granulares no ligados, reducción de la resistencia de la subrasante, expulsión de finos, levantamientos diferenciales de suelos expansivos y expansión por congelamiento del suelo.

- 12. CONFIABILIDAD (R):** Confiabilidad.- La confiabilidad esta definida como "la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación". La confiabilidad puede relacionarse con un Factor de Seguridad.
-

# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

## VARIABLES DE DISEÑO – RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO:

- TIPO DE PAVIMENTO DE CONCRETO:** elegir una condición entre: Pavimentos de concreto simple (Sin pasadores/Con pasadores), Pavimentos de concreto reforzado con juntas y Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18

- CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR:**

Confiabilidad recomendada por AASHTO \*

Clasificación Funcional	Urbano	Rural
Autopistas	85% - 99.9%	80% - 99.9%
Arterias Principales	80% - 99%	75% - 99%
Colectoras	80% - 95%	75% - 95%
Locales	50% - 80%	50% - 80%

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S <sub>g</sub> )	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

- SERVICIALIDAD FINAL (Pt):**

Tabla 1.4 Índice de serviciabilidad final\*

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de Confiabilidad

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

VARIABLES DE DISEÑO – RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO:

4. **MÓDULO DE RUPTURA ( $S_c$ ):** en algunos casos también lo denominan MR.

Tipo de Pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm <sup>2</sup>	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

5. **MÓDULO DE ELASTICIDAD ( $E_c$ ):** Existen varios criterios con los que se puede estimar el Módulo de Elasticidad a partir del Módulo de Ruptura. Los dos más utilizados son:

- $E_c = 6.750 * MR$  estas formulas aplican con unidades inglesas
- $E_c = 26.454 * MR^{0,77}$

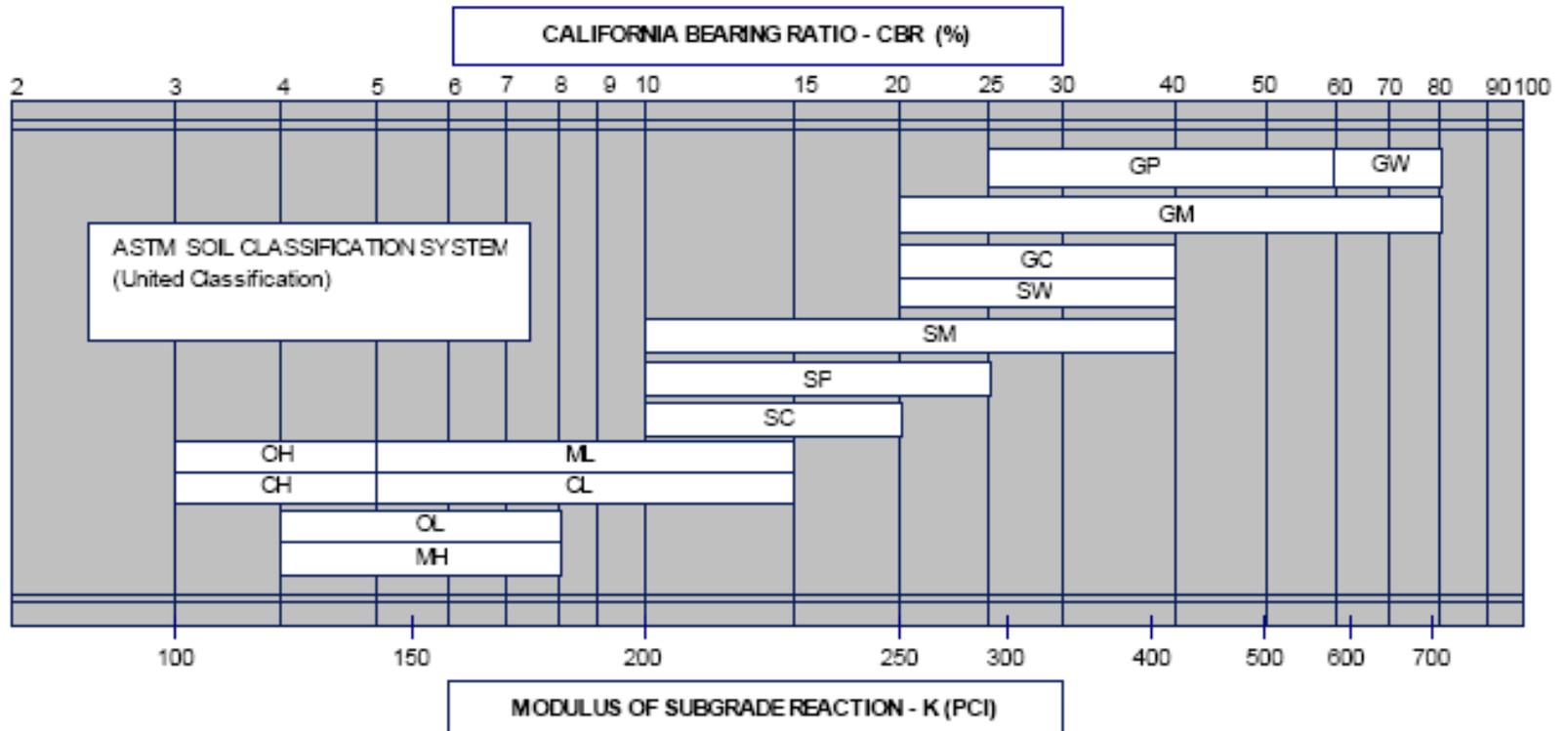
6. **COEFICIENTE DE DRENAJE ( $C_d$ ):**

$C_d$	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Calificación					
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

VARIABLES DE DISEÑO – RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO:

## 6. MÓDULO DE REACCIÓN (K):



# DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

VARIABLES DE DISEÑO – RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO:

6. **MÓDULO DE REACCIÓN (K):** otra forma de visualizar el valor de “K” es a través de los sistemas de clasificación de suelos, por ejemplo se muestran los valores de K en función del Sistema de Clasificación Unificado de Suelos.

Tipo de Suelo	SUCS	Densidad Seca lb/ft3	CRB %	K * pci
<b>Suelos Granulares</b>				
Grava	GW, GP	125 a 140	60 a 80	300 a 450
		120 a 130	35 a 60	300 a 400
Arena Gruesa	SW	110 a 130	20 a 40	200 a 400
Arena Fina	SP	105 a 120	15 a 25	150 a 300
<b>Suelos de Material Granular con Alto Contenido de Finos</b>				
Grava - Limosa	GM	130 a 145	40 a 80	300 a 500
Grava - Areno - Limosa				
Arena - Limosa	SM	120 a 135	20 a 40	300 a 400
Arena - Limo - Gravosa				
Grava - Arcillosa	GC	120 a 140	20 a 40	200 a 450
Grava - Areno - Arcillosa				
Arena - Arcillosa	SC	105 a 130	10 a 20	150 a 350
<b>Suelos de Material Fino **</b>				
Limo	ML, OL	90 a 105	4 a 8	25 a 165
Limo - Arenoso		100 a 125	5 a 15	40 a 220
Limo - Gravoso				
Limo Mal Graduado	MH	80 a 100	4 a 8	25 a 190
Arcilla Plástica	CL	100 a 125	5 a 15	25 a 255
Arcila Medianamente Plástica	CL, OL	95 a 125	4 a 15	25 a 215
Arcilla Altamente Plástica	CH, OH	80 a 110	3 a 5	40 a 220

\* estos rangos de K aplican para estratos homogéneos de suelo de por lo menos 3 metros de espesor. Si un estrato de suelo de menos de 3 metros existe sobre un suelo más blando, el valor de K deberá corresponder al del suelo blando inferior y se podrá considerar el incremento de K debido al estrato superior. Si por el contrario existiera un estrato de roca el valor de K deberá ser ajustado.

\*\* el valor de K de los suelos finos depende en gran medida del grado de saturación, por lo que se recomienda realizar una corrección de por este efecto.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MÉTODO AASTHO

VARIABLES DE DISEÑO – RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO:

8. **COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):** El uso de bermas de concreto unidas o losas ensanchadas reducen las tensiones y deformaciones en una losa. Es por eso que se usan valores menores de J. La razón para tomar J menores en pavimentos con bermas de concreto unida es porque se supone que los vehículos no transitarán por la misma. Es necesario tener en cuenta que la zona crítica de la losa es la esquina y con esta premisa las cargas se alejan de ella, permitiendo una reducción de espesores.

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 – 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 – 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	