JOSE GERMAN GACHA BOCANEGRA
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA LAS VIAS ACCESO PARA LA CONSTRUCCION DEL NUEVO HOSPITAL SAN JUAN BAUTISTA EN EL MUNICIPIO DE CHAPARRAL EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

UNION TEMPORAL DISEÑOS CHAPARRAL 2021

ING. CELSO ROMAN GONZALEZ

CONSULTOR

ING. JOSE GERMAN GACHA BOCANEGRA

MAYO DE 2022

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.

2. ALCANCES.

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

4. DESCRIPCION.

5. FACTORES DE DISEÑO.

6. DISEÑOS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO.

6.1. CATEGORIA DE CARGA POR EJE.

6.2. NIVEL DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE.

6.2.1. CBR DE DISEÑO.

6.2.2. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.

6.2.3. MODULO DE REACCION (K).

6.2.4. SOPORTE DE LA SUBRASANTE SEGÚN EL TIPO DE SUELO.

6.3. DISEÑO DEL PAVIMENTO POR EL METODO PCA (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION) PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO.

7. RECOMENDACIONES.

1. INTRODUCCION

El presente estudio corresponde al diseño estructural del pavimento rígido para las vías acceso, vías internas y zonas de parqueo para la construcción del nuevo hospital San Juan Bautista en el municipio de Chaparral (Tolima).

La metodología implementa para el diseño de la estructura del pavimento rígido será de la Portland Cement Association (PCA), mediante el procedimiento simplificado que se aplica en los casos cuando no se dispone de la información detallada del volumen y tipo de tránsito vehicular para el cálculo de la distribución de cargas por eje a partir del Transito Promedio Diario (TPD).

2. ALCANCES

Se ha establecido como alcance del presente informe, el diseño de la solución técnica y económicamente más conveniente para la pavimentación de las diferentes vías y zonas de parqueo del futuro hospital San Juan Bautista en el municipio de Chaparral – Tolima.

Para dar cumplimiento al alcance general, es necesario satisfacer los siguientes alcances específicos.

- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de las futuras vías a partir de la información suministrada de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados al suelo que

compone la subrasante; exploración geotécnica realizada por la firma INGOECONSULTORES LTDA.

- Identificar los diferentes panoramas en cuanto a la resistencia de los materiales de subrasante y los valores representativos de CBR, con el fin de determinar su Módulo de Reacción (K), según la tabla de Tipos de Suelos de Subrasante y Valores aproximados de K, del procedimiento simplificado de diseño de la Portland Cement Association (PCA).

- De acuerdo a la tabla de Categorías de Carga por eje, establecer la categoría según el tipo de vía y el Transito Promedio Diario de Vehículos Comerciales (TPDVC).

- Periodo de diseño. El procedimiento simplificado de diseño de la Portland Cement Association (PCA), en los datos de las tablas de diseño de espesor de las losas establecen un periodo de diseño de 20 años.

- Determinación de la alternativa para la estructura del pavimento rígido.

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Las vías del presente proyecto están localizadas en interior la futura construcción del nuevo hospital San Juan Bautista en el municipio de Chaparral (Tolima).

Imagen 1. Localización del proyecto en el municipio de Chaparral (Tolima).



Fuente. Google earth; Coordenadas 3°43′05″N; 75°27′51″W

4. DESCRIPCION

Se define los parámetros que hacen parte de las condiciones finales de la estructura del pavimento rígido de las vías, resistencia del concreto a la flexión (Módulo de rotura, MR), utilización del sardinel de concreto y el dimensionamiento de las juntas transversales y longitudinales de las losas.

5. FACTORES DE DISEÑO

Para el presente estudio se adoptaron los siguientes parámetros de diseño del procedimiento simplificado de la Portland Cement Association (PCA).

1. Categoría de carga por eje para el tipo de servicio de la vía.

2. Periodo de diseño de 20 años, como lo fundamente el procedimiento simplificado de diseño de la Portland Cement Association (PCA).

3. Nivel de soporte de la subrasante acuerdo al módulo de reacción (K) de la subrasante o del conjunto subrasante subbase.

4. Pavimento rígido sin o con sardinel de concreto.

5. Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de rotura, MR).

6. DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

A continuación, se realiza el diseño para las estructuras de pavimentos de las vías de acceso, vías interna y zonas de parque del nuevo hospital San Juan Bautista en el municipio de Chaparral (Tolima).

6.1. CATEGORIA DE CARGA POR EJE

Empleando la tabla de Categoría de Carga por Eje, se adopta la categoría 1 a la cual corresponde a calles residenciales, carreteras rurales y segundarias de bajo

a medio volumen de tránsito vehicular y donde el TPDVC -Transito Promedio Diario de Vehículos Comerciales (buses y camiones) es hasta 25 vehículos; categoría que se ajusta al transito que circulara en las vías del proyecto.

Tabla No.01 Categoría de Cargas por Ejes.

Tabla 6.12
Categorías de carga por eje

Categorías de carga por eje	Descripción	Tránsito			Máximas cargas por eje (KN)	
		TPD	TPDC			
			%	Diario	Ejes simples	Ejes tándem
1	- Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200 - 800	1 -3	hasta 25	98	160
2	- Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto). - Calles, arterias y carreteras primarias (bajo).	700 - 5000	5 - 18	40 - 1000	115	195
3	- Calles arterias, y carreteras primarias (medio). - Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio).	3000 - 12000 (2 carriles) 3000 -50000+ (4 carriles o más)	8 - 30	500 -5000+	133	230
4	- Calles arterias, carreteras primarias y vías expresas (alto). - Autopistas urbanas e interestatales (medio a alto).	3000 - 20000 (2 carriles) 3000 -150000 (4 carriles o más)	8 - 30	1500 -8000+	151	267

* Los términos bajo, medio y alto se refieren a los pesos relativos de las cargas por eje, para el tipo de calle o carretera considerada; esto es, "bajo" para una autopista interestatal puede representar cargas mucho más pesadas en una carretera secundaria.

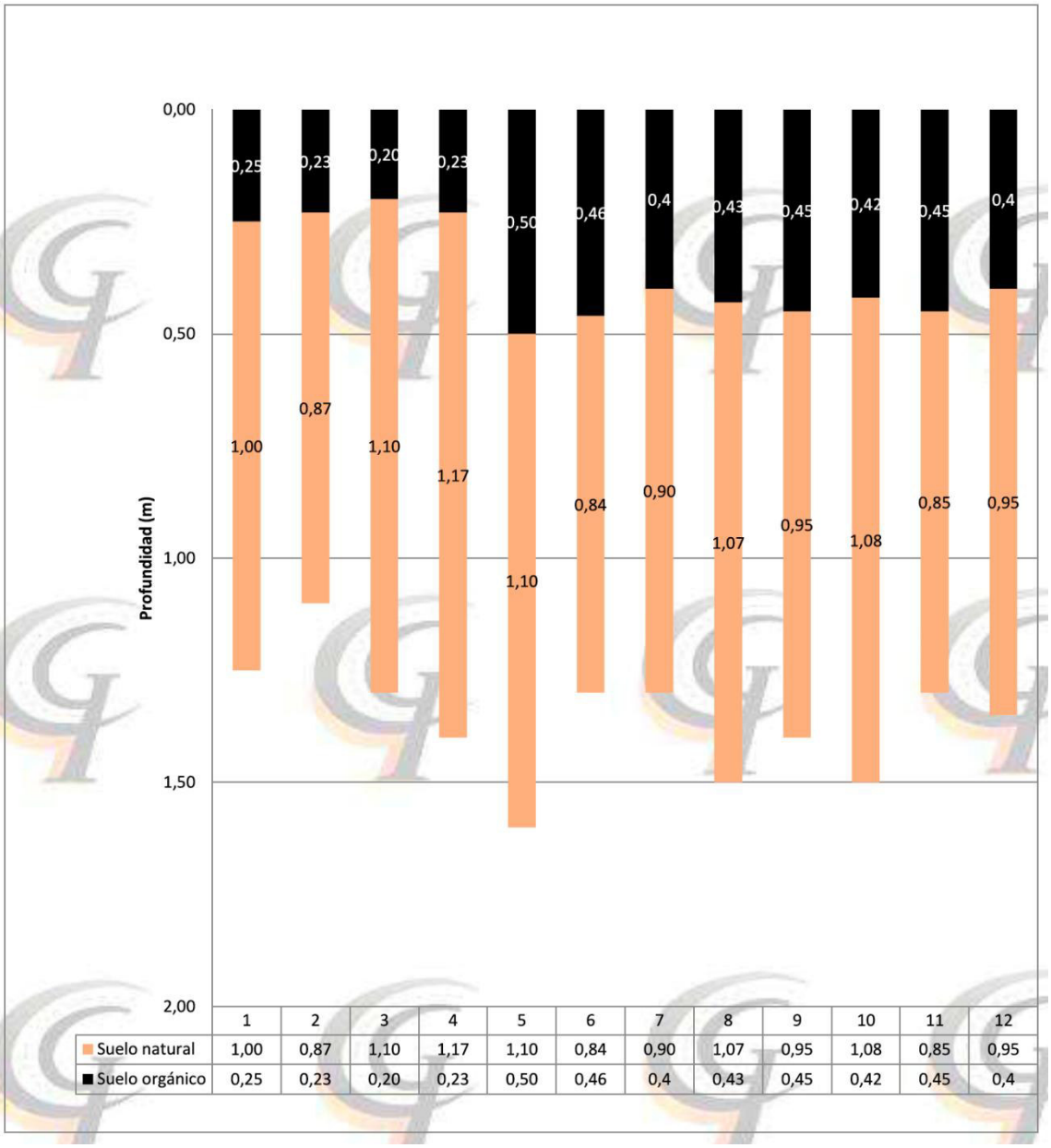
Fuente: Ingeniería De Pavimento De Alfonso Montejo.

6.2. NIVEL DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE.

En el estudio de suelos realizado por la firma INGEOCONSULTORES LTDA. Se realizaron 12 apiques dentro de los cuales se obtuvieron muestras para obtener en laboratorio el valor del CBR inalterado y sumergido, del suelo de la subrasante sobre el cual se apoyará la estructura del pavimento rígido.

La siguiente es la estratigrafía de los doce (12) apiques realizados:

Grafica No.01: Estratigrafía de los doce (12) apiques.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Suelo natural	1,00	0,87	1,10	1,17	1,10	0,84	0,90	1,07	0,95	1,08	0,85	0,95
Suelo orgánico	0,25	0,23	0,20	0,23	0,50	0,46	0,4	0,43	0,45	0,42	0,45	0,4

Fuente: Exploración Geotécnica para la construcción vías de acceso para la construcción del nuevo Hospital San Juan Bautista.

Como se puede observar en la estratigrafía, en todos los doce (12) apiques la capa superior está conformada por el 100% de suelo orgánico, capa de suelo que durante la etapa de exploración de construcción de las vías tendrá que ser retirada en su totalidad, para dejar como subrasante del pavimento rígido el suelo natural limo arcilloso de plasticidad media – alta (CL-ML, MH-CH), que según el estudio geotécnico.

La siguiente tabla resume los resultados de los ensayos de laboratorio realizados al suelo de subrasante:

Tabla No.01: Resultados ensayos de laboratorio.

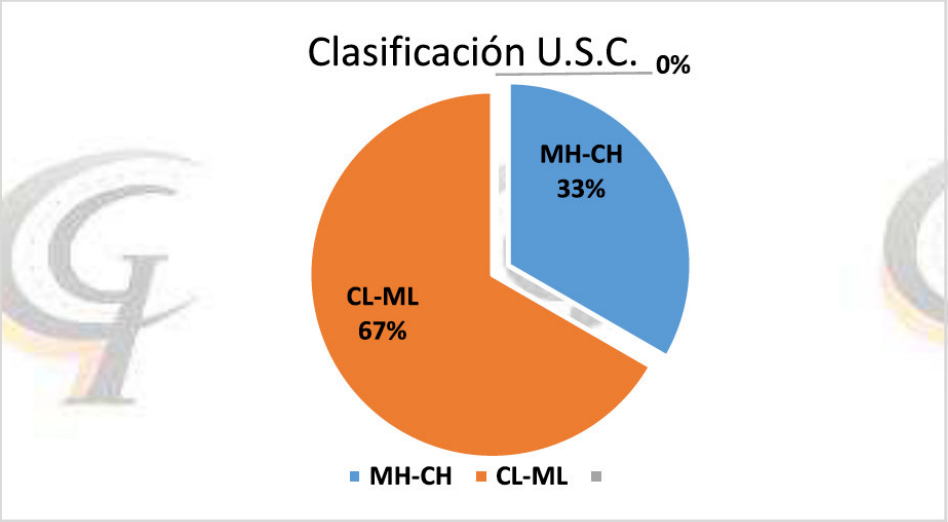
N°	Ubicación y abscisa obra	Estrato	Descripción según Clasificación USC	Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	W%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	AASTHO	USC	(LC) (%)	CBR Inalterado	CBR Sumergido	Expansión (%)	CBR PDC (%)	Peso Específico	Materia Orgánica
1	Apique N° 1 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,25m a 1,25m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	0,0	7,9	92,1	21%	52,7	31,8	20,9	A - 7 - 5	MH - CH	---	4,5	1,9	1,8%	21,8	-----	-----
2	Apique N° 2 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,23m a 1,10m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	8,8	91,2	19%	48,1	29,2	18,9	A - 7 - 6	CL - ML	---	4,4	2,1	1,7%	23,7	-----	-----
3	Apique N° 3 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,20m a 1,30m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	9,7	90,3	21%	48,7	30,3	18,4	A - 7 - 5	CL - ML	---	4,0	1,6	1,5%	21,8	-----	-----
4	Apique N° 4 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,23m a 1,40m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	12,0	88,0	19%	45,8	28,7	17,1	A - 7 - 6	CL - ML	---	4,6	2,2	1,6%	21,6	-----	-----
5	Apique N° 5 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,50m a 1,60m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	9,8	90,2	18%	47,9	29,4	18,5	A - 7 - 6	CL - ML	---	4,8	2,5	1,7%	22,1	-----	-----
6	Apique N° 6 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,46m a 1,30m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	0,0	7,5	92,5	20%	50,8	31,0	19,8	A - 7 - 5	MH - CH	---	4,0	1,9	1,7%	21,9	-----	-----

N°	Ubicación y abscisa obra	Estrato	Descripción según Clasificación USC	Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	W%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	AASTHO	USC	(LC) (%)	CBR Inalterado	CBR Sumergido	Expansión (%)	CBR PDC (%)	Peso Especifico	Materia Orgánica
7	Apique N° 7 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,40m a 1,30m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	9,7	90,3	22%	45,9	28,5	17,4	A - 7 - 6	CL - ML	---	3,8	1,6	1,5%	23,1	-----	-----
8	Apique N° 8 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,43m a 1,50m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	10,9	89,1	19%	49,6	29,9	19,7	A - 7 - 6	CL - ML	---	4,1	1,9	1,6%	22,6	-----	-----
9	Apique N° 9 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,45m a 1,40m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	9,0	91,0	22%	44,8	28,1	16,7	A - 7 - 6	CL - ML	---	4,3	1,6	1,5%	20,9	-----	-----
10	Apique N° 10 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,42m a 1,50m de profundidad	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	0,0	10,5	89,5	20%	46,3	29,3	17,0	A - 7 - 6	CL - ML	---	3,5	1,7	1,4%	19,1	-----	-----
11	Apique N° 11 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,45m a 1,30m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	0,0	13,0	87,0	18%	51,6	31,4	20,2	A - 7 - 5	MH - CH	---	4,3	2,1	1,5%	21,8	-----	-----
12	Apique N° 12 - localización esquema anexo	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,40m a 1,35m de profundidad	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	0,0	14,4	85,6	19%	52,5	31,5	21,0	A - 7 - 5	MH - CH	---	4,6	2,4	1,4%	20,6	-----	-----

Fuente: Exploración Geotécnica para la construcción vías de acceso para la construcción del nuevo Hospital San Juan Bautista

Los resultados de los ensayos, determinan que la subrasante la compone un suelo natural tipo limo arcilloso de plasticidad media (CL-ML) y limo arcilloso de alta plasticidad (MH-CH) según la clasificación U.S.C. (Clasificación Unificada de Suelos) y tipo A-7-5 y A-7-6 en la clasificación de la AASHTO, que de acuerdo a los doce apiques están distribuido en los siguientes porcentajes.

Grafica No.02: Porcentaje de distribución del suelo de subrasante.



Fuente: Exploración Geotécnica para la construcción vías de acceso para la construcción del nuevo Hospital San Juan Bautista.

Estos tipos de suelos según los resultados no tiene problemas de expansión, pero si tiene una baja consistencia causando que sean inestables como terreno de fundación para la estructura del pavimento.

Los resultados del ensayo de CBR sumergido (%) que corresponde a la condición más crítica a la que puede llegar el suelo durante el periodo de servicio del pavimento se resumen en la siguiente tabla:

Tabla No.02: Resultados ensayo CBR..

Tabla N° 17, Resultados C.B.R.					
N°	**Abscisa**	**Descripción**	**Estrato**	**CBR Sumergido (%)**	**C.B.R. método cono dinámico (%)**
1	Apique N° 1 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,25m a 1,25m de profundidad	1,9	21,8
2	Apique N° 2 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,23m a 1,10m de profundidad	2,1	23,7
3	Apique N° 3 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,20m a 1,30m de profundidad	1,6	21,8
4	Apique N° 4 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,23m a 1,40m de profundidad	2,2	21,6
5	Apique N° 5 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,50m a 1,60m de profundidad	2,5	22,1
6	Apique N° 6 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,46m a 1,30m de profundidad	1,9	21,9
7	Apique N° 7 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,40m a 1,30m de profundidad	1,6	23,1
8	Apique N° 8 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,43m a 1,50m de profundidad	1,9	22,6
9	Apique N° 9 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,45m a 1,40m de profundidad	1,6	20,9
10	Apique N° 10 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de plasticidad media	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,42m a 1,50m de profundidad	1,7	19,1
11	Apique N° 11 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,45m a 1,30m de profundidad	2,1	21,8
12	Apique N° 12 - localización inciso N°5	Suelo limo arcilloso de alta plasticidad	Suelo natural, muestra recuperada entre 0,40m a 1,35m de profundidad	2,4	20,6

Fuente: Exploración Geotécnica para la construcción vías de acceso para la construcción del nuevo Hospital San Juan Bautista.

6.2.1. CBR DE DISEÑO

Para el CBR de diseño se adopta el valor de 1,6% que corresponde al menor valor del CBR sumergido de los resultados de los ensayos, teniendo en cuenta que es la condición más desfavorable y con este valor se suple todas las exigencias de cargas en este punto y por consiguiente en el resto del área de la subrasante.

6.2.2. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

En los casos cuando se presentan suelos tipo limo arcilloso de plasticidad media – alta (CL-ML, MH-CH), en los cuales sus valores de CBR sumergido son menores del 3% por su reducida resistencia mecánica, hace que sean inapropiados como terreno de fundación para la estructura del pavimento rígido; razón por la cual se hace necesario considerar un espesor de mejoramiento con material de afirmado A-38 con un CBR ≥ 15% según las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS, Articulo 311-13.

Tabla 311 - 1. Requisitos de los agregados para afirmados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

NORMA Y ESPECIFICACIONES

Tabla 311 - 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

2012 INVIAS

Fuente: Especificaciones de Invias

Por las características geotécnicas del material de subrasante, se hace necesario la colocación de un geotextil no tejido tipo NT-2500 como separación en la interfaz Subrasante – afirmado (material de mejoramiento) con el fin de evitar de esta manera contaminarlos.

El CBR equivalente de la interacción subrasante-mejoramiento se calcula con base a la teoría de *Ivanov*, en donde se determina también el espesor de la capa de mejoramiento en afirmado.

CÁLCULO DEL CBR EQUIVALENTE DE LA CAPA DE MEJORAMIENTO (AFIRMADO A-38) POR MEDIO DE LA FÓRMULA DE IVANOV

CBR DISEÑO % (PROMEDIO)		$E_{INF.}$	$E_{SUP.}$	n	$n^{3.5}$	h_1(cm)	h_1 / 2a	$\tan^{-1}(n*h_1/2a)$ (rad) (I)	1-(1/$n^{3.5}$) (J)	2/π	2/π*J*I	E_{equiv} (Kg/cm2)	CBR
SUBRASANTE	MAT. MEJORAM	(kg/cm^2)											
1,60	15,00	160	899	1,99	11,20	30,0	0,99	1,10	0,91	0,64	0,64	442	4,40

SISTEMA EQUIVALENTE
CBR $_{EQUIVALENTE}$ = 4,40 %

CBR DISEÑO % (PROMEDIO)			$E_{INF.}$	$E_{SUP.}$	E_{EQUIV}	n	$n^{3.5}$	1-(1/$n^{3.5}$) (I)	2/π	2/π*I (K)	1-(E_{INF}/E_{EQUIV}) (L)	tan(L/K)	h1 (cm)
SUBRASANTE	MAT. MEJORAM	EQUIV.	(Kg/cm^2)										
1,60	15,00	4,40	160	899	440	1,99	11,20	0,91	0,64	0,58	0,64	1,95	29,94

ESPESOR NECESARIO PARA OBTENER
UN CBR EQUIVALENTE DE **4,40%**
ALTURA DEL RELLENO (h_1) = 30,00 cm

$E_{INFERIOR}$ = 100 x CBR CBR<10%
$E_{SUPERIOR}$ = 130 x $CBR^{0,714}$ CBR≥10%

h_1 corresponde al espesor entre máximo y mínimo del material granular

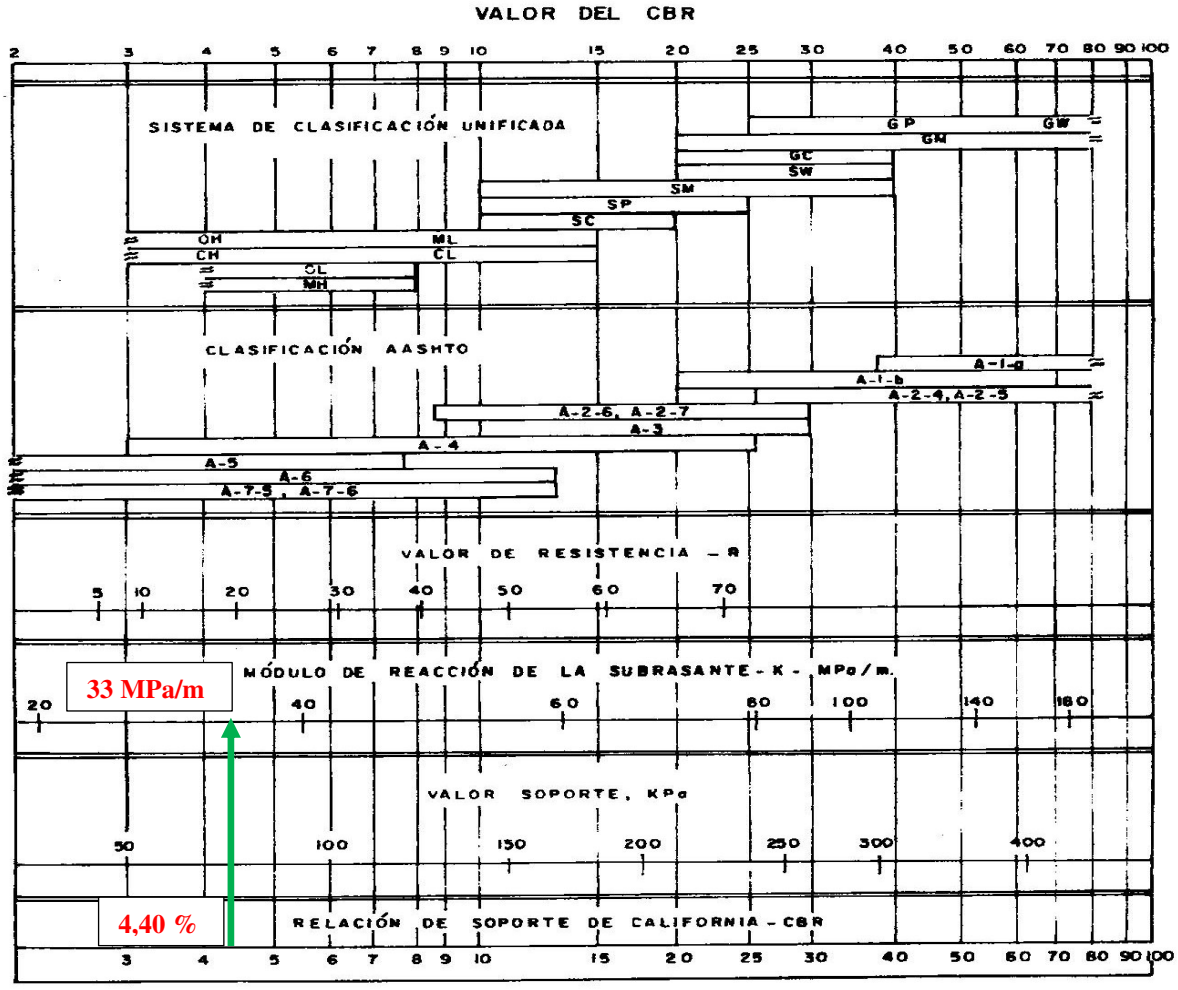
$$h_1 = \frac{2a}{n} * \mathrm{Tan}\left[\frac{\left(1-\frac{E_{inferior}}{E_{equivalente}}\right)}{\frac{2}{\pi}*\left(1-\frac{1}{n^{3.5}}\right)}\right]$$

$$n = \left(\frac{E_{superior}}{E_{inferior}}\right)^{1/2.5}$$

El CBR de diseño inicial de 1,6% de la subrasante con un espesor de 30 cms de afirmado aumenta a 4,4% con la interacción subrasante-afirmado.

6.2.3. MODULO DE REACCION (K)

Con el valor de CBR de 4,40%, se determina el valor del módulo de reacción (K) de la subrasante, corresponde a un valor de K de 33 MPa/m, empleando la siguiente figura.



Fuente: Ingeniería De Pavimento De Alfonso Montejo.

Para el presente diseño se establece la colocación de una capa de material de subbase granular tipo SBG-38 en un espesor de 15 cms, aprovechado el efecto de mejoramiento del módulo de reacción K que va a tener la subrasante, se calculó el valor del K del conjunto subbase – subrasante con un resultado de 41 MPa/m interpolando en la siguiente tabla.

Efecto de la subbase granular sobre los valores de K

Valor de K para sub-rasante		Valor de K para subbase por combinada							
		100 m.m.		150 m.m.		225 m.m.		300 m.m.	
Mpa/m	lb/pulg.^{3}	Mpa/m	lb/pulg.^{3}	Mpa/m	lb/pulg.^{3}	Mpa/m	lb/pulg.^{3}	Mpa/m	lb/pulg.^{3}
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente: Ingeniería De Pavimento De Alfonso Montejo.

Calculo del efecto de la subbase granula sobre los valores de K

Valor de K para sub-rasante (Mpa/m)	Valor de K para subbase por combinada (Mpa/m)
	Espesor 150 m.m.
20	26
33	**41**
40	49

Los siguientes son los requisitos de calidad para una subbase granular clase C, según las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS.

Tabla 320 - 2. Requisitos de los agregados para sub-bases granulares

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

Tabla 320 - 3. Franjas granulométricas del material de sub-base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente: Especificaciones de Invias

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

6.2.4. SOPORTE DE LA SUBRASANTE SEGÚN EL TIPO DE SUELO

Para establecer el nivel de soporte de la subrasante según el rango del valor del módulo de reacción K de 41 MPa/m, se toma como referencia lo establecido en la metodología con la siguiente tabla:

Tabla 6.13
Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k

Tipo de suelo	Soporte	Rango de valores k MPa/m
Suelos de grano fino, en los que predominan partículas del tamaño del limo y la arcilla	Bajo	20-34
Arenas y mezclas de grava y arena con cantidades moderadas de limo y arcilla.	Medio	35-49
Arenas y mezclas de grava y arena relativamente libres de finos plásticos.	Alto	50-60
Subbases tratadas con cemento.	Muy alto	70-110

Fuente: Ingeniería De Pavimento De Alfonso Montejo.

Como se puede observar el valor del módulo de reacción K de 41 MPa/m está entre el rango de 35 MPa/m y 49 Mpa/m para un nivel de soporte Medio; dicho soporte se mejoró de su nivel Bajo del suelo natural de la subrasante tipo limo arcilloso de plasticidad media – alta (CL-ML, MH-CH) a un nivel medio producto de la capa de mejoramiento con recebo A-38 de un espesor de 30 cm y de la capa de subbase granular SBG-38 de 15 cms de espesor.

6.3. DISEÑO DEL PAVIMENTO POR EL METODO PCA (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION) PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO.

Una vez establecidos los parámetros de diseño correspondiente a:

- Categoría 1 de carga por eje.
- Nivel de soporte Medio entre el rango K de 35 MPa/m y 49 MPa/m, para el conjunto subrasante–subbase con valor del módulo de reacción K de 41 Mpa/m.
- Pavimento rígido con sardineles de concreto.
- Resistencia a la flexión del concreto con un Módulo de rotura (MR) de 3.8 Mpa.

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño del procedimiento simplificado de diseño de la Portland Cement Association (PCA), se adopta la tabla correspondiente a TPD-C Admisible – Categoria 1 de carga por eje pavimentos con juntas de trabazón de agregados (sin pasadores).

Tabla 6.14
TPD-C Admisible – categoría 1 de carga por eje pavimentos con juntas de trabazón de agregados (sin pasadores)

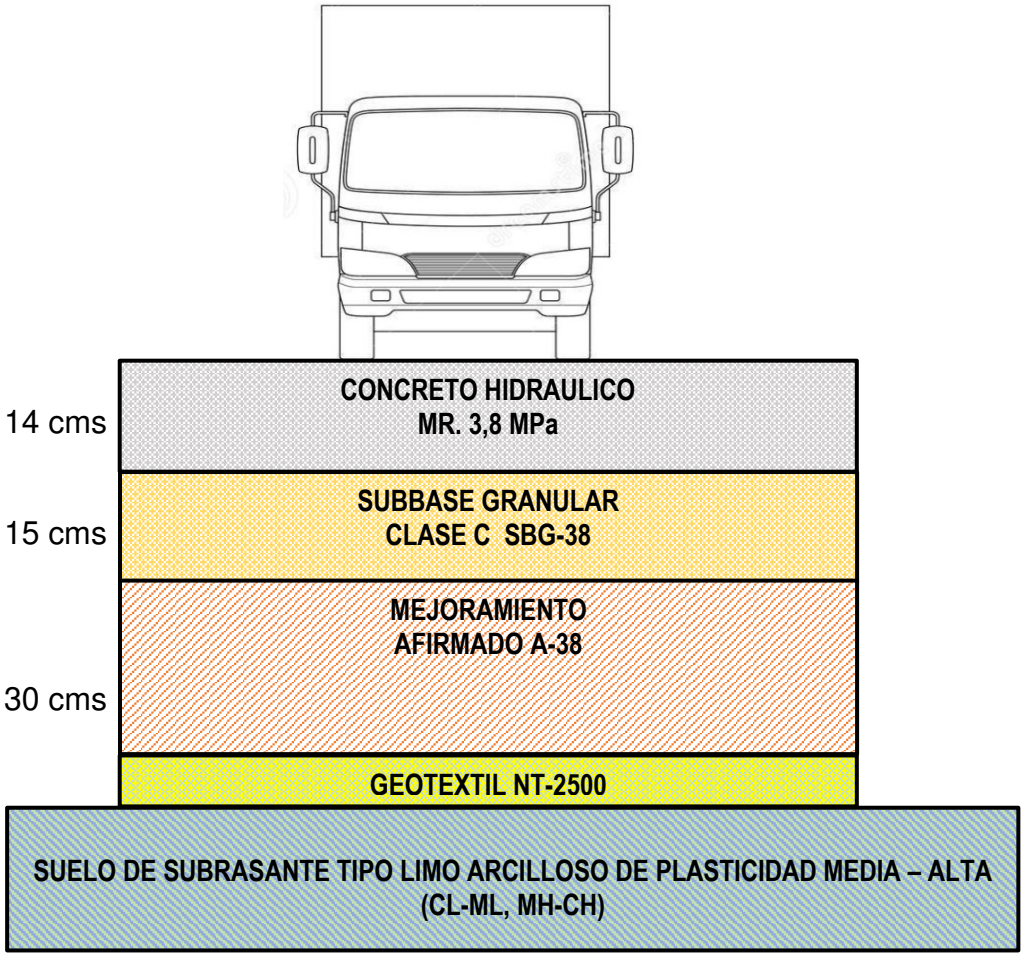
	Sin berma o sardinel de concreto					Con berma o sardinel de concreto			
	Espesor de losa (mm)	Soporte subrasante -subbase (MPa/m)				Espesor de losa (mm)	Soporte subrasante -subbase (MPa/m)		
		Bajo (20-34)	Medio (35-49)	Alto (50-60)			Bajo (20-34)	Medio (35-49)	Alto (50-60)
MR = 4.4 MPa	120 130 140	0.2 2	0.1 1 11	0.3 4 33	MR = 4.4 MPa	100 110 120	0.3 4	0.1 2 21	0.4 6 60
	150 160 170	18 110 500	77 407	210		130 140	38 240	160	410
MR = 4.1 MPa	130 140 150	0.4 4	0.2 2 19	0.7 8 54	MR = 4.1 MPa	110 120 130	0.8 9	0.3 5 41	1 15 110
	160 170 180	27 140 600	110 530	290		140 150	65 360	260	650
MR = 3.8 MPa	140 150 160	0.1 0.7 5	0.4 4 26	1 12 72	MR = 3.8 MPa	110 120 130	0.1 2	0.8 9	0.2 3 26
	170 180	32 150	130 570	350		140 150 160	14 90 430	63 340	170

Notas:
1. El análisis de fatiga controla el diseño.
2. Un valor fraccional de TPD-C indica que el pavimento puede soportar un mínimo ilimitado de automóviles y camiones de 2 ejes y 4 llantas, pero solo unos pocos camiones pesados por semana (TPDVC de 0.3 X 7 días = 2.1, indica dos camiones pesados por semana).

Fuente: Ingeniería De Pavimento De Alfonso Montejo.

Para la clase de soporte media, con sardinel de concreto y losa de concreto con módulo de rotura MR=3,8 MPa, muestra que el TPD-C (Transito Promedio Diario de Vehículos Comerciales) admisible seria de 63 vehículos para un espesor de 14 cms. Se adopta este espesor de 14 cms con el fin de amentar el factor de seguridad para prever el TPD-C que se generara durante la etapa de construcción del hospital.

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO
DEL NUEVO HOSPITAL SAN JUAN BAUTISTA DEL MUNICIPIO DE CHAPARRAL – TOLIMA.



PASADORES DE GARGA Y BARRAS DE ANCLAJE.

Por las características de las vías que tendrá el nuevo Hospital San Juan Bautista, que clasifican dentro de la categoría de carga por eje uno (1), a la cual pertenece las calles residenciales de bajo peso relativo de carga por eje; la colocación de acero para los pasadores de carga y barras de anclaje solo son necesarios en condiciones de alto volumen de trafico pesado y/o clima severo, razón por la cual el presente diseño no contempla la instalación de estos elementos.

7. RECOMENDACIONES

7.1. Los materiales contemplados en el presente diseño, se regirán por las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS, y su control con las NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS – INVIAS.

7.2. Se recomienda utilizar geotextil no tejido NT-2500 para que cumpla con la función de separación del suelo de subrasante con el material granular de mejoramiento (afirmado A-38), evitando la contaminación de este último, ante la factible migración de finos del suelo de subrasante.

7.3. La garantía de la durabilidad de la estructura del pavimento, depende del adecuado tratamiento de la subrasante, de la calidad de la mano de obra y los materiales utilizados, del correcto proceso constructivo y control de calidad, de la aplicación de los espesores de la estructura de pavimento establecidos en el presente estudio, además de las obras de drenaje para la captación, control y la conducción de corrientes superficiales y subterráneas, (cunetas y filtros), y el confinamiento de la estructura mediante la construcción de andenes, sardineles o bordillos.

7.4. Acoger las pautas descritas en el presente diseño, en cuanto a los espesores de las capas que conforman la estructura de pavimento rígido, y las especificaciones técnicas de los materiales recomendados para cada una de las capas de la estructura.

7.5. Tener en cuenta las apariciones de corrientes de aguas subterráneas durante el proceso de excavación, con el fin de captarlas, controlarlas y evacuarlas mediante la construcción de filtros tipo geodren, respectivamente, en una o ambas márgenes según sea el caso. La localización y el diseño de las obras de sub-drenajes requeridas no hacen parte del presente estudio.

7.6. Construir cunetas o sumideros laterales y/o transversales, para la captación, control y drenaje de corrientes de aguas superficiales, para garantizar la durabilidad de la estructura del pavimento. La localización y el diseño de las obras de drenaje superficial requeridas no hacen parte del presente estudio.

7.7. Estar atentos en el caso que se detecten durante las excavaciones, apariciones de material de relleno producto de suelos orgánicos, recebo o escombros, en zonas donde no se efectuaron perforaciones durante las exploraciones de suelos; en este caso coordinar con el Consultor tal suceso, dado que se puede generar alguna variación del diseño de la estructura de pavimento.

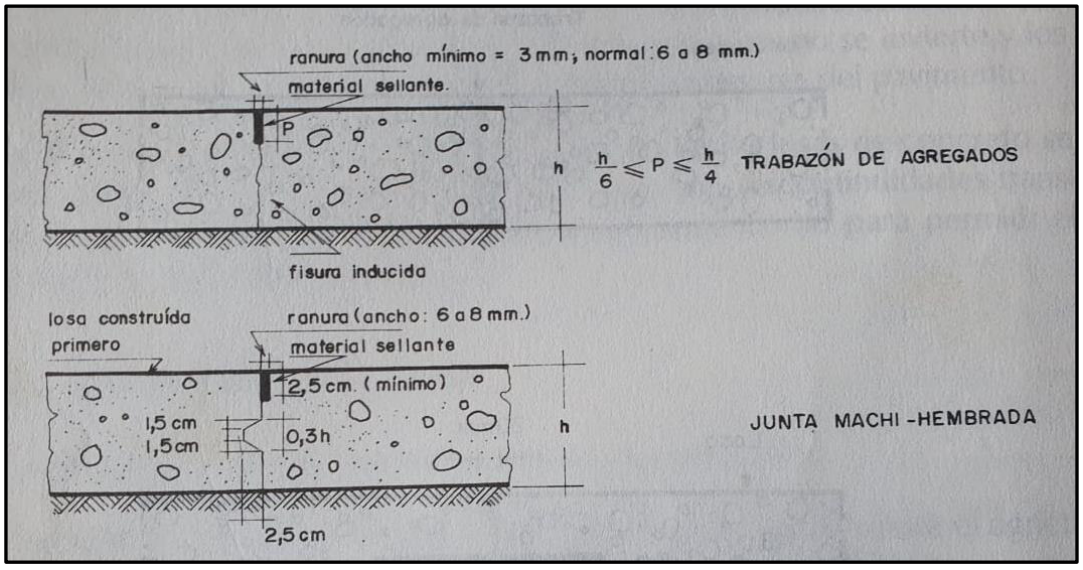
7.8. Si en la superficie de apoyo (subrasante) de la estructura de pavimento se evidencian irregularidades, se deben realizar las correcciones necesarias. Para ello, en la preparación de la superficie existente de subrasante, se sugiere el retiro de fallos o colchones, y se debe hacer el respectivo reemplazo mediante mejoramiento de suelo con el material de afirmado tipo A-38.

7.9. Las losas se deben moldear de manera que tengan una relación largo/ancho entre 1,0 y 1,3, y el área de cada una no debe exceder los 16 metros cuadrados. El ancho de las losas será como máximo de 3.50 metros que corresponderán a un carril; en caso de anchos mayores, se debe considerar la ejecución de una junta de construcción longitudinal ubicada en el eje de la vía. Según este análisis

la separación entre juntas debe ser ancho de la losa 3,00m con una longitud de 3.50m.

7.10. Se recomienda reforzar las losas irregulares (geometrías superiores al 8% en su largo y ancho de la losa) con acero de refuerzo corrugado de φ½" cada 25 cm en ambas direcciones, ubicadas a 1/3 del espesor en la fibra superior, como medida de control de autofisuración del concreto. También se recomienda el empleo de este refuerzo en aquellas losas que hacen parte de zonas de paraderos, considerando los efectos de frenado y aceleración de los vehículos.

7.11. Las juntas transversales se recomienda construirlas mediante el mecanismo de junta por trabazón de agregados o junta machi-hembrada.



7.12. Las juntas se deben cortar con disco, cuando el concreto éste lo suficientemente duro para no producir pérdida de agregado y antes que se produzca contracción.

En el sellado de las juntas debe utilizarse una tirilla de respaldo, que tendrá como función contener el material sellante. El material sellante que se utilice debe ser

espuma de polietileno, compatible con el sello y debe colocarse con el equipo apropiado.

El material sellante debe cumplir con las siguientes propiedades para garantizar un buen comportamiento a largo plazo:

- Elasticidad: Capacidad del sello para volver a su forma original, luego de estirarse o comprimirse.
- Módulo: Resistencia a los cambios de forma sin agrietarse.
- Adherencia: Capacidad de adherirse a las paredes de la junta de concreto, a corto y a largo plazo.
- Cohesión: Capacidad de resistir el desgarro por tensión.
- Compatibilidad: Reacción con el concreto o con la tirilla de respaldo.
- Resistencia al clima o a los cambios ambientales.
- Resistencia al efecto de los combustibles.

Se puede utilizar para la colocación del concreto formaletas fijas o deslizables, con los equipos de compactación compatibles para nivelar y garantizar un correcto terminado. Igualmente para el terminado y texturizado del concreto se debe contar con los equipos apropiados, que permita obtener un acabado sin que se produzca segregación ni perdida de agregado.

7.13. El pavimento rígido requiere de un programa de mantenimiento rutinario y periódico para garantizar su durabilidad durante la vida útil. El no realizar las actividades de mantenimiento rutinario lleva a la vía a un deterioro avanzado en un corto tiempo y el no realizar el mantenimiento periódico, significa que perderá por completo su servicialidad, siendo necesaria su reconstrucción, lo que implica un costo muy elevado.

7.14. Otras Recomendaciones.

- *Especificaciones para juntas*

A continuación se relaciona el esquema correspondiente a la disposición de juntas en calles urbanas, se aclara que la normatividad empleada es la correspondiente a la especificación de materiales IDU-95.

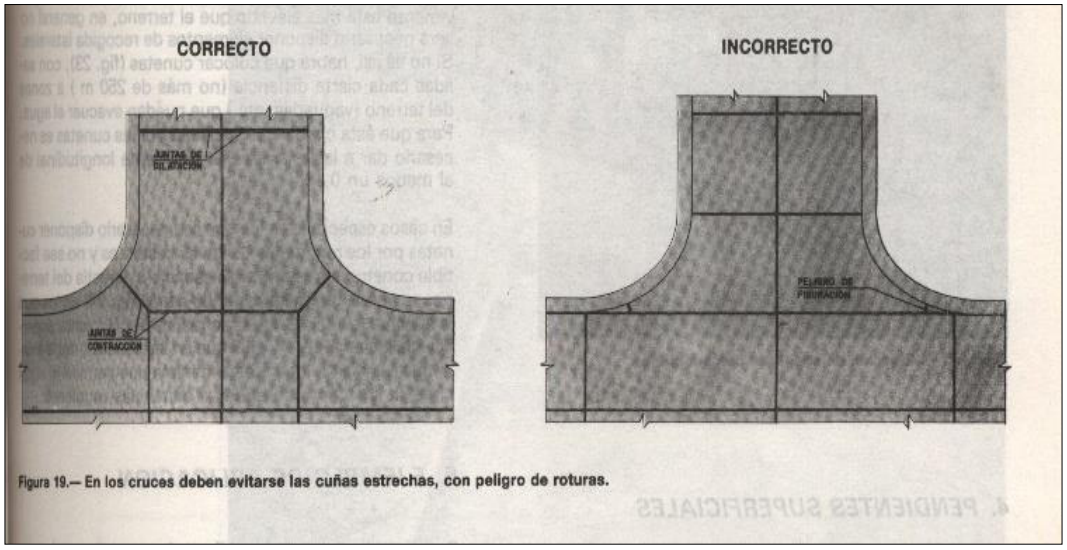


Figura 19.— En los cruces deben evitarse las cuñas estrechas, con peligro de roturas.

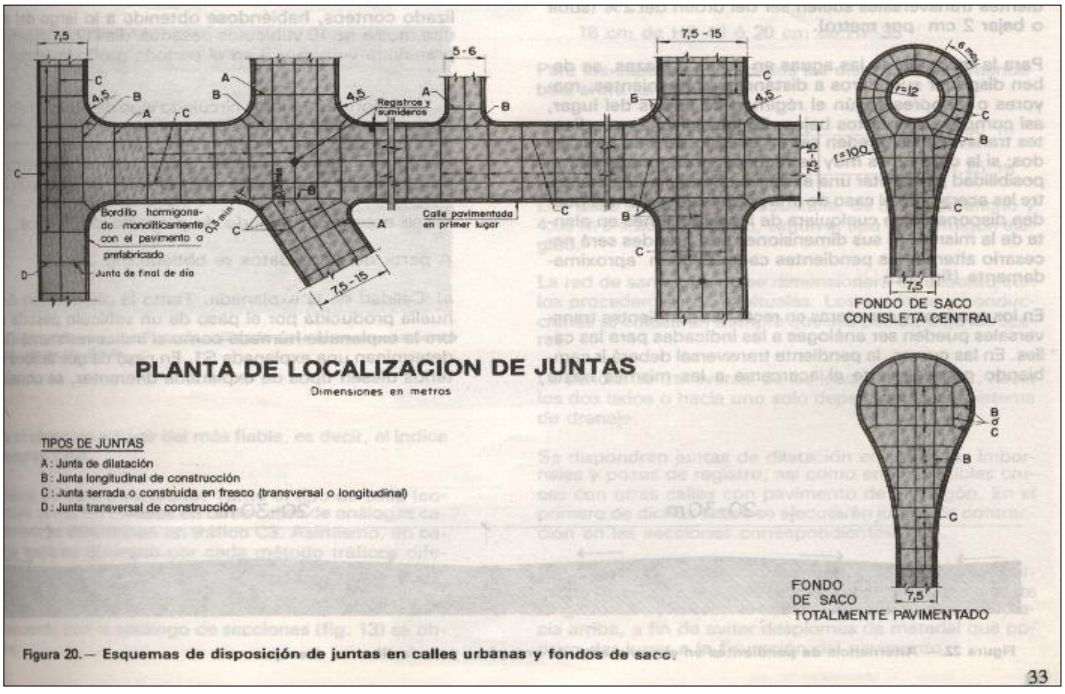


Figura 20. — Esquemas de disposición de juntas en calles urbanas y fondos de saco.

Adicionalmente a continuación se relaciona el aparte 33.3.4 extractado de la sección 33 del capitulo "PAVIMENTOS DE CONCRETO" del Plan Vial de Especificaciones Técnicas de Construcción – 1995.

Juntas

a) Generalidades: Una vez efectuado el terminado, deberán formarse las juntas indicadas en los planos, para lo cual deberán utilizarse todas las herramientas manuales que fueran necesarios para realizar esta labor rápida y efectivamente, Las juntas deberán estar en un todo de acuerdo con los detalles indicados y ser perpendiculares a la rasante del pavimento terminado. Las juntas transversales de expansión y de contracción deberás se rectas y continuas, de borde a borde del pavimento.

b) Juntas de construcción longitudinal: Se localizarán entre franjas de pavimento, en los sitios indicados. Estarán provistas de llaves o cuñas según los detalles indicados en los planos. Para formar las cajas de las cuñas, se utilizarán formaletas, no deberán variar más de 1.5 mm de las indicadas. La formaleta para la cuña deberá asegurarse rígidamente a la formaleta de la losa en la mitad del espesor del pavimento, dentro de una tolerancia de más o menos 3.0 mm.

   En el caso de que se requieran varilla de refuerzo a través de la junta, deberán instalarse en su posición correcta antes de fundir el concreto.

   Las juntas longitudinales de construcción deberán rebordarse para lograr una ranura en la parte posterior, de acuerdo a los detalles mostrados en los planos. En el concreto terminado, las llaves deberán ser continuas a través de toda la junta de construcción.

c) Juntas transversales de construcción: Este tipo de juntas deberá instalarse al terminar las operaciones de cada día de trabajo, así como también en cualquier punto dentro de una franja de pavimento en donde la colocación del concreto se interrumpa por más de 30 minutos. Hasta donde sea posible, las juntas transversales de construcción deberán instalarse coincidiendo con una junta prevista en los planos. Cuando tal no fuera el caso, con la aprobación de la Interventoría, la junta transversal de construcción podrá instalarse dentro de una losa individual, pero en la mitad del largo de la placa entre las juntas transversales previstas, de acuerdo a los planos. Las juntas transversales de construcción, deberán proveerse de varillas de transmisión de esfuerzos, de acuerdo con los detalles de los planos. Cuando la junta de construcción coincida con una junta transversal prevista en los planos, uno de los lados de cada varilla deberá pintarse y engrasarse para permitir movimiento en la junta. Estas juntas deberán rebordarse para prever una ranura en la parte superior que esté de acuerdo con los detalles y dimensiones indicados. Sin embargo, en el caso de que la junta se instale dentro de la placa, las varillas no deberán pintarse ni engrasarse. Una vez reiniciada la colocación del concreto, el espaciamiento planeado de las juntas deberá reanudarse a partir de la primera junta transversal normalmente prevista.

d) Juntas de expansión: Las juntas de expansión deberán formarse, colocando en la posición detallada en los planos, una lámina del material premoldeado aprobado. Tal material deberá mantenerse apropiadamente en posición por medio de soportes metálicos permanentes. Con el objeto de proteger cualquier material premoldeado de cualquier daño, durante las operaciones de fundida y mantener los elementos de la junta de su correcta posición, deberá utilizarse una tapa metálica acanalada removible u otro elemento equivalente. Tal etapa, deberá removerse sin causar daño al pavimento, para proporcionar espacio

para el sellado de la junta. Las secciones adyacentes del llenante deberán mantenerse rígidamente juntas para que la lámina de él se extienda a todo lo largo de la junta requerida, con el objeto de evitar la entrada de concreto al espacio de expansión.

Las juntas de expansión deberán formarse alrededor de cualquier estructura o elemento que se proyectó a través, dentro o contra el pavimento, utilizando material premoldeado del tipo aprobado y del espesor y ancho indicados en los planos, instalado de tal manera, que se forme una separación uniforme y completa entre tal estructura y el pavimento.

e) Juntas de contracción: Las juntas transversales de contracción deberán ser del tipo de plano debilitado y se construirán de acuerdo a los planos. Estas juntas podrán hacerse formando una ranura de las dimensiones exigidas en la parte superior de la losa, mientras el concreto se halla todavía en estado plástico. Tal ranura se formará, embebiendo una platina aceitada de diseño aprobado. Esta operación se hará una vez completado el terminado transversal y la compactación del concreto y antes de iniciar el acabado longitudinal. Una vez que el concreto haya endurecido lo suficiente pero todavía en estado plástico, la platina se removerá parcialmente y se arreglarán los bordes en la forma requerida.

Posteriormente, se removerá la platina y se le dará a la superficie el barrido final con el cepillo, en tal forma que la superficie quede con el terminado final uniforme.

Estas juntas podrán hacerse también, realizando un corte con sierra especial para concreto, una vez fraguado el concreto. El corte deberá hacerse entre las 8 y las 72 horas después de fundida la losa y en todo caso antes de que se

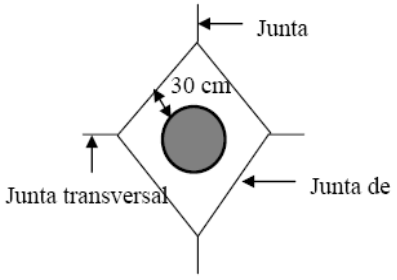
inicie la formación de grietas transversales. El equipo y los procedimientos detallados de construcción, deberán ser aprobados oportunamente por la Interventoría.

f) Presencia de Estructuras Hidráulicas: (Ejemplo: Pozos) Se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez para que la junta transversal coincida con dichas estructuras y asi prevenir las fisuras que aparecerán por retracción del concreto.

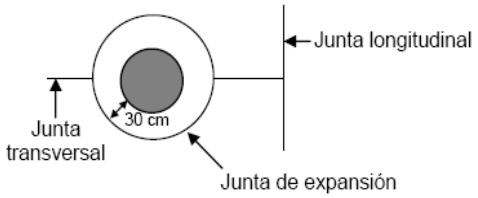
Igualmente alrededor de los sumideros se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del sumidero.

Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta Longitudinal, se ajusta la modulación para que la junta transversal coincida con el pozo.

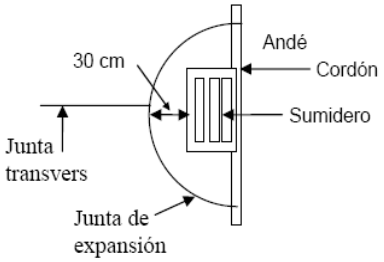
- Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe:



- Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:



Alrededor de los sumideros se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del sumidero:



Firma:_____

José Germán Gacha Bocanegra
Ingeniero Civil – Especialista en Pavimentos
M.P. 2520261240 CND