

## CONTENIDO

1.-	INTRODUCCIÓN.....	1
2.-	CRITERIOS DE DISEÑO.....	1
3.-	MÉTODO DE DISEÑO CON CONCRETO ASFÁLTICO Y ADOQUÍN .....	1
4.-	ESPEORES DE PAVIMENTO.....	3
5.-	GEOLOGÍA DEL SITIO .....	3
6.-	RECOMENDACIONES .....	4
7.-	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	5
7.1.-	Sub-rasante	5
7.2.-	Terracería mejorada	5
7.3.-	Base	6
7.4.-	Suelo cemento	7
7.5.-	Concreto asfáltico	9
7.6.-	Del adoquín	11



## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Espesor de pavimento con concreto asfáltico .....	3
Tabla 2: Espesor de pavimento con adoquín .....	3
Tabla 3: Resultados CBR .....	4
Tabla 4: Espesores mínimos de rodamiento. ....	4
Tabla 5: Requisitos sub-base NIC.2000.....	5
Tabla 6: Requisitos Base AASTHO T-27.....	7
Tabla 7: Requisitos agregados AASHTO M-62.....	11
Tabla 8: Requisitos ensayos para agregados.....	11

## 1.- INTRODUCCIÓN.

Se presenta a continuación la justificación y dimensionamiento del pavimento proyectado.

## 2.- CRITERIOS DE DISEÑO

- ✓ Se ha diseñado el pavimento para tránsito con menos de 750 vehículos comerciales por día, 20% de ellos con carga máxima.
- ✓ El Valor Soporte de Diseño del suelo, se ha estimado de = 2%. Valor obtenido en suelo compactado al 95% Próctor Estándar.
- ✓ Precipitación pluvial para la zona, de acuerdo a datos de INETER, es de 800 a 1,500 mm/año.

## 3.- MÉTODO DE DISEÑO CON CONCRETO ASFÁLTICO Y ADOQUÍN

El método de Diseño utilizado fue la Guía de Diseño de Espesores de pavimento de la AASHTO 1993. Este método de diseño es aplicable para vías con tránsito superior a  $0.05 \times 10^6$  ejes equivalentes de 8.2 toneladas y la ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, derivada de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST, es:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3, \text{ donde}$$

$a_1$  = Coeficiente estructural de la capa i, el cual depende de la característica del material con que ella se construya.

$D_i$  = Espesor de la capa i, en pulgadas.

$m_i$  = Coeficiente de drenaje de la capa i.

El SN es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación dada de soporte del suelo (MR), del tránsito total (W18), de la servicialidad terminal, y de las condiciones ambientales. El SN se obtiene por medio de la ecuación

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

También se obtiene por medio de nomograma proporcionado por la AASHTO.

1. Tránsito estimado durante el período de diseño (W18)
2. El nivel de confiabilidad (R). Debe recordarse que la aplicación de este nivel implica la utilización de promedios en los datos de entrada.
3. La desviación estándar (So).
4. El módulo resiliente de la subrasante (MR)
5. La pérdida de nivel de servicio durante el período de diseño,  $\Delta PSI = P_o - P_t$

Para satisfacer el Número Estructural (SN) obtenido, o elemento izquierdo de la ecuación  $SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$ , se debe dar valor numérico a la parte derecha de la ecuación, de manera tal que el valor resultante sea igual o mayor al SN requerido.

Los valores de los coeficientes estructurales de las capas de Rodamiento (a1), Base (a2) y Sub-base (a3) son los siguientes:

- |                                    |            |          |
|------------------------------------|------------|----------|
| - Rodamiento de Concreto Asfáltico | a1 = 0.45  |          |
| - Rodamiento de Adoquín            | a1 = 0.45  |          |
| - Base                             | a2 = 0.14  | m2 = 1.0 |
| - Sub-Base                         | a3 = 0.12, | m3 = 1.0 |

Conociendo los espesores del Adoquín o Concreto Asfáltico y de la Base, se ajusta el espesor de la Sub-base, para satisfacer la ecuación.

#### 4.- ESPESTORES DE PAVIMENTO

Los espesores de pavimento, son los siguientes:

Capa	Espesor cm
Carpeta asfáltica, cm	5.0
Carpeta de Base, cm	20.0
Terracería mejorada	60.0
<b>Total, cm</b>	<b>85.0</b>

Tabla 1: Espesor de pavimento con concreto asfáltico

Capa	Espesor cm
Espesor adoquín, cm	10.0
Lecho de arena, cm	5.0
Capa de base, cm	20.0
Terracería mejorada, cm	60.0
<b>Total, cm</b>	<b>95.0</b>

Tabla 2: Espesor de pavimento con adoquín

#### 5.- GEOLOGÍA DEL SITIO

Los suelos existentes en el sitio del Proyecto, de forma resumida son los siguientes:

Superficialmente existe una capa de suelo vegetal de 0.27 a 0.30 m de espesor.

Seguidamente en el Sondeo Manual 1, hasta 1.0 m de profundidad, se encuentra un limo arcilloso con poca arena de alta compresibilidad tipo A-7-5 (20) color negro. Tiene 92% de Límite Líquido y 39% de Índice de Plasticidad. Seguidamente hasta el final del sondeo de 1.5 m de profundidad, subyace una arcilla de alta compresibilidad tipo A-7-6 (20) color blanquecino. Tiene 61% de Límite Líquido y 38% de Índice de Plasticidad.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

Los suelos superficiales obtenidos en el sitio del Proyecto por medio de los sondeos a máquina SPT, corresponden hasta una profundidad que varía 3.0 a 6.0 pies (0.91 a 1.82 m), a estratos arcillosos con arena de alta compresibilidad (CH) con coloraciones café y gris oscuro con materia orgánica. Tienen 54 a 95% de Límite Líquido, y de 29 a 64% de Índice de Plasticidad.

CBR: Los suelos descritos anteriormente, agrupados en muestras similares, saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Estándar, tienen resultados de CBR con los valores siguientes:

Suelos	CBR %			PVS máx. kg/m <sup>3</sup> (*)	Humedad Optima, %
	90%	95%	100%		
<u>Suelos A-7-5 (20), A-7-6 (20)</u> Arcillas y limos arcillosos de alta compresibilidad	1.9	2.3	3.5	1.362	35.1

Tabla 3: Resultados CBR

Lo anterior es indicativo de que los suelos de sub-rasante presentan una calidad tipo mala.

El Nivel Freático a la profundidad explorada de 1.5 m, no se detectó.

## 6.- RECOMENDACIONES

De acuerdo a los tipos de suelo encontrados en los sondeos, y a las características de tránsito y clima existentes, los espesores mínimos siguientes:

	Alternativa	Cubierta de adoquín	Cubierta de concreto asfáltico
	Capa	Espesores de estructura de pavimento	
Cubierta de Rodamiento	Adoquín, cm	10	
	Arena, cm	5	
	Concreto asfáltico, cm		5
	Concreto hidráulico, cm		
	Base, cm	20	20
	Sub base, cm	60	60
	<b>Total, cm</b>	<b>95</b>	<b>85</b>

Tabla 4: Espesores mínimos de rodamiento.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

Como existe una sub-excavación del suelo orgánico a rellenar con material de préstamo de 0.30 m de espesor, el terraplén tendrá sobre el terreno natural una altura o espesor de 0.30 m.

En caso el nivel de Rasante proyectado coincide con el nivel actual del terreno, se recomienda sub-excavar un espesor o cajón que permita colocar el “espesor total” del pavimento recomendado.

### 7.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

#### 7.1.- Sub-rasante

Se recomienda realizar la limpieza en el terreno existente de raíces, capa de suelos orgánicos o vegetal (30 cm de espesor), suelos saturados, escombros, y cualquier otro material indeseable para el Proyecto. Seguidamente mejorar la sub-rasante o fondo de sub-excavación una vez alcanzado su nivel, escarificándolo al menos en 15 centímetros de profundidad y compactándolo hasta obtener una densidad no inferior al 95% de su peso volumétrico seco máximo obtenido en la prueba ASTM D 698.

#### 7.2.- Terracería mejorada

Esta deberá ser colocada sobre la sub-rasante, compactada en una (1) sola capa a un mínimo de 95% de su peso volumétrico seco máximo obtenido en la prueba ASTM D 1557.

El material a utilizarse como capa de sub-base de manera general deberá cumplir con los requisitos mínimos de graduación del cuadro 1003-3 de las especificaciones del NIC-2000 que se dan a continuación:

Designación del tamiz	Nº1-1/2"	Nº4	Nº.200
% en peso que pasa	86-100	35-65	5-15

Tabla 5: Requisitos sub-base NIC.2000.

El material que pasa el tamiz No.40, deberá tener un Índice de Plasticidad no mayor del 11% y un Límite Líquido máximo de 35%. CBR mínimo de 40%.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

Para sub base o terracería mejorada se podrá utilizar el material producto de la excavación mezclado homogéneamente 40% de material de limo arenoso del Banco Zapotillo o similar y 60% de material selecto del Banco Alfonso Solorzano o el Genizaro. Se deberá de garantizar que el material a reutilizar esté libre de materia orgánica realizando ensayos continuos de (ASTM D 2974-00)

Seguidamente colocarse estabilizado homogéneamente con cemento Portland hasta el nivel de contacto con la zapata, en capas con espesores máximos de 20 cm, compactadas a un mínimo de 95% de la prueba ASTM D 698. La cantidad de cemento a aplicar es de 8% en peso por metro cúbico de material seco suelto, lo que equivale a usar aproximadamente 2.0 sacos de cemento por metro cúbico de material seco suelto.

Finalmente, como alternativa de Sub-Base, están los agregados pétreos triturados que se fabrican en las plantas industriales. La actividad de fabricación de agregados certificados no está cercana al sitio.

### 7.3.- Base

Este trabajo consistirá en colocar y compactar al menos al 100% de su densidad máxima obtenida en la prueba ASTM D 1557, una capa de revestimiento de agregados seleccionados compuestos preferiblemente de agregados triturados, o grava, colocada sobre la superficie de la Sub-Base, preparada de acuerdo a estas especificaciones y ajustándose razonablemente a los alineamientos, niveles y espesores que figuren en los planos, en este documento o fueren establecidos por el Ingeniero.

Los agregados seleccionados deberán satisfacer los siguientes requisitos:

Tamaño del Tamiz	% en Peso que pasa según AASTHO T-27	
	B(2")	C(1 ½")
2"	100	
1 ½"	70-100	100
1"	60-90	70-100
¾"	-	60-90



## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

1/2"	40-70	-
3/8"	-	-
No.4	20-50	30-60
No.10	15-40	-
No.40	5-20	5-25
No.200	2-12	2-15

Tabla 6: Requisitos Base AASTHO T-27.

El material que pasa el tamiz No.40, deberá tener un Índice de Plasticidad que no sobrepase de 6%, y un Límite Líquido máximo de 25%. CBR mínimo de 80%.

Para Base se recomienda usar una mezcla de materiales compuesta de 60% de hormigón del banco AGRENIC, y 40% de material selecto color rojizo de AGRENIC, o material selecto proveniente de Cofradía. Deberá ser compactada en capas con espesor máximo de 20 cm, al 100% Próctor Modificado. Esta mezcla de materiales de forma natural tiene un valor de CBR menor al especificado para Base, por ello se debe estabilizar con cemento en una proporción de 4.0% con relación al peso volumétrico del material seco compacto, lo que equivale a usar aproximadamente 1.7 sacos por metro cúbico de material. Igualmente, durante el proceso constructivo o del control de calidad del Proyecto, se deben realizar ensayos de resistencia a la compresión simple la cual tiene que ser de un mínimo de 21.0 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de edad. Esta resistencia obtenida indica la cantidad final de cemento a usar.

Otra alternativa de Base, es la que se fabrica en las plantas industriales de agregados pétreos triturados en la comarca Veracruz, municipio de Nindirí. Esta alternativa no requiere adición de cemento y es la considerada finalmente en el Proyecto.

### 7.4.- Suelo cemento

Este trabajo consiste en colocar y compactar una (1) sola capa de revestimiento de suelo-cemento, compuesta de agregados seleccionados, mezclados homogéneamente y colocados sobre la superficie de la Sub-Base, preparada de acuerdo a estas especificaciones y ajustándose razonablemente a los alineamientos, niveles y espesores que figuren en los planos, en este documento o fueren establecidos por el Ingeniero. El porcentaje de cemento a usar en este caso, referido al peso volumétrico

seco máximo, es de 5.0%, lo que equivale a aplicar 2.0 sacos de cemento por metro cúbico de material seco compacto.

#### Procedimiento Constructivo de la Capa de Suelo-Cemento:

Después que el material para la capa haya sido colocado, los componentes deberán revolverse íntegramente hasta la profundidad total de la capa por medio de moto niveladoras u otro equipo aprobado, hasta que la mezcla sea completamente uniforme y el contenido de humedad sea el adecuado para lograr la densidad especificada, para lo cual podrá agregarse agua en cantidad apropiada durante la revoltura.

Seguidamente se compactará al menos al 100% de su densidad máxima obtenida en la prueba ASTM D 558. No deberá dejarse material tratado sin compactar por más de 30 minutos. La compactación y el acabado serán completados dentro de una hora (un poco más cuando se ha usado retardador de fraguado) a partir de que se agrega el agua a la mezcla de manera uniforme, evitándose la formación de espejos de agua en la superficie. El porcentaje de humedad de la mezcla referido al peso seco de la misma, no deberá diferir en más del 2 por ciento del contenido de humedad óptimo especificado. La superficie compactada deberá quedar lisa, densa y libre de planos de compactación, crestas o material suelto.

Si el tiempo entre la colocación de anchos parciales (cuando se trabaja la vía por mitades o franjas) excede de 30 minutos, se debe dejar una junta de construcción. Al concluir las operaciones de cada día, se formará una junta de construcción transversal recta, cortando el extremo del tramo de suelo-cemento terminado para formar una cara vertical, nítida, libre de material no endurecido.

No se permitirá el tráfico sobre la capa de agregado tratado y se deberá mantener la capa terminada continuamente húmeda hasta que sea colocada la siguiente capa encima (si es el caso) 7 días después.

Si la capa de agregados tratados perdiera estabilidad, densidad o acabado antes de la aceptación del trabajo, se deberá reprocesar, recompactar y usar los aditivos que fueran necesarios para restaurar la resistencia del material dañado.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

No se deberá empezar las operaciones de colocación de una capa de agregados tratados, cuando la superficie o capa subyacente esté lodosa o esté lloviendo o haya amenazas de lluvia inminente.

La construcción de la Base con suelo-cemento, se recomienda en general se ajuste a lo indicado en la sección 304 del NIC-2000.

### Especificaciones Técnicas de la Capa de Suelo-Cemento:

Como alternativa de los agregados, recomendamos usar los materiales de préstamo seleccionados procedentes de los Bancos indicados durante el estudio de suelos para este Proyecto.

La mezcla suelo-cemento deberá tener una resistencia a la compresión mínima de 21 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de edad.

El porcentaje en peso de cemento a usar deberá ser del orden de 4.0 al 10% en peso del total de la mezcla seca (Nic-2000, Sección 304.03).

## 7.5.- Concreto asfáltico

### Imprimación

Sobre la Base compactada, terminada, ajustada a los niveles correspondientes, y barrida, se aplicará un riego de imprimación con asfalto MC-70 en una intensidad de 0.4 galones por m<sup>2</sup>, debiéndose extender 24 horas después el material de secado, el cual consistirá de cero triturado o arena limpia que seque y absorba los residuos de asfalto que no penetró, aplicándose en una intensidad de 5 a 6 litros por metro cuadrado o un equivalente de 0.005 a 0.006 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. La intensidad de aplicación indicada anteriormente deberá ser considerada tentativa, por lo que se deberán hacer aplicaciones de prueba para fijar la intensidad de aplicación final.

En general, el asfalto se aplicará a una temperatura entre 45 y 85° centígrados. El asfalto deberá contener un producto agregado como el NOSTRIP al 1%, que mejore la adherencia con el agregado de Base, o un producto similar puede ser empleado.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

El material cero deberá pasar el 100% por la malla No. 4 y deberá estar libre de impurezas orgánicas, arcillas, sales, aceites y cualquier otra sustancia dañina.

La imprimación de la base en todo caso, deberá aplicarse de acuerdo a la sección 400 del NIC-2000.

### Material bituminoso

El material bituminoso deberá estar de acuerdo con los requerimientos indicados en las especificaciones AASHTO M-266 y M-82 para el betún asfáltico AC-20, y el asfalto de curado medio MC-70, respectivamente.

Se deberá agregar al material bituminoso un adhesivo como el Kling Beta Scan Road, o un equivalente aprobado, a razón de 1% del volumen de bitumen aplicado. El aditivo se aplicará de acuerdo con las indicaciones del Ingeniero.

### Criterios de Diseño Marshall:

Estabilidad mínima (lb)	2,224
Flujo (0.01 pulg)	8-16
Porcentaje de vacíos	3-5
Porcentaje de vacíos mínimos en agregado mineral (VMA)	14
Porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA)	65-75

### Agregados

El material triturado deberá satisfacer los requisitos pertinentes de la Sección 2.1 de AASHTO M-62, y no menos del 75% en peso de las partículas retenidas en el tamiz No.4, tendrá por lo menos dos caras fracturadas.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

La graduación del material pétreo triturado deberá cumplir con cualquiera de las siguientes:

Designación del Tamiz	% Que Pasa	
25.0 mm (1")	100	
19.0 mm (3/4")	95-100	100
12.5 mm (1/2")	68-86	97-100
9.5 mm (3/8")	56-78	-
No.4	38-60	57-69 (6)
No.8	27-47	41-49 (6)
No.16	18-37	-
No.30	11-28	22-30 (4)
No.50	6-20	13-21 (3)
No.200	0-8	3-8 (2)

Tabla 7: Requisitos agregados AASHTO M-62.

( ) Desviaciones permisibles (+-) para los valores metas.

Los agregados utilizados deberán cumplir también los requerimientos siguientes:

Ensayos	Especificación
Los Angeles o Abrasión, % máx.	35
Intemperismo con Sulfato de Sodio, % máx.	12
Indice de Achatamiento, % max.	25
Tasa de Trituración, % mín.	100

Tabla 8: Requisitos ensayos para agregados.

La mezcla deberá ser adquirida de un proveedor de reconocida confiabilidad, acompañada de la carta de diseño correspondiente.

### 7.6.- Del adoquín

La resistencia del adoquín no deberá ser menor de 3,500 psi. No deberá presentar en su superficie fisuras ni cascaduras, ni cavidades, ni deberá tener materiales extraños (piedras, trozos de madera o vidrio, etc) embebidos en su masa. Las aristas deberán ser regulares y la superficie no deberá

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

ser extremadamente rugosa. El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas al ser colocados. El tamaño máximo del agregado a usar en el concreto es de  $\frac{3}{4}$ ".

### De la Arena del Adoquín:

La arena que servirá de cama o lecho del adoquín deberá ser limpia, dura, angular y uniforme. No deberá contener más del 3% en peso de limo y/o arcilla.

Deberá cumplir la siguiente graduación:

No. Tamiz	% en peso que pasa
-----------	--------------------

No. 4	100
No.10	85-100
No.40	-
No.200	0-3

La arena de sello deberá cumplir la siguiente graduación:

No. Tamiz	% en peso que pasa
-----------	--------------------

	Arena Natural	Arena Fabricada
--	---------------	-----------------

No. 4	100	100
No.8	95-100	95-100
No.16	70-100	70-100
No.30	40-75	40-75
No.50	10-35	20-40
No.100	2-15	10-25
No.200	-	0-10



---

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

En Managua, a 07 de Julio de 2017

El Especialista

Fdo. Juan José Guijarro Blasco

El coautor del Proyecto

El autor del Proyecto

Fdo. Félix Zamorano Martín  
El Delegado del Consultor

Fdo. Prudencio Rodríguez Huerga  
El Director de Proyecto

Fdo. Julio García Puerta

Fdo. Manuel Fernando Domingo Vaquero.