CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MANZANARES EN EL BARRIO MILENIO, ETAPA I

INFORME TECNICO DISEÑO DE PAVIMENTO

SEPTIEMBRE 2024

WILSON SEBASTIAN ASCUNTAR IPAZ.
C.C. No. 1.087.424.148
ING CIVIL ESP EN VIAS Y TRANSPORTE
T.P 051037-0665817

MODELO SUGERIDO NO. 3

MANZANARES CALDAS, NOVIEMBRE DE 2024

Señores
DEPARTAMENTO PARA LA PROSPERIDAD SOCIAL (DPS)
LC

Asunto: Certificado de Diseño

Certifico que he realizado el DISEÑO DE PAVIMENTOS para el proyecto **CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MANZANARES EN EL BARRIO MILENIO, ETAPA I**, a construirse en el Municipio de MANZANARES, Departamento de CALDAS, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes, establecidos en el manual de diseño de pavimentos de concreto hidráulico para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional y certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

WILSON SEBASTIAN ASCUNTAR IPAZ.
C.C. No. 1.087.424.148
ING CIVIL ESP EN VIAS Y TRANSPORTE
T.P 051037-0665817

MANZANARES CALDAS, NOVIEMBRE DE 2024

Señores:
MUNICPIO DE MANZANARES
PROYECTA
L.C.

Referencia: Carta de responsabilidad al diseño de pavimentos para el **CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MANZANARES EN EL BARRIO MILENIO, ETAPA I**
Respetados señores:

Atendiendo a su solicitud para la realización del diseño estructural de las alternativas de pavimento para el proyecto de la referencia; nos permitimos hacer entrega del Informe Final.

En el Informe se presenta una descripción de los trabajos de campo, el análisis geotécnico correspondiente y las recomendaciones de pavimentación. Además, se incluye en este informe registros de perforación y las memorias de cálculo correspondientes.

Esta oficina y Conforme a lo establecido por la Ley 400 de 1997, Artículo 28 “Experiencia del Ingeniero Geotecnista” [Título IV - Capítulo II: Profesionales Diseñadores], asumo la responsabilidad del Presente Estudio, conforme a lo establecido por la NSR – 10 [Ley 400 de 1997, Título III, Capítulo I, Artículo 5: Responsabilidad de los Diseños]. En cualquier caso, NO Asumo responsabilidad civil ni penal alguna, dado el caso en que las obras a que se hace referencia en el presente estudio no se ejecuten conforme a lo estipulado por el mismo.
Sin otro particular, nos suscribimos de usted.

Atentamente;

WILSON SEBASTIAN ASCUNTAR IPAZ.
C.C. No. 1.087.424.148
ING CIVIL ESP EN VIAS Y TRANSPORTE
T.P 051037-0665817

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MANZANARES EN EL BARRIO MILENIO, ETAPA I

TABLA DE CONTENIDO

1 GENERALIDADES ____ 5
1.1 Preliminares ____ 5
1.2 Localización del proyecto ____ 5
1.3 Metodología - Alcance ____ 5
1.4 Información de referencia ____ 6
1.5 Periodo de diseño ____ 6
1.6 Estado actual del pavimento ____ 6
2 TRANSITO DE DISEÑO ____ ¡Error! Marcador no definido.
3 CARACTERIZACIÓN DE RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE ____ 8
4 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES VIALES ____ 9
4.1 Concreto Hidráulico ____ 9
4.2 Sub base Granular ____ 10
5 DISEÑO ESTRUCTURAL A TRAVES DE LA METODOLOGIA DE LA PCA ____ 11
5.1 Factor de seguridad ____ 11
6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO ____ 13
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ____ 14

1 GENERALIDADES

1.1 PRELIMINARES

Se nos ha encargado la elaboración del diseño de la estructura de pavimento para el proyecto denominado: **CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MANZANARES EN EL BARRIO MILENIO, ETAPA I**, a continuación, se presenta de manera clara, completa y concisa las variables que influyen en el comportamiento y, por ende, en la determinación de los espesores de las capas que constituyen la alternativa de pavimento rígido.

En el diseño de las estructuras de pavimento interviene una serie de variables complejas, las cuales se debe reducir a un concepto simple y numérico que, al ser conjugados, manera confiable permiten definir la estructura de pavimento rígido, todo esto bajo lo establecido el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto comprende el mejoramiento de la red vial terciaria en el municipio de Manzanares, departamento de Caldas a través de la construcción de una alternativa de pavimento rígido que satisfaga las condiciones de tránsito y climáticas de la zona. La localización general de las vías se puede observar a continuación:

Tabla 1. Caracterización de los tramos a Intervenir

# TRAMO	UBICACIÓN TRAMO	LONGITUD TRAMO (M)	LONGITUD INTERSECCION (M)	LONGITUD BAHIA (M)	LONGITUD FINAL
1	Cra 4ª norte entre cll 6d y calle 7ª este.	80,00	8,00	0,0	88,00
	LONGITUD DE VÍAS INTERVENIDAS	**80,00**	**8,00**	**0.0**	**88,00**

Fuente: Autor

1.3 METODOLOGÍA - ALCANCE

El presente estudio se desarrolla en 5 fases. Primero, el reconocimiento de la variable tránsito que debe estar expresado en número de ejes equivalentes de 80KN y en un espectro de carga. Segundo, incorporación de los resultados producto del estudio de suelos y geotecnia. Tercero, caracterización de los materiales viales, en este capítulo se definen las características mecánicas y fiscas de los materiales a emplear en la construcción de la estructura de pavimento. Cuarto, diseño estructural de la alternativa de pavimento y, por último, conclusiones y recomendaciones; en este capítulo se detalla la sección transversal de la alternativa de pavimento y las recomendaciones generales para la construcción del corredor vial.

1.4 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Para el Desarrollo del presente estudio fue necesario acudir a dos tipos de fuentes de información: La Información Primaria, que consiste en aquel producto de las fases de exploración, muestreo y laboratorio al material objeto de estudio, y la Información Secundaria, aquella que se encuentra elaborada y que sirve de complemento para enriquecer la identificación del material de estudio, previo su análisis e interpretación geomecánica. A continuación de relacionan algunos documentos que sirven de referencia para la realización del presente informe:

- Normas Técnicas Colombianas Contenidas en las NSR – 10. ICONTEC 1998.
- Manual de diseño de pavimentos de la AASTHO
- Manual de diseño de pavimentos de concreto hidráulico para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.
- Normas INVIAS.

1.5 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño establecido para la alternativa de pavimento corresponde a 20 años

1.6 ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO

A fin de establecer el estado actual de las losas que conforman la estructura de pavimento rígido, en el siguiente registro fotografico se exponen los tipos de fallos más comunes y significativos que presentan las losas de concreto hidráulico, esto permite determinar que la rehabilitación que mejor se ajusta a la situación actual, es una estructura de pavimento nueva.

2 DISEÑO DE TRANSITO

Los conteos de tránsito permitieron establecer que la composición vehicular en la vía objeto de estudio y diseño corresponden a:

Tabla 2. TPDS-24 HORAS

TPDS-24HORAS										
DIA	AUTOS	BUSETA	BUS	TOTAL DE CAMIONES	C-2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	TOTAL
TPDS-24Hr	97	35	0	19	16	1	1	0	0	169
COMPVEH%	57%	21%	0.00%	11.00%	9.50%	0.80%	1%	0.00%	0.00%	100.00%

Fuente: Autor

La proyección del tránsito permitió establecer que emplear las ecuaciones contenidas en el manual de diseño de pavimentos de concreto se logró determinar que, en un periodo de vida útil de 20 años, el mayor número de ejes equivalentes puede circular a través de la estructura de pavimento corresponde a 1.016.368, lo que permite clasificar el transito como NT2, es decir transito bajo y por consiguiente la estructura de pavimento debe estar soportada por una subbase granular con %CBR de 30%.

Por otro lado, y considerando que únicamente se desarrollara una estructura de pavimento rígido, se expresa el tránsito a través de un espectro de carga. Todo lo anterior, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Tabla Resumen de resultados tránsito de diseño

TIPO DE EJE	PESO POR EJE (Ton)	TOTAL REPETICIONES POR EJE A 20 AÑOS
SRS	0.35	0
	0.45	0
	2.5	212543
	3	466758
	6	18754
SRD	5.5	466758
	6	229561
	11	18754
TANDEM	9.5	0
	21	0
	22	17018
TRIDEM	24	0

CLASIFICACIÓN DEL TRANSITO PARA SELECCIÓN DE MATERIALES

NIVEL DE TRÁNSITO	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 kN EN EL CARRIL DE DISEÑO, N_{80kN}, MILLONES
NT1	$N_{80kN} \leq 0.5$
NT2	$0.5 < N_{80kN} \leq 5.0$
NT3	$N_{80kN} > 5.0$

o. EJES EQUIVALENTE		1016368	
NIVEL DE TRANSITO		NT2	
%CBR para base y subbase	TRANSITO	SBG	BG
	NT1	30	80
	NT2	30	80
	NT3	40	95

Fuente: Autor

3 CARACTERIZACIÓN DE RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE

Dado que el CBR de diseño corresponde a 3.25%, el comportamiento de la subrasante se puede clasificar como REGULAR, las características mecánicas de la subrasante se especifican a continuación:

Tabla 4. Módulo resiliente de la subrasante, Tramo 01

MODUO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE					
MODULO RESILIENTE					
PROPONENTE	CUACIÓN	K	(kgf/cm2)	(PSI)	(MPa)
SHELL	$Mr = K * \%BR$	1500	295.3	4200	29.0
INVIAS	$Mr = K * \%CBR^{0.64}$	2555	347.2	4938	34.0
Mr Diseño			321.24	4569	31.50



Fuente: Autor

Aun cuando los pavimentos de concreto son menos sensibles a la capacidad de soporte del suelo y a las condiciones climáticas, debido a que los esfuerzos los distribuye en áreas muy grandes con lo que las solicitaciones que llegan al suelo son bajas, la necesidad de controlar el bombeo, dar soporte uniforme y constante al apoyo de losas, controlar las variaciones volumétricas de la subrasante y aumentar la capacidad de soporte de la fundación crean la necesidad de emplear una capa de subbase granular que sirva soporte para la losa de concreto.

4 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES VIALES

Los materiales con los cuales se pretende construir las capas de la estructura de las alternativas de pavimento, sea flexible o rígido, deben ser evaluados a través de una serie de parámetros mínimos y máximos permitidos por el INVIAS, pues el desempeño de la estructura de pavimento dependerá no solo del adecuado diseño estructural, sino también de la correcta selección de los materiales y de las técnicas de construcción adecuadas que permitan a los materiales alcanzar las propiedades mecánicas asumidas. (INVIAS, 2015). En cualquier caso, se deben determinar unas características mecánicas de los materiales que conforman la estructura del pavimento de tal forma que permitan modelar el comportamiento de la estructura frente a la acción del tránsito, específicamente se establece las características mecánicas y físicas de la subbase granular y concreto hidráulico que se emplearan para construir las capas que conforman la estructura de pavimento.

4.1 CONCRETO HIDRÁULICO

Uno de los parámetros esenciales en la estimación de los espesores de la capa que conforman la estructura de pavimento es la resistencia a la flexión, medida a 28 días, evaluada mediante su módulo de rotura, siguiendo el método de ensayo de la Norma INV E–414-13. La resistencia a la flexión que debe alcanzar el concreto se puede relacionar con el transito que circula a través de la vía como lo indica el manual de diseño de pavimentos de concreto:

Tabla 5. Resistencia que debe alcanzar el concreto

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 –300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4.5	4.2	4.0	3.8

Tabla 3-1. Resistencia que debe alcanzar el concreto

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

En concordancia con los resultados del estudio de tránsito, en los cuales se puede observar el paso de 19 vehículos de carga diarios, y en consecuencia con los criterios del manual de diseño de pavimentos en concreto hidráulico para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, el Módulo de rotura mino a la flexión a los 28 dias, debería corresponder como mínimo a 3.8MPa, No obstante, y a criterio del diseñador, se elige un módulo de rotura de 4.2MPa, esto, con la finalidad de obtener espesores de pavimentos menos robustos.

4.2 SUB BASE GRANULAR

En consecuencia, con el estudio de transito el nivel de transito se debe clasificar como NT2, por lo tanto, la subbase granular debe cumplir con las características de una **SUBBASE CLASE B** con un CBR mínimo de 30%, tomando este valor de CBR se entra al siguiente nomograma de la AASHTO y se encuentra el coeficiente estructural **a_3 = 0.12** y un módulo resiliente de 17000 lb/in^2

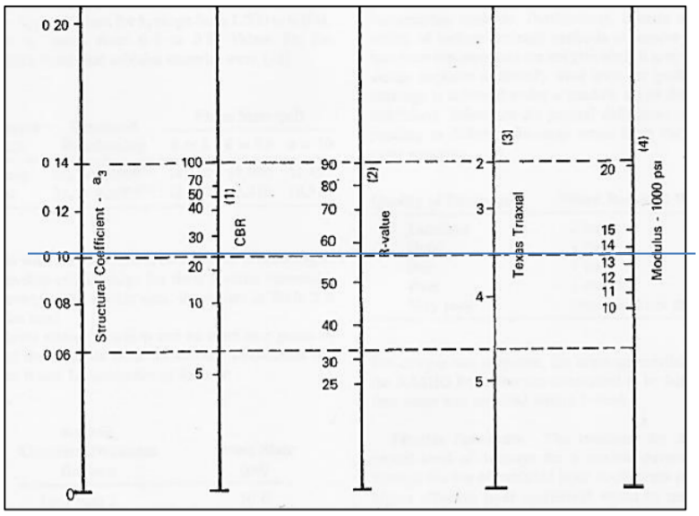


Ilustración 1. Coeficiente Estructural a_2 para una Sub-Base Granular
Fuente: (INVIAS 2007)

Adicionalmente, la subbase granular deberá satisfacer las siguientes especificaciones:

Tabla 6. Requisitos de los agregados para subbase granular

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

Fuente: Artículo 320-13 del INVIAS

5 DISEÑO ESTRUCTURAL A TRAVES DE LA METODOLOGIA DE LA PCA

El comportamiento estructural del pavimento se analizará a través de la metodología de la Portland Cement Asociación (PCA 1984), para esto se emplea el programa PCAcálculo, este software permite analizar el comportamiento del pavimento a fatiga y erosión.

El bombeo se define como "el movimiento de material por debajo de la losa de concreto o eyección de material desde abajo de la losa, como resultado de la presión del agua. El agua acumulada por debajo de la losa será presurizada cuando la losa flexione debido a carga"[1]. Esta expulsión de material se genera principalmente por las esquinas y juntas de las losas, generando vacíos que inducen escalonamiento y fisuración del pavimento La erosión se expresa en porcentaje y el diseño busca que este se encuentre por debajo del 100%. Por otro lado, La fatiga puede definirse como el numero finito de repeticiones de cargas que no son lo suficientemente grandes para causar la falla en una sola aplicación.

5.1 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad de carga se introduce al diseño cierto grado de conservadorismo para compensar las sobre cargas no previstas de camiones sobre cargados y las variaciones normales en las propiedades de los materiales y espesores de capa para la construcción. Los criterios para seleccionar el factor de seguridad se presentan a continuación:

Tabla 7.Factor de seguridad

Caso	FS
Casos muy especiales, alto tráfico, cero mantenimientos	1.3
Autopistas y caminos de alto volumen de trafico	1.2
Carreteras y avenidas urbanas principales de tráfico moderado	1.1
Caminos, calles urbanas secundarias de bajo trafico	1.0

Fuente: PCA

Si se considera que los tramos objeto de estudio y diseño son calles urbanas de bajo tránsito diario, el factor de seguridad correspondiente es 1.0

[1] University of Washington of Civil and Environmental Engineering, (WSDOT Pavement Design), citado por CARLOS ALBERTO BRYAN URIBE, fuente: shorturl.at/rsCK1

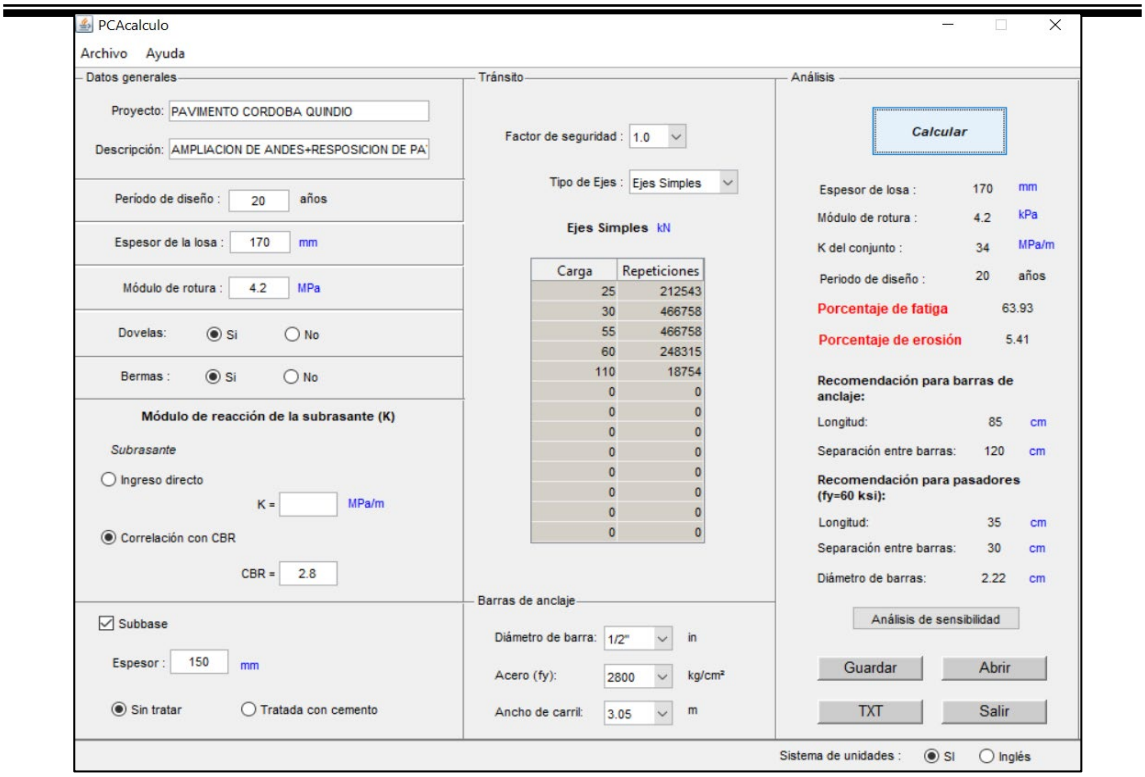


Ilustración 2. Resultados estructura de Pavimento Tramo 01
Fuente: Autor

Lo anterior, permite establecer que para las condiciones de tránsito y las condiciones de la subrasante la estructura de pavimento capaz de llegar al final del periodo de vida con un %Fatiga y Erosión por debajo del 100%, es un pavimento de 18cm de espesor apoyado sobre una subbase granular TIPO B de 20cm.

6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

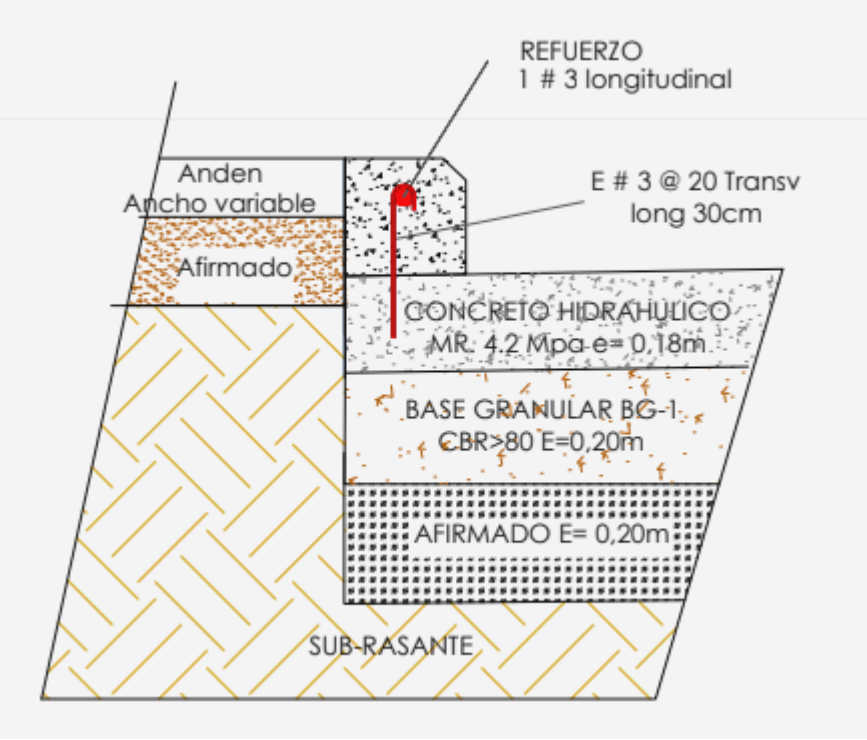
Las recomendaciones contenidas en el presente informe se basan en los datos obtenidos del plan exploratorio realizado, y en la información suministrada por la empresa contratante. Es de destacar, que el perfil estratigráfico utilizado para diseño es producto de una interpolación de los registros de perforación obtenidos del plan exploratorio. Si durante la construcción se presentan situaciones o condiciones no previstas en este informe, deberá darse aviso oportuno a esta oficina para estudiar la solución más adecuada. Esto también incluye cambios significativos en el diseño del proyecto final, que puedan generar una variación en la localización, uso, niveles y cargas utilizados para este informe.

Este documento no podrá ser alterado o modificado sin autorización explícita de esta compañía.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La caracterización de la variable tránsito para un periodo de diseño de 20 años permitió establecer para cada tramo vial el número de ejes equivalentes esperados en el carril y periodo de diseño, adicionalmente, con base en el estudio de suelos y geotecnia se logró establecer el CBR de diseño, variables que una vez conjugadas con las características de los materiales, permitió establecer que alternativa de pavimento que se ajusta a estos parámetros es la siguiente:

Losa de concreto Hidráulico: 18cm
Sub base granular: 20cm



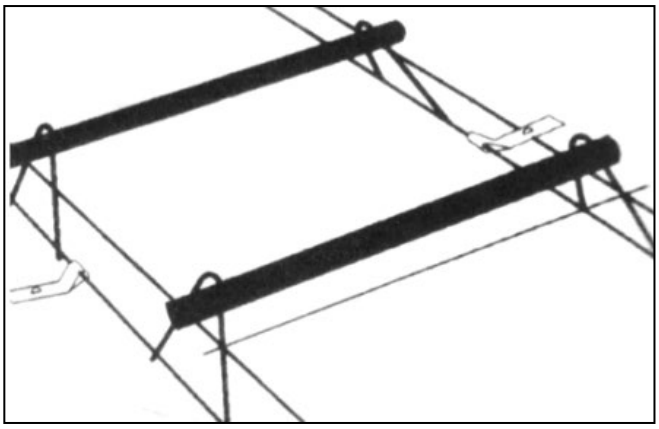
Una vez alcanzado el nivel de subrasante, este deberá ser compactado o cilindrado, esto con el fin de minimizar deformaciones inmediatas y para detectar fallos. Si durante la etapa de excavación se encuentran sitios de fallos (hundimientos o bolsas de material blando u orgánico), se removerá el material alterado y húmedo. La zona se estabilizará con rajón grueso o piedra media zonja. También se podrá estabilizar el sitio con geotextil del tipo no tejido tipo PAVCO NT-1600 o similar. Es de aclarar que las características mecánicas de los materiales granulares deben cumplir toda la normatividad expuesta en el capítulo 3-13 del INVIAS.

Geometría de las losas: En cualquier caso, se requiere del refuerzo de la losa cuando se presente alguno de los siguientes casos:

- Longitud de la losa >24 veces el espesor de la losa
- Losas con relación largo/ancho >1.20
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos como pozos de alcantarillado o sumideros
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes

En este sentido, la Geometría de las losas deberá ser: 3.50x3.50m
Barras de anclaje: Se proponen barras de d:1/2" con fy:60000psi, con una longitud de 0.85m y separación de 1.2m para todos los casos.

Pasadores de carga (Dovelas): las dovelas para losas con espesor de 18cm serán de 7/8" de diámetro. Para las canastillas a emplear como parte de las juntas transversales, se recomienda el siguiente esquema:



No obstante, se deja libertad para que se emplee cualquier tipo de mecanismo que cumpla con la función; es decir, que se cumpla con la horizontalidad, diámetro, firmeza y separación de la barra de anclaje. Estas Canastillas se construirán en varilla redonda corrugada de 1/4 de pulgada (1/4") en cuantía aproximada de 3.0 Kg/ml. Dentro del control de calidad de estas Canastillas metálicas, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Revisar que las Dovelas tengan el diámetro, longitud y separación especificados (longitud de 45cm, separadas cada 30cm). Y diámetro de 7/8
- Revisar que el eje de las Dovelas coincidirá con la mitad del espesor de la Losa.
- Revisar el paralelismo entre Dovelas y de éstas con la superficie del Concreto Hidráulico y con sus paredes laterales.

Para el sello de las juntas se debe hacer el tratamiento convencional incluyendo corte, cordón y sello.

Mantener selladas las juntas ayuda a garantizar la vida útil de la estructura de pavimento. Sin embargo, se debe tener en cuenta que para que el sello cumpla su función, es necesario que las juntas no trabajen, es decir, que no

experimente desplazamientos verticales significativos entre sí; dichos desplazamientos se originan por una transferencia de cargas deficiente entre losas. Situación muy probable teniendo en cuenta los antecedentes de las losas demolidas en otros sectores del proyecto, en los que los sistemas de transferencia de cargas se encuentran algo deteriorados. A lo que me refiero en el párrafo anterior es que la durabilidad de los sellos no está garantizada, por lo tanto, se deben de programar mantenimientos periódicos de los sellos de juntas con periodos máximos de 5 años.

El Deterioro del sello de las juntas. Permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.
A continuación, se mencionan las causas del deterioro de cada tipo de deficiencia:

- Endurecimiento. Producto de mala calidad y/o envejecimiento de este.
- Desprendimiento del sellante de las paredes de la junta. Producto de mala calidad, sello mal colocado, caja mal diseñada, adherencia de polvo en las paredes de las juntas.
- Fluencia del sellante fuera de la caja. Exceso de sello, producto de mala de calidad, procedimiento de colocación deficiente, producto equivocado para el clima del proyecto.
- Carencia. Producto de mala calidad y/o procedimiento de colocación deficiente.
- Incrustaciones de materias incompresibles. Bermas no pavimentadas, caída de material de los vehículos que circulan por la vía.
- Crecimiento de vegetación.
- Falta de barras de anclaje longitudinal.
- Desplazamiento lateral generado por asentamiento de la subrasante.

Respecto al refuerzo de las losas, se debe decir que solo llevan armadura para los casos en que su geometría no sea simétrica o coincidan dentro de ella elementos tipo cámaras o similares. En estos casos el refuerzo propuesto es una parrilla armada en dos direcciones con varilla No.4 y separaciones máximas de 0.2m, localizada en el tercio superior de la losa

WILSON SEBASTIAN ASCUNTAR IPAZ.
C.C. No. 1.087.424.148
ING CIVIL ESP EN VIAS Y TRANSPORTE
T.P 051037-0665817