

## METODOLOGIA PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS PARA VIAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO. Agosto 2010

Por: Ing. Augusto Jugo B. (PhD)

### INTRODUCCIÓN:

El presente trabajo contiene la metodología desarrollada para el diseño estructural de pavimentos asfálticos para vías de bajo volumen de tráfico y/o aplicación limitada de cargas en el periodo de diseño. El procedimiento ha sido desarrollado para vías en las que se esperen menos de 2 millones de repeticiones de ejes equivalentes (EE). Esta demanda depende de varios factores como: número de camiones, tipo de cargas, periodo de diseño, etc. Este aspecto será tratado mas adelante. En todo caso como valores referenciales, para las características actuales de tráfico en Venezuela, clasificarían como vías extraurbanas de bajo volumen, aquellas con menos de 800 vpd y/o 200 camiones por día por sentido. En el caso de las calles y avenidas urbanas, debido a la baja incidencia de vehículos de carga, pudieran clasificar como de bajo volumen vías hasta con 12.000 vpd.

El procedimiento fue desarrollado bajo el concepto del método AASHTO-93 tomando en cuenta características particulares de Venezuela. En este sentido se consideran las características de tráfico y cargas, condiciones climáticas, materiales y otros aspectos de diseño aplicables en el país. La metodología simplifica considerablemente el proceso de diseño, sin disminuir la confiabilidad del método, por lo que es de utilidad para el diseño en vías de bajo tráfico, problema que usualmente deben enfrentar los profesionales y constructores de pavimentos.

Los pavimentos asfálticos, o flexibles como se les llama, ofrecen importantes ventajas en especial para vías de bajo volumen, entre estas:

- Tienen un menor costo inicial.
- Permiten la construcción por etapas.
- Fáciles de mantener y rehabilitar.
- Son reciclables.
- Facilitan una mejor demarcación.

En forma ilustrativa a continuación se presenta una breve discusión del procedimiento o *Guía de Diseño AASHTO-93* y de las variables que ésta considera.

Este procedimiento es posiblemente el modelo de diseño mas empleado, a nivel mundial, para diseño y rehabilitación de pavimentos. Esta basado en los resultados del ensayo vial AASHTO desarrollado en Illinois a fines de los 50's, siendo la versión mas reciente la publicada en 1993 que contiene las últimas modificaciones incorporadas.

El método considera las siguientes variables de diseño:

- Características de la subrasante o fundación.
- Repeticiones de cargas.
- Nivel de falla o comportamiento del pavimento.
- Confiabilidad estadística.
- Estructura de pavimento y materiales disponibles.

La figura 1 muestra la ecuación de diseño AASHTO-93 para pavimentos flexibles. Esta versión del método contiene modificaciones para incorporar algunas variables en forma más racional así como para su uso en *Sistemas de Gerencia de Pavimentos*.

**ECUACIÓN DE DISEÑO AASHTO-93**

Parámetros de diseño:

$$\text{Log } W_{18} = Z_r \times S_o + \left[ 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{[(SN + 1)]^{5.19}}} + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07 \right]$$

Repeticiones de carga (ejes equivalentes EE según el modelo)
Valor soporte de suelo (subrasante-fundación)

Figura 1: Ecuación de diseño AASHTO-93

Las distintas variables de diseño se presentan a continuación, seguidamente se presenta una discusión de cómo estas variables son consideradas -en forma simplificada- en el procedimiento para vías de bajo volumen.

**Características de la subrasante o fundación:**

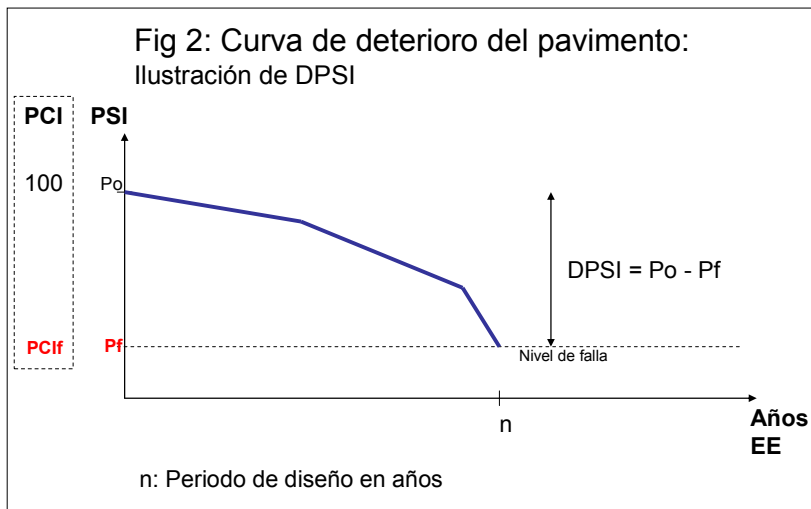
El valor soporte de la subrasante o fundación del pavimento debe caracterizarse en términos de Módulo Resiliente ( $M_r$ ) –ponderado- en función de las condiciones de humedad a que estaría sometido el suelo a lo largo del año, ya que esta condición afecta su valor soporte, en especial en suelos finos arcillosos.

**Repeticiones de cargas.**

La demanda o cargas sobre el sistema se estiman en función del número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) a 18.000 lbs, esperadas durante el periodo de diseño.

**Nivel de falla o comportamiento del pavimento.**

Esta variable considera el nivel de calidad de rodaje (*serviceabilidad*) considerado como nivel de *falla funcional* del pavimento. Este concepto se ilustra en la figura 2.



**Confiabilidad estadística.**

El método usa un procedimiento estadístico que permite incluir un factor de seguridad que corrige el diseño en función del nivel de confiabilidad deseado.

Es importante destacar que la determinación del **valor soporte de la subrasante** y la **estimación del tráfico o repeticiones de carga** esperados son las variables mas importantes y significativas en el proceso de diseño.

#### **Estructura de Pavimento y materiales disponibles.**

La estructura requerida del pavimento, o Numero Estructural (SN), debe conformarse en función de los materiales disponibles en la zona para su construcción, estos deben caracterizarse en términos de su *coeficiente estructural* ( $a_i$ ), el cual es un indicador de su resistencia o propiedades mecánicas. Este aspecto será discutido mas adelante.

## PROCEDIMIENTO PROPUESTO

Se presentan a continuación los criterios considerados en el desarrollo de esta propuesta, lo que incluye una breve discusión de los razonamientos empleados para caracterizar –en forma sencilla- las diferentes variables requeridas por el método AASHTO-93.

#### **Características de la subrasante o fundación.**

El valor soporte del suelo es fundamental para el correcto diseño del pavimento. En Venezuela los suelos de subrasante son en su mayoría suelos finos de bajo valor soporte, generalmente caracterizados por su valor CBR, el cual varia en función del contenido de humedad del suelo y nivel de compactación.

Para caracterizar esta variable se clasifica el valor soporte en 5 categorías: **Muy pobre (MP)**, **Pobre (P)**, **Regular (R)**, **Bueno (B)** y **Muy Bueno (MB)** que se corresponden con los valores de CBR<sub>sat</sub> (saturado) indicados en la Tabla 1.

<b>Tabla 1: Clasificación de subrasante</b>	
<b>Calidad de subrasante</b>	<b>CBR<sub>sat</sub> (%)</b>
Muy pobre	2
Pobre	3
Regular	4
Buena	5
Muy Buena	8

Adicionalmente se consideran 5 condiciones climáticas, en función del número de meses que la *subrasante* estaría sometida a niveles cercanos a saturación, como se indica a continuación, en la Tabla 2:

Zona climática o condición <i>subrasante</i> .	Número de meses de <i>subrasante</i> saturada.
Seca	2
Semi-seca	4
Semi-Húmeda	6
Húmeda	8
Muy húmeda	10

**Tabla 2: Condición de saturación de la subrasante**

Debe considerarse que la probabilidad de saturación de la subrasante no es sólo función de la pluviosidad, ya que igualmente depende de la topografía o relieve del terreno, del drenaje construido y del confinamiento de la vía. Por ejemplo: una vía con un sistema de drenaje deficiente construida en una zona plana de baja pluviosidad puede tener mayor probabilidad de saturación, que una con eficiente sistema de drenaje o en una zona montañosa de alta pluviosidad.

En función de estos valores se determinaron valores de  $CBR_{pon}$  (ponderado) considerando los distintos  $CBR_{sat}$  y los meses en que esta condición se mantiene para las distintas zonas o condiciones de drenaje. Finalmente, estos valores se convirtieron en  $M_r$  –tal como lo requiere el método AASHTO- empleando la ecuación de correlación de la Guía de Análisis Mecánica-Empírica (MEPDG) 2002. Para esta estimación se empleó, para el periodo no saturado, un valor CBR de 1.5 veces el  $CBR_{sat}$ , lo que es una hipótesis relativamente conservadora.

Para el empleo del procedimiento de diseño, el proyectista sólo debe determinar o estimar el valor de  $CBR_{sat}$  del suelo de subrasante y el número de meses en que probablemente se encuentre en niveles de humedad cercanos a saturación. En algunas vías menores el valor CBR puede estimarse conociendo la clasificación HRB o unificada del suelo o mediante otras correlaciones existentes. La Tabla 3 muestra correlaciones de clasificación de suelos y algunos parámetros con CBR. Esta Tabla también se incluye en el Anexo A.

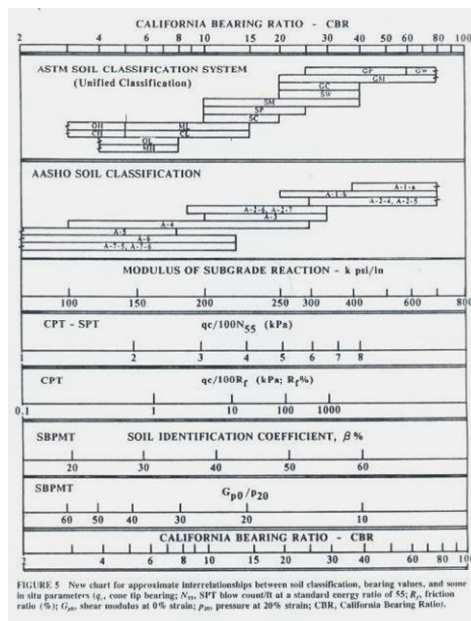


Tabla 3  
 Correlaciones aproximadas de valor CBR de suelos clasificados según distintos procedimientos y otros parámetros de evaluación, como SPT.  
 Ref: HRB

### Repeticiones de cargas.

Como se ha indicado la demanda sobre la estructura corresponde a las cargas esperadas actuantes sobre el pavimento. Este parámetro se cuantifica como Ejes Equivalentes (EE) de 18.000 lbs (8.2 ton) en el periodo de diseño. Como se indicó es una variable de gran importancia para el dimensionamiento de la estructura.

En nuestro caso se consideran vías de bajo volumen, aquellas en que se esperen menos de 2 millones de EE en el periodo de diseño. Adicionalmente, con la finalidad de mejorar la precisión del procedimiento, el tráfico ha sido sub-dividido en 3 categorías, como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4: CLASIFICACION DE TRAFICO EN VIAS DE BAJO VOLUMEN	
CLASIFICACION	Repeticiones de EE en periodo de diseño (REE)
BAJO	Menos de 400.000
MEDIO	400.000 a 1.400.000
ALTO	1.400.000 a 2.000.000

### Estimación de cargas en el periodo diseño:

Para la estimación de las repeticiones de EE esperadas en el periodo de diseño (REE) deben emplearse las siguientes variables:

- Ejes equivalentes esperado en el primer año (EEo)
- Periodo de diseño en años
- Taza de crecimiento interanual de tráfico

A continuación se presenta un procedimiento simplificado para estimar REE tomando en cuenta conceptos aplicables a vías de bajo volumen y cifras representativas de las distintas variables de tráfico para Venezuela.

El primer paso es la determinación de EEo, o sea el número de EE en el canal crítico -o de diseño- durante el primer año en servicio del pavimento. Para ello se emplea la siguiente ecuación:

$$EEo = PDT \times \%cam \times FC \times 360$$

Donde:

EEo= Ejes equivalente en el año inicial

PDT = promedio diario de tráfico en un sentido (canal de diseño)

% cam: porcentaje de vehículos pesados /100

FC: Factor Camión (promedio de EE por camión)

El valor del **PDT** y **%cam**, puede obtenerse de estadísticas o proyecciones de data existente, o mediante conteos de tráfico. En vías para las que no se encuentre información, puede hacerse un conteo manual clasificado, el Anexo A, incluye diversas metodologías para lograr estos datos.

Por su parte el **FC** puede obtenerse de la tabla mostrada en el Anexo A, la cual ha sido preparada empleando como referencia trabajos adelantados por el Prof. Gustavo Corredor M. durante los últimos años y que hoy constituyen la información más confiable de tráfico y cargas en las carreteras nacionales.

Conocido el valor de EEo, se puede estimar el número de repeticiones (REE), esperadas en el periodo de diseño, mediante la ecuación:

$$REE = EEo \times Fcr$$

Donde:

REE = Repeticiones de carga esperados en el periodo

EEo= Ejes equivalente en el año inicial

Fcr: Factor de crecimiento o de acumulación de tráfico en función de periodo de diseño de diseño (n) en años y tasa de crecimiento (r); este factor se obtiene de la Tabla 5 para valores considerados apropiados en vías de bajo volumen.

Periodo de Diseño (años)	Tasa de Crecimiento Anual (%)			
	2	4	6	8
8	8.58	9.41	9.90	10.64
10	10.95	12.01	13.18	14.49
12	13.41	15.03	16.87	18.98

Para vías de bajo volumen es normal usar periodos de diseño entre 8 y 12 años, el cual es definido en función de la importancia de la vía y otros factores como, recursos existentes, políticas de rehabilitación, crecimiento esperado de tráfico, etc. Para vías muy menores un periodo de 8 años debe considerarse como mínimo.

#### Nivel de falla o comportamiento del pavimento.

El nivel de falla, corresponde al mínimo valor de *serviceabilidad* o calidad de rodaje para el que se diseña el pavimento. Este término, en la ecuación AASHTO, se representa como DPSI, o sea la diferencia entre la calidad de rodaje inicial y final del pavimento. En nuestro caso, para vías de bajo volumen, se ha considerado un valor de DPSI de 2.2. La figura 2, muestra el valor de DPSI en la curva de deterioro del pavimento.

#### Confiabilidad estadística.

La confiabilidad estadística se refiere a un **factor de seguridad** que se incorpora en el diseño en función del error de predicción de tráfico y comportamiento. Este factor o nivel de confiabilidad se incrementa a medida que la información de diseño es menos precisa o que la vía sea de mayor importancia, lo se traduce en una estructura más resistente y de mayor costo. Debe indicarse que la incorporación de este factor en el proceso de diseño es relativamente compleja.

Para vías menores se emplean niveles de confiabilidad bajos. En nuestro caso se presentan 3 alternativas: 50 % adecuado para vías de muy bajo tráfico; 60 % para



aquellas en las que se tenga buena información de diseño, especialmente de suelo de subrasante y tráfico, y 70 % para vías más importantes y/o de información poco confiable, o para las que se considere adecuado incorporar mayor confiabilidad al diseño y/o aumentar la probabilidad de extender su vida útil.

*En todo caso es importante resaltar que la obtención y manejo de información confiable es fundamental para mejorar la confianza en el diseño, y en ningún caso es correcto usar información deficiente y pretender corregirla mediante el uso de altos niveles de confiabilidad.*

Una vez definidas las variables de diseño indicadas, se determina el Número Estructural (SN) requerido para el pavimento, siguiendo el procedimiento que se indica mas adelante. El paso final –del diseño- consiste en definir los espesores de las distintas capas de la estructura, para ello deben caracterizarse los materiales disponibles y utilizables para el proyecto.

Se presenta a continuación una discusión de este aspecto.

### **Estructura de Pavimento y materiales disponibles.**

El Número Estructural o SN es un indicador –*adimensional*– de la estructura requerida por un pavimento para ofrecer la calidad de servicio prevista durante el periodo de diseño establecido, según las características específicas del proyecto, o sea: tipo de subrasante, tráfico, medio ambiente, etc.

Una vez determinado el SN, para la definición de los espesores -de las distintas capas- debe determinarse el coeficiente estructural ( $a_i$ ) de los materiales que se consideren disponibles en la obra. Este valor,  $a_i$ , depende de la resistencia o propiedades mecánicas de cada material. La Tabla 6 presenta valores típicos de los materiales de uso común en Venezuela tal como son especificados en la norma COVENIN. Por su parte la figura 4 ilustra, para un pavimento clásico, conformado por capas asfálticas y granulares de base, el concepto de SN y la nomenclatura empleada para espesores y coeficientes de las capas.

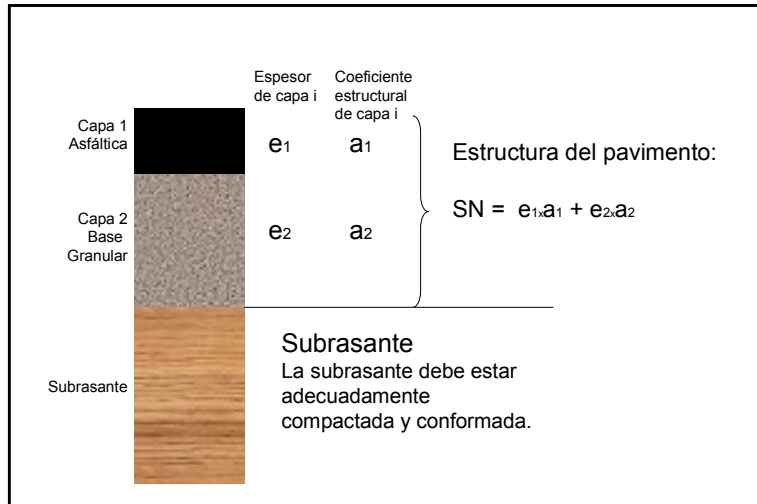


Figura 4: Concepto de Número Estructural (SN)

Tabla 6: Valores referenciales de coeficiente estructural $a_i$			
	Material	Coficiente	Requisitos
Capa 1 (rodamiento)	Concreto asfáltico (CA)	0.38-0.42	Estabilidad min. 1600 lbs
	Concreto asfáltico (CA)	0.38-0.42	Estabilidad min. 1600 lbs
Capa 2 (base)	Base Asfáltica Caliente (BAC)	0.22-0.32	Estabilidad min. 1000 lbs
	Arena Asfalto en Caliente (AAC)	0.22-0.30	Estabilidad min. 1000 lbs
	Grava Asfalto en Frío (GAF)	0.18-0.30	Estabilidad min. 600 lbs
	Arena Asfalto en Frío (AAF)	0.15-0.22	Estabilidad min. 400 lbs
	Piedra Picada (PP)	0.14	CBR min. 80 %
	Piedra Integral o grava (PI/GR)	0.12	CBR min. 50 %
	Grava (GR)	0.11	CBR min. 40 %
	Grava (GR)	0.10	CBR min. 30 %
	Grava (GR)	0.08	CBR min. 20 %

## PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Para completar el diseño deben seguirse los siguientes pasos:

Definir las variables de diseño requeridas:

Tráfico: Nivel de repeticiones de EE en el periodo de diseño establecido, REE, que permite definir un nivel de tráfico, Tabla 4.

Las soluciones de SN se presentan para cada categoría de tráfico en las tablas 7; 8 y 9.

Seguidamente se determina –de la tabla correspondiente según el nivel de tráfico- el Número Estructural (SN) requerido por el pavimento en función de:

1. CBR<sub>sat</sub> del suelo, Tabla 1.
2. Condición de saturación probable en meses, Tabla 2.
3. Nivel de confiabilidad (R) seleccionado.

El paso final consiste en la determinación de los espesores de las distintas capas que conformarán la estructura.

Debe observarse que el valor de SN determinado corresponde a la estructura requerida sobre la subrasante, o sea el Número Estructural Total (SNT). En la determinación de los espesores finales de base granular y capas asfálticas debe tenerse en cuenta que la(s) capas asfálticas deben tener un espesor mínimo con la finalidad de lograr un diseño balanceado, que no ponga en riesgo el comportamiento del pavimento, induciendo una falla prematura en las capas granulares. Este aspecto se discute mas adelante.

<b>Tabla 7: NUMERO ESTRUCTURAL (SN) Tráfico Bajo (hasta 400.000 EE)</b>				
<b>SUBRASANTE</b>		<b>CONFIABILIDAD %</b>		
<b>CBRsat (Clasificación)</b>	<b>Condición de Saturación/humedad (meses saturada)</b>	50	60	70
		<b>NUMERO ESTRUCTURAL Total (SNT)</b>		
<b>2 (Muy Pobre)</b>	Seca (2)	2.61-2.73	2.71-2.83	2.81-2.94
	Semi-seca (4)	2.65-2.77	2.75-2.87	2.85-2.98
	Semi-húmeda (6)	2.69-2.81	2.79-2.91	2.89-3.03
	Húmeda (8)	2.73-2.85	2.83-2.96	2.94-3.07
	Muy húmeda (10)	2.78-2.90	2.88-3.01	2.99-3.12
<b>3 (Pobre)</b>	Seca (2)	2.38-2.49	2.47-2.58	2.56-2.68
	Semi-seca (4)	2.41-2.52	2.50-2.62	2.60-2.72
	Semi-húmeda (6)	2.45-2.56	2.54-2.65	2.64-2.76
	Húmeda (8)	2.49-2.60	2.58-2.70	2.68-2.80
	Muy húmeda (10)	2.53-2.65	2.62-2.74	2.73-2.85
<b>4 (Regular)</b>	Seca (2)	2.22-2.32	2.30-2.41	2.39-2.50
	Semi-seca (4)	2.25-2.36	2.34-2.45	2.43-2.54
	Semi-húmeda (6)	2.29-2.39	2.37-2.48	2.47-2.58
	Húmeda (8)	2.32-2.43	2.41-2.52	2.51-2.62
	Muy húmeda (10)	2.37-2.48	2.45-2.57	2.55-2.67
<b>5 (Buena)</b>	Seca (2)	2.10-2.20	2.19-2.29	2.27-2.38
	Semi-seca (4)	2.14-2.24	2.22-2.32	2.31-2.42
	Semi-húmeda (6)	2.17-2.27	2.25-2.36	2.34-2.45
	Húmeda (8)	2.20-2.31	2.29-2.40	2.38-2.49
	Muy húmeda (10)	2.24-2.35	2.33-2.44	2.42-2.53
<b>8 (Muy Buena)</b>	Seca (2)	1.88-1.97	1.95-2.04	2.03-2.13
	Semi-seca (4)	1.90-2.00	1.98-2.08	2.06-2.16
	Semi-húmeda (6)	1.94-2.03	2.01-2.11	2.09-2.19
	Húmeda (8)	1.97-2.06	2.04-2.14	2.13-2.23
	Muy húmeda (10)	2.00-2.10	2.08-2.18	2.17-2.27

<b>Tabla 8: NUMERO ESTRUCTURAL (SN)</b>				
<b>Tráfico Medio ( 400.000 a 1.400.000 EE)</b>				
<b>SUBRASANTE</b>		<b>CONFIABILIDAD %</b>		
<b>CBRsat</b> (Clasificación)	<b>Condición de Saturación/humedad</b> (meses saturada)	50	60	70
		<b>NUMERO ESTRUCTURAL Total (SNT)</b>		
<b>2</b> (Muy Pobre)	Seca (2)	3.04-3.27	3.14-3.38	3.26-3.51
	Semi-seca (4)	3.08-3.31	3.19-3.43	3.31-3.56
	Semi-húmeda (6)	3.12-3.36	3.23-3.48	3.36-3.61
	Húmeda (8)	3.17-3.41	3.28-3.53	3.41-3.66
	Muy húmeda (10)	3.22-3.47	3.34-3.59	3.46-3.72
<b>3</b> (Pobre)	Seca (2)	2.77-2.98	2.87-3.09	2.98-3.21
	Semi-seca (4)	2.81-3.02	2.91-3.13	3.02-3.25
	Semi-húmeda (6)	2.85-3.07	2.95-3.18	3.07-3.30
	Húmeda (8)	2.89-3.12	3.00-3.23	3.11-3.35
	Muy húmeda (10)	2.94-3.17	3.05-3.28	3.17-3.41
<b>4</b> (Regular)	Seca (2)	2.59-2.75	2.69-2.90	2.79-3.01
	Semi-seca (4)	2.63-2.83	2.72-2.94	2.83-3.05
	Semi-húmeda (6)	2.67-2.87	2.77-2.98	2.87-3.09
	Húmeda (8)	2.71-2.92	2.81-3.03	2.92-3.14
	Muy húmeda (10)	2.76-2.97	2.86-3.08	2.97-3.19
<b>5</b> (Buena)	Seca (2)	2.46-2.65	2.55-2.75	2.65-2.86
	Semi-seca (4)	2.50-2.69	2.59-2.79	2.69-2.90
	Semi-húmeda (6)	2.53-2.73	2.63-2.83	2.73-2.94
	Húmeda (8)	2.57-2.78	2.67-2.88	2.77-2.99
	Muy húmeda (10)	2.62-2.82	2.72-2.92	2.82-3.04
<b>8</b> (Muy Buena)	Seca (2)	2.20-2.38	2.29-2.47	2.38-2.57
	Semi-seca (4)	2.23-2.41	2.32-2.50	2.41-2.60
	Semi-húmeda (6)	2.27-2.45	2.36-2.54	2.45-2.64
	Húmeda (8)	2.31-2.49	2.39-2.58	2.49-2.69
	Muy húmeda (10)	2.35-2.53	2.44-2.63	2.53-2.73

<b>Tabla 9: NUMERO ESTRUCTURAL (SN)</b>				
<b>Tráfico Alto ( 1.400.000 a 2.000.000 EE)</b>				
<b>SUBRASANTE</b>		<b>CONFIABILIDAD %</b>		
<b>CBRsat</b> (Clasificación)	<b>Condición de Saturación/humedad</b> (meses saturada)	50	60	70
		<b>NUMERO ESTRUCTURAL Total (SNT)</b>		
<b>2</b> (Muy Pobre)	Seca (2)	3.34-3.43	3.45-3.55	3.58-3.68
	Semi-seca (4)	3.38-3.48	3.50-3.60	3.63-3.73
	Semi-húmeda (6)	3.43-3.52	3.55-3.65	3.68-3.78
	Húmeda (8)	3.48-3.58	3.60-3.70	3.74-3.84
	Muy húmeda (10)	3.54-3.64	3.66-3.76	3.80-3.90
<b>3</b> (Pobre)	Seca (2)	3.05-3.13	3.16-3.25	3.28-3.37
	Semi-seca (4)	3.09-3.18	3.20-3.29	3.32-3.41
	Semi-húmeda (6)	3.13-3.22	3.25-3.34	3.37-3.46
	Húmeda (8)	3.18-3.27	3.30-3.39	3.42-3.52
	Muy húmeda (10)	3.24-3.33	3.35-3.44	3.48-3.57
<b>4</b> (Regular)	Seca (2)	2.86-2.94	2.96-3.04	3.07-3.16
	Semi-seca (4)	2.90-2.98	3.00-3.08	3.12-3.20
	Semi-húmeda (6)	2.94-3.02	3.04-3.13	3.16-3.25
	Húmeda (8)	2.98-3.07	3.09-3.18	3.21-3.30
	Muy húmeda (10)	3.03-3.12	3.14-3.23	3.26-3.35
<b>5</b> (Buena)	Seca (2)	2.71-2.79	2.81-2.89	2.92-3.01
	Semi-seca (4)	2.75-2.83	2.83-2.93	2.99-3.05
	Semi-húmeda (6)	2.79-2.87	2.89-2.98	3.01-3.09
	Húmeda (8)	2.84-2.92	2.94-3.02	3.05-3.14
	Muy húmeda (10)	2.89-2.97	2.99-3.07	3.11-3.19
<b>8</b> (Muy Buena)	Seca (2)	2.43-2.50	2.53-2.60	2.63-2.70
	Semi-seca (4)	2.47-2.54	2.56-2.63	2.66-2.74
	Semi-húmeda (6)	2.51-2.58	2.60-2.67	2.70-2.78
	Húmeda (8)	2.55-2.62	2.64-2.72	2.74-2.82
	Muy húmeda (10)	2.59-2.67	2.69-2.76	2.79-2.87

### Definición de Espesores de capas:

Tal como se muestra en la figura 2, los espesores de capa ( $e_i$  en pulgadas según el procedimiento AASHTO) multiplicados por sus correspondientes coeficientes estructurales ( $a_i$ ) conforman el Número Estructural (SNT). La Tabla 6, muestra una lista de materiales comúnmente empleados en el país y valores referenciales de sus coeficientes estructurales.

La estructura del pavimento seleccionada debe cumplir con la siguiente ecuación:

$$SNT \leq e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2$$

Donde:

SNT= Número Estructural Total determinado de la tabla correspondiente.

$e_i$  = espesor de la capa "i" en pulgadas.

$a_i$  = coeficiente estructural del material de la capa "i"

Sin embargo, para el correcto dimensionamiento de la estructura debe emplearse el concepto de diseño balanceado que permite establecer un espesor mínimo de capa asfáltica, con la finalidad de proteger la capa granular subyacente. La Tabla 10 incluye espesores mínimos sugeridos de Concreto Asfáltico (CA en cm) sobre distintos tipos de base granular, en función del tráfico de la vía y valor CBR de la capa granular.

CBR (base granular)	Nivel de tráfico		
	Bajo	Medio	Alto
20	11.0	14.0	15.0
30	10.5	13.5	14.5
40	10.0	13.0	13.5
50	9.5	12.5	13.0
80	9.0	11.5	12.5

Para determinar el espesor de la base granular puede emplearse la siguiente expresión:

$$e_2 = 2.5 [(SNT - 0.16 e_{CAmin}) / a_2]$$

Donde:

$e_2$  = espesor requerido de base granular (cm)

SNT = Número Estructural Total

$e_{CAmin}$  = espesor mínimo de CA, seleccionado de la Tabla 10 (cm).

$a_2$  = coeficiente estructural del material granular, Tabla 6.

En este punto es importante destacar que existen otros materiales asfálticos, distintos al Concreto Asfáltico (CA), que pueden emplearse satisfactoriamente para sustituir el espesor de CA en forma parcial o total. En estos casos deben hacerse los ajustes correspondientes de espesores, en función de los coeficientes estructurales, con la finalidad de no debilitar la estructura. Para tal fin puede emplearse la siguiente expresión:

$$e_{ma} = (e_{minCA} - e_{CA}) \times (0.40 / a_{ma})$$

Donde:

$e_{ma}$  = espesor requerido de la mezcla seleccionada para sustituir CA (cm)

$e_{minCA}$  = espesor mínimo de CA, seleccionado de la tabla 10, en cm.

$e_{CA}$  = espesor de CA a emplear en cm.

$a_{ma}$  = coeficiente estructural de la mezcla seleccionada

El Anexo B, incluye un ejemplo ilustrativo del procedimiento empleando distintos materiales y soluciones estructurales.