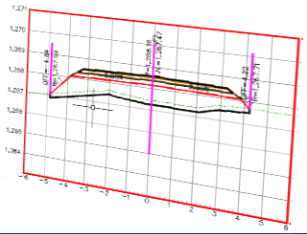
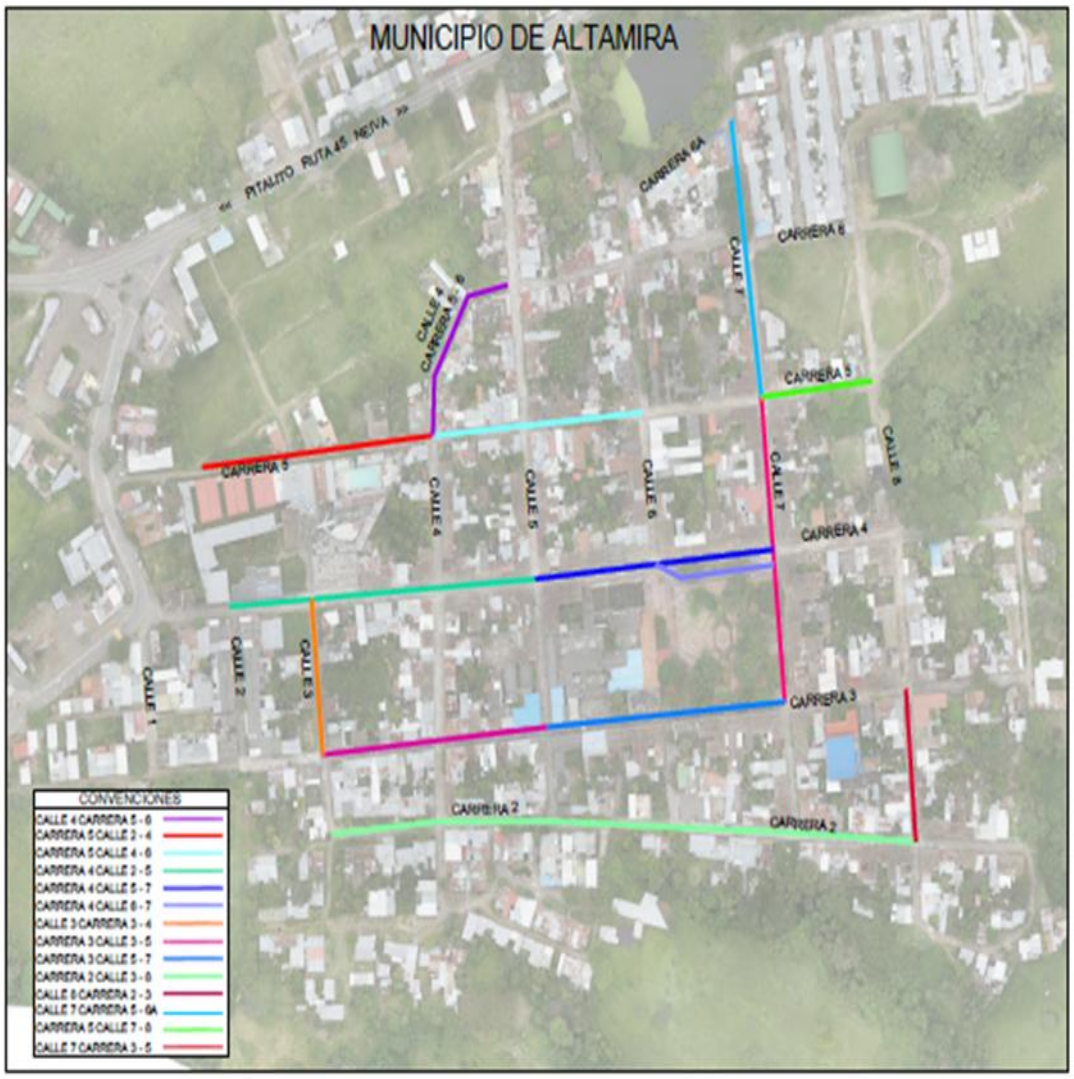
Faiver Edisson Vargas
Ingeniero Civil
Especialista en Pavimentos
Universidad del Cauca



DISEÑO DE PAVIMENTO



PROYECTO: REPOSICION Y AMPLIACION DE PAVIMENTACION URBANA MUNICIPIO DE ALTAMIRA DEPARTAMENTO DEL HUILA

OCTUBRE DE 2025

Faiver Edisson Vargas
Ingeniero Civil
Especialista en Pavimentos
Universidad del Cauca

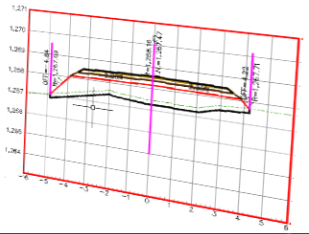


TABLA DE CONTENIDO

1.1.1. GENERALIDADES
1.1.2. OBJETIVO GENERAL
1.1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.3. INFORMACIÓN DEL PROYECTO
1.3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

1.4. TRABAJOS DE CAMPO

1.5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS
1.5.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO
1.5.2. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS
1.5.2.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO VÍA
1.5.3. NIVEL FREÁTICO

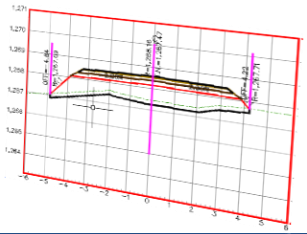
1.6. MATERIALES
1.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA DE MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE
1.6.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE SUB-BASE GRANULAR
1.6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE BASE GRANULAR
1.6.4. MATERIALES GRANULARES TRATADOS CON CEMENTO COMO CAPA ESTRUCTURAL
1.6.5. PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO

1.7. ESTUDIO DE TRANSITO
1.7.1. TRANSITO PROMEDIO DIARIO
1.7.2. TRANSITO GENERADO
1.7.3. TRANSITO ATRAIDO
1.7.4. COMPOSICIÓN VEHICULAR
1.7.5. DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRANSITO
1.7.6. CRECIMIENTO DEL TRANSITO
1.7.7. PARÁMETROS DE DISEÑO

1.8. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO
1.8.1. CONDICIONES DEL CLIMA
1.8.2. SUBRASANTE
1.8.3. TRANSITO

1.9. DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO
1.9.1. MÉTODO DE LA PCA
1.9.2. MÉTODO AASHTO

1.10. CONCLUSIONES



1.11. RECOMENDACIONES

1.12. LIMITACIONES

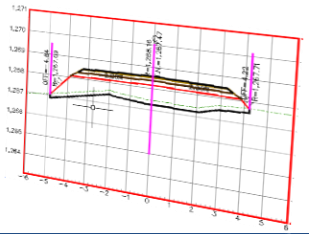
ANEXOS

ANEXO 1. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

ANEXO 2. ANÁLISIS DE LA VARIABLE TRANSITO

ANEXO 3. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO – MEMORIAS DE CÁLCULO

ANEXO 4. MODULACION DE LOSAS Y PLANO DE DETALLES DE JUNTAS



LISTA DE TABLAS

Tabla .1 Localización de los apiques Vía

Tabla .2 Requisitos de los materiales para terraplenes

Tabla .3 Artículo 320 Requisitos de los agregados para subbases granulares

Tabla .4 Franjas Granulométricas del material de subbase

Tabla .5 Franjas granulométricas del material de base granular

Tabla .6 Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

Tabla .7 Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

Tabla .8 Granulometrías para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

Tabla .9 Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

Tabla .10 Resumen del Transito Promedio Diario

Tabla .11 Resumen Composición vehicular

Tabla .12 Factor de distribución direccional

Tabla .13 TPD Tránsito Futuro Mixto

Tabla .14 Cálculo del número de repeticiones esperadas cada año por tipo de eje en el carril de diseño

Tabla .15 Espectro de carga en el carril critico para diseño

Tabla .16 Regiones Climáticas Por Temperatura Y Precipitación

Tabla .17 Precipitación Y Condiciones De Humedad Para El Ensayo

Tabla .18 Clasificación de suelos expansivos

Tabla .19 Capacidad del potencial de expansión

Tabla .20 Condiciones de consistencia de los suelos de subrasante

Tabla .21 Resultados ensayo CBR

Tabla .22 Determinación del Módulo de Capa Granular de Mejoramiento

Tabla .23 Determinación Del Modulo De Capa Granular De Mejoramiento

Tabla .24 Efecto de subbases sin tratar en el valor del Módulo de reacción K

Tabla .25 Factor de Seguridad de Carga (FSC)

Tabla .26 Espesor estructuras en Pavimentos Rígidos - Estructura Nueva (Con pasadores, con bermas)

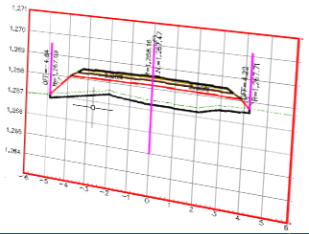


Tabla .27 Cálculo de ejes equivalentes de 8.2 ton por año en el carril de diseño

Tabla .28 Valores de los coeficientes de drenaje

Tabla .29 Coeficiente de transmisión de carga

Tabla .30 Espesores mínimos según metodología AASHTO

Tabla .31 Longitud y diámetro de barras de amarre

Tabla .32 Longitud y diámetro de barras pasajuntas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización General Del Proyecto

Figura 2 Localización de los apiques Vía

Figura 3 Ubicación de los suelos de subrasante dentro de la Carta de Plasticidad de Casagrande

Figura 4 Determinación del K de soporte en función del CBR

Figura 5 Vista en planta de canastilla de pasadores

Figura 6 Corte A-A de canastilla de pasadores

Figura 7 Corte B-B de canastilla de pasadores

Figura 8 Junta de contracción

Figura 9 Junta de expansión

Figura 10 Junta de expansión en intersección asimétrica

Figura 11 Detalle Junta de expansión

Figura 12 Junta de construcción

Figura 13 Corte de juntas

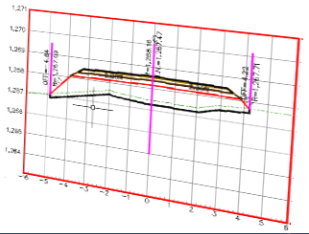
Figura 14 Colocación de tirilla

Figura 15 Colocación de sello

Figura 16 Modulación con presencia de estructuras hidráulica

Figura 17 Modulación y junta presencia de sumidero

Figura 18 Modulación, junta y acero de refuerzo por presencia de estructuras hidráulicas



GLOSARIO DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

USC: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.

INA: INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO

INV: Instituto Nacional de Vías

TPDS: Tránsito Promedio Diario Semanal

N: Número de ejes equivalentes a 8.2 Tn.

CBR: California Bearing Ratio

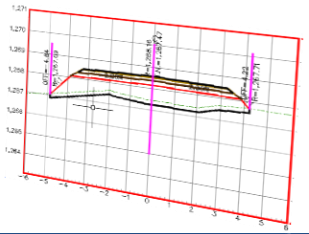
$\mathbf{E_t}$: Deformación horizontal unitaria de tracción admisible Criterio Shell

$\boldsymbol{\sigma_v}$: Esfuerzo vertical de compresión – Criterio Dearman y Kerhoven

$\boldsymbol{\sigma_{v1}}$: Esfuerzo vertical de comprensión - Criterio del CBR.

$\mathbf{E_V}$: Deformación vertical de la subrasante. Criterio Shell

$\mathbf{E_s}$: Módulo de la subrasante (kg/cm^2)



DISEÑO DE PAVIMENTO, REPOSICION Y AMPLIACION DE PAVIMENTACION URBANA MUNICIPIO DE ALTAMIRA DEPARTAMENTO DEL HUILA

OBJETIVO

1.1.1. GENERALIDADES

El presente informe contiene la evaluación geotécnica y el diseño de pavimentos en estructura rígida, para la reposición y ampliación de pavimentación urbana municipio de ALTAMIRA departamento del Huila

1.1.2. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de la estructura de pavimento rígida para la reposición y ampliación de pavimentación urbana municipio de Altamira departamento del Huila, utilizando para ello las metodologías aceptadas internacionalmente, definidas así: pavimento tipo rígido diseñado por el método de la PCA y por el método de la ASSHTO; Para tal efecto se debe efectuar la caracterización geotécnica del corredor vial, determinar la variable tránsito y elaborar el diseño del pavimento de la vía a intervenir en el municipio.

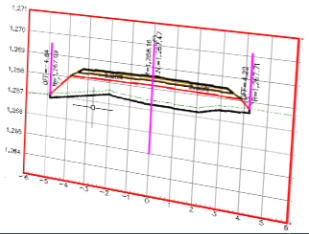
1.1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar toma de muestras, por medio de apiques a lo largo del corredor vial a intervenir.
- Identificar y clasificar los diferentes tipos de suelos que conforman la subrasante de la vía.
- Determinar la capacidad portante de la subrasante, en cada uno de los tramos identificados.
- Evaluar la variable tránsito.
- Diseñar la estructura de pavimento tipo rígido para el corredor vial, determinando los espesores de cada una de las capas.

1.2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Altamira está ubicado en la zona centro del Departamento del Huila se encuentra en una región comprendida en la margen derecha rio del magdalena, subregión que corresponde a las estribaciones de la serranía de la Ceja en la Cordillera oriental a una altitud 1.079 metros sobre el nivel del mar y a unos 143 Km de la Capital del Huila.

El tamaño de su población de acuerdo con DANE, “POBLACIÓN DANE POST COVID, NACIONAL, HUILA Y MUNICIPIOS 1995-20235 VF”, en total del Municipio para el año 2024 es de 4.602 habitantes, distribuidas 2.532 en el área urbana y 2.070 en el área rural.



El Municipio de Altamira se limita por el sur con el Municipio de Timana en el sitio Pericongo por la zanja del Diablo en sentido oriental hasta encontrar la quebrada la Sinja, y por su cauce hasta el rio Suaza. De este punto en sentido norte por el cauce del rio Suaza, hasta el punto de la quebrada la Pescada, donde giran en sentido occidental. Se toma nuevamente el lindero por el cauce de la quebrada las Cuchas hasta la desembocadura del rio Magdalena, donde se toma en sentido sur por su cauce hasta llegar al punto de partida. con una extensión de área urbana de 0.059 km cuadrados

El proyecto comprende la reposición y ampliación de pavimentación urbana en el Municipio de Altamira en el Departamento del Huila.

En la figura se muestra la localización del proyecto de las vías:

CARRERA 4 ENTRE CALLES 2 Y CALLE 7, CARRERA 3 ENTRE CALLES 3 Y CALLE 7, CARRERA 2 ENTRE CALLES 3 Y CALLE 8, CALLE 3 ENTRE CARRERAS 3 Y 4, CALLE 7 ENTRE CARRERAS 3 Y 6, CALLE 8 ENTRE CARRERAS 2 Y 3, CALLE 4 ENTRE CARRERA 5 Y 6, CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 6, CARRERA 5 ENTRE CALLES 7 Y 8

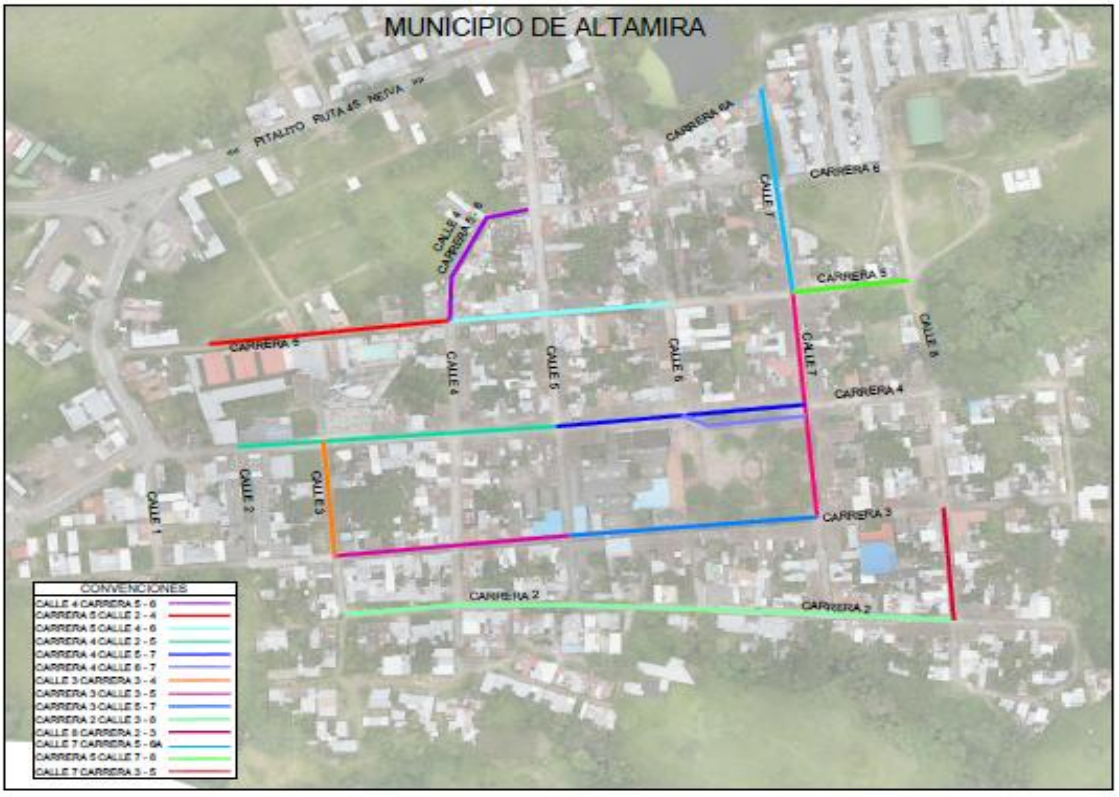
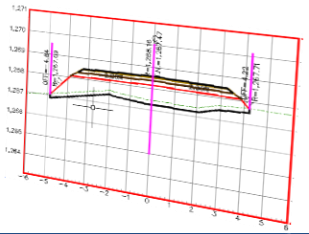


Figura.1 Localización General Del Proyecto



1.3. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

El Municipio de Altamira ubicado a alturas mínimas de 780 msnm en la zona que limita con el río Magdalena. La máxima altura está entre los 1.500 msnm, en el área montañosa de la Serranía de la Ceja, ramal principal de la cordillera Oriental, constituida por Rocas del Precámbrico, sedimentarias del mesozoico y del terciario. Encontramos unidades geológicas aflorantes en sectores del Municipio como en la Vereda El Grifo donde existe un Coluvión de ladera (Qc), cubriendo rocas ígneas de edad jurásica, el Coluvión es predominantemente arcilloso y origina en el contacto con la capa vegetal algunos pequeños nacimientos cuyo volumen de agua es insignificante. Las rocas jurásicas están conformadas por rocas ígneas volcánicas e intrusivas. El subsuelo de la Vereda Pajijí está conformado por rocas jurásicas, ígneas volcánicas e intrusivas, las cuales se encuentran en posición estratigráfica invertida por acción de la Falla Geológica Pitalito-Altamira sobre rocas terciarias.
En la Vereda Hato Blanco, el subsuelo está conformado por sedimentos recientes de la Terraza de Altamira de origen Fluvial, lacustre y volcánico. Fuente IGAC.

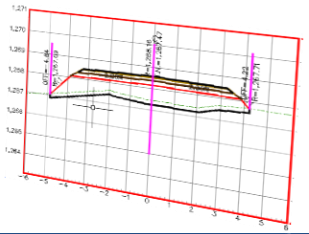
1.4. TRABAJOS DE CAMPO

El objetivo de la evaluación geotécnica es básicamente deducir el perfil estratigráfico, conocer las características de los materiales de las diferentes capas constituyentes de la estructura y determinar los parámetros de resistencia de la subrasante, para lo cual se realizaron una serie de apiques distribuidos a lo largo de la vía objeto del proyecto.

Los trabajos de campo y de laboratorio que sirven de insumo para los análisis presentados en este informe fueron realizados por Loc Laboratorio de Obras Civiles, Ing José Alfredo Gaita Marín en el mes de octubre de 2025.

El trabajo de campo se inició con la inspección visual de las vías a intervenir, para programar las exploraciones y recopilar la información que se considera representativa.
La evaluación geotécnica inicial consistió en la ejecución de apiques con equipo manual a cielo abierto con un área aproximada de 0.64 m^2 ubicados en la vía a intervenir alcanzando una profundidad de 1.50 m con respecto al nivel de rasante actual.

Se programó la ejecución de catorce (14) apiques enumerados desde AP1, AP14, en cada uno se tomaron muestras representativas del material a distintas profundidades, para la elaboración del registro estratigráfico y para ensayos de laboratorio, así como la determinación del CBR de diseño.



Esta evaluación tuvo como objetivo determinar espesores y la descripción visual de los materiales de las diferentes capas de suelo que servirá de soporte a la estructura de pavimento y además conocer las características geotécnicas generales de la sub-rasante para su clasificación y determinación de las condiciones de consistencia y humedad.

En la tabla 2 y figura 2 se relaciona la localización de los apiques.

Tabla .1 Localización de los apiques Vía

ABSCISA	APIQUE Nº	MUESTRA	PROFUNDIDAD
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 5 Y 6A	AP 1	M 5	0.8-1.5
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 5 Y 3	AP 2	M 3	0.2 -1.40
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 4	AP 3	M 2	0.7 -1.40
CARRERA 5 ENTRE CALLES 4 Y 6	AP 4	M 3	0.2-1.5
CARRERA 4 ENTRE CALLES 2 Y 5	AP 5	M 4	0.6 -1.5
CARRERA 4 ENTRE CALLES 5 Y 7	AP 6	M 4	0.4 -1.4
CARRERA 3 ENTRE CALLES 3 Y 5	AP 7	M 4	0.3 -1.4
CARRERA 3 ENTRE CALLES 5 Y 7	AP 8	M 3	0.25 -1.4
CARRERA 2 ENTRE CALLES 3 Y 8	AP 9	M 3	0.29 -1.4
CARRERA 2 ENTRE CALLES 5 Y 7	AP 10	M 3	0.6 -1.4
CALLE 8 ENTRE CARRERAS 2 Y 3	AP 11	M 3	0.5 -1.5
CALLE 4 ENTRE CARRERA 5 Y 6	AP 12	M 2	0.5 -1.5
CALLE 3 ENTRE CARRERA 3 Y CARRERA 4	AP 13	M 3	0.35 -1.5
CARRERA 5 ENTRE CALLES 7 Y 8	AP 14	M 2	0.20 -1.5

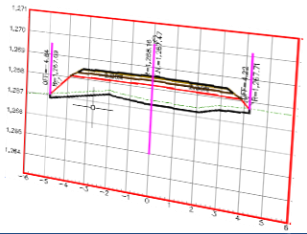
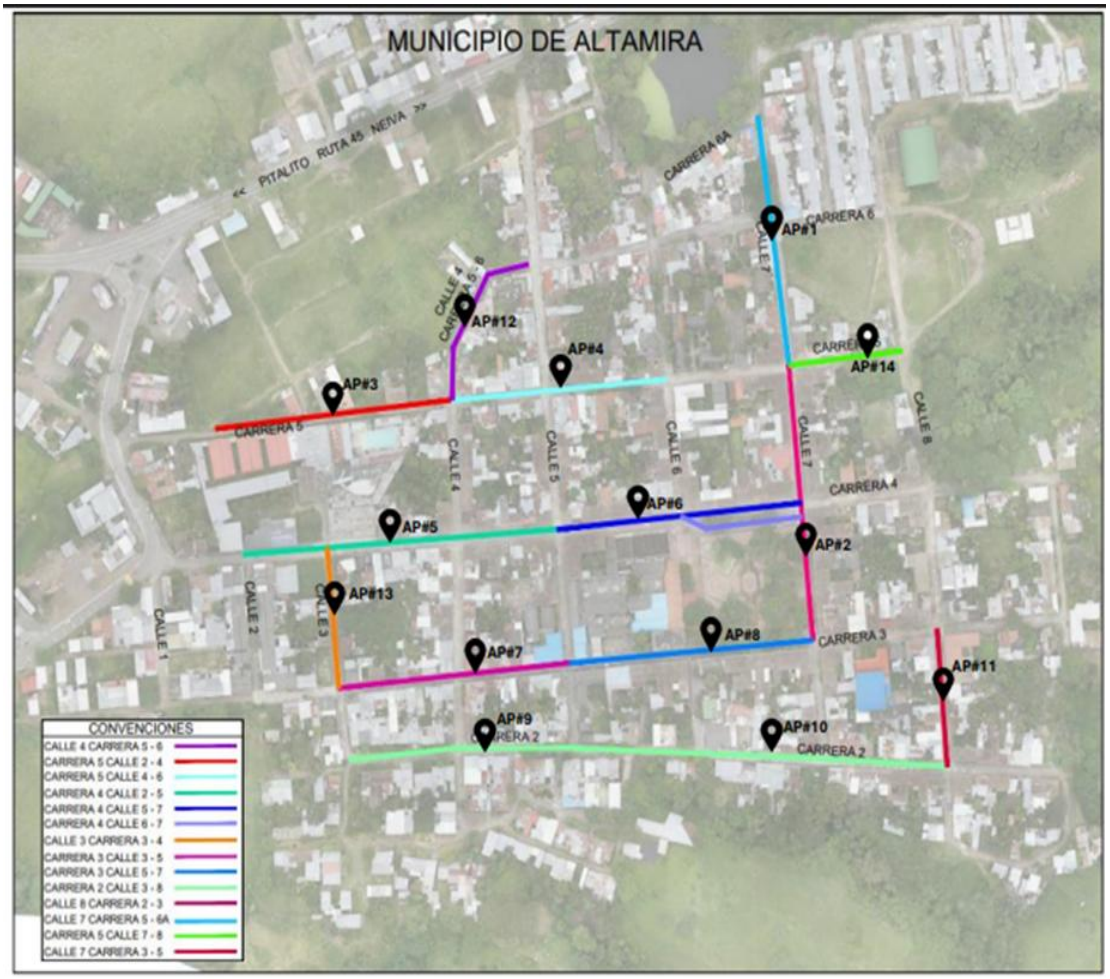


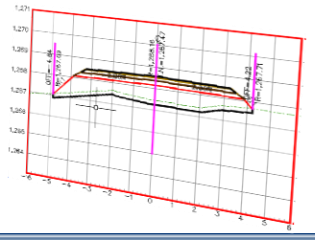
Figura.2 Localización de los apiques Vía



1.5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Geotécnicamente las vías en el Municipio de Altamira presenta un comportamiento mecánico homogéneo, representado en los resultados de ensayos de resistencia CBR inalterado y tiene valores con variación puntos porcentuales en la resistencia CBR sumergida (condición crítica). Además, se caracterizan los suelos encontrados mediante los perfiles estratigráficos, complementados con las granulometrías, humedades y límites de consistencia de suelos finos.

Por tanto, se diseñará la vía del proyecto con las condiciones de resistencia obtenidas en laboratorio tomando el valor del percentil 50%, de los valores de los obtenidos para ensayo de CBR sumergido (condición crítica); valor que será involucrado en el diseño de la estructura tipo rígido por el método de PCA Y AASHTO



La descripción general de los estratos encontrados se presenta en el Numeral 1.5.2 correspondiente a Perfiles Estratigráficos.

1.5.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

A las muestras tomadas en cada uno de los sitios explorados se les hizo el siguiente programa de ensayos de laboratorio:

- Suelos de Subrasante
  - Humedad natural
  - Clasificación: Granulometría por tamizado con lavado o lavado sobre tamiz de 75 micras (#200) y límites de Atterberg líquido y plástico. Las muestras analizadas fueron clasificadas por el Sistema Unificado (USC) y por el sistema de la ASSHO.
  - CBR en muestra inalterada en condición natural y saturado - Método I

Los resultados de los ensayos se encuentran en el Anexo 1.

1.5.2. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

1.5.2.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO VÍA

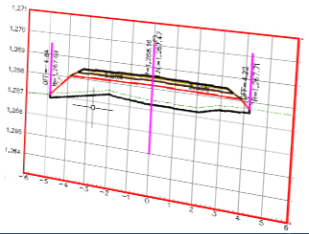
El perfil estratigráfico en el Municipio de Altamira muestra que a lo largo de estas vías se encuentran los siguientes estratos: (Los soportes de ensayos pueden ser consultados en los resultados realizados por Loc Laboratorio de Obras Civiles, Ing José Alfredo Gaita Marín en el mes de octubre de 2025.

1.5.3. NIVEL FREÁTICO

En los estudios realizados por Loc Laboratorio de Obras Civiles, Ing José Alfredo Gaita Marín en el mes de octubre de 2025., no se registra el nivel freático hasta la profundidad sondeada (1.50 mt) en ninguno de los apiques.

1.6. MATERIALES

El material a emplear en el proyecto, referente a construcción de pavimentos será aquel cuya fuente se encuentre ubicada dentro de la zona de influencia del proyecto que cuente con los permisos legales requeridos y que cumpla con las especificaciones principales del INVIAS-22.



Las fuentes de materiales que se encuentran a lo largo de la carretera en estudio, y no satisfagan con los requerimientos de calidad para ser consideradas como materiales aptos según el INVIAS-22 se emplearán con la finalidad de materiales para recebo, relleno de excavaciones estructurales o simplemente como material de terraplén; si presentan las características adecuadas.

1.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA DE MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Según Artículo 230 Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales, según especificaciones de INVIAS -22, el material utilizado deberá presentar una calidad tal que cumpla los requisitos exigidos para los suelos seleccionados, artículo 220 INVIAS -22 en el numeral 220.2.2.1 de las Especificaciones de Construcción del Instituto Nacional de Vías-22.

Tabla.2 caldad de los materiales

Tabla 220 — 1. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

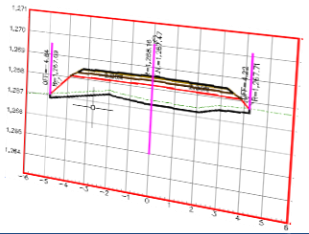
Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-126	Una (1) vez por jornada
CBR de laboratorio, con expansión	INV E-148	Una (1) vez por semana
Ensayo de expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por semana (Nota)
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Contenido de sales solubles	INV E-158	Una (1) vez a la semana

Nota: el ensayo de expansión libre se debe ejecutar semanalmente para caracterizar la expansión de los materiales marginales que se contemplen en el terraplén. En otros tipos de material su ejecución se puede reducir a una (1) vez al mes o suspender, previa aprobación del interventor.

Fuente: Tabla 220.1 Mejoramiento de la Subrasante. Especificaciones Invias 22

1.6.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE SUB-BASE GRANULAR

Los agregados para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en el del artículo 300 INVIAS -22, numeral 300.2 y artículo 320 INVIAS -22 numeral



320.2.1 de las Especificaciones de Construcción del Instituto Nacional de Vías 22 para dichos materiales.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de subbase granular se usarán como indica en la tabla 320-1, en función del nivel del tránsito del proyecto

Tabla 320 — 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

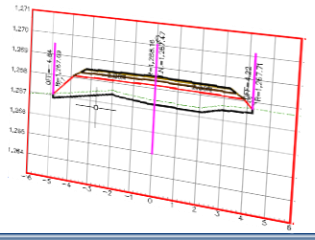
Los agregados para la construcción de la subase granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la tabla 320-2. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la tabla 320-3.

Tabla.3 Requisitos de los agregados para subbases granulares

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	 50	 50	 50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - 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 (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.



El valor mínimo de resistencia del material a que hace referencia la Tabla N°320.2 del artículo 320 INV 22, será del CBR 30% clase B, Además, deberán ajustarse a la franja granulométrica establecida en el artículo 320.2.2 de dichas especificaciones; para este proyecto se utilizara la SBG-38

Tabla.4 Franjas Granulométricas del material de subbase

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase 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 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	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 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Fuente: Tabla 320.3 Subbase granular. Especificaciones Invias 22

1.6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE BASE GRANULAR

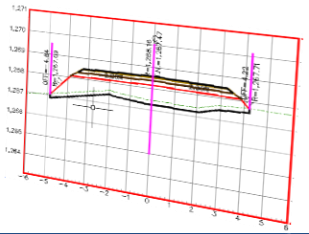
Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en el del artículo 300 INVIAS-22, numeral 300.2 y artículo 330 INVIAS-22 numeral 330.2.1de las Especificaciones de Construcción del Instituto Nacional de Vías 22 para dichos materiales

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de base granular se usarán como indica en la tabla 330-1, en función del nivel del tránsito del proyecto

Tabla 330 — 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la tabla 330-1. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas

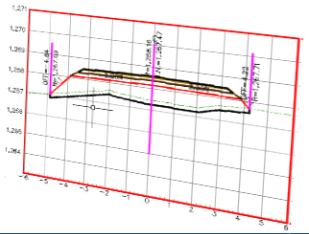


granulométricas que se muestran en la tabla 330-3. Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, para niveles de transito NT-2 se usaran bases granulares de gradación gruesa

Tabla 330 — 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 35 7	 40 8	 40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 90 75	 70 75	 - -
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3): - Una cara - Dos caras	E-227	 90 85	 70 50	 50 -
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

Nota 1: el ensayo de solidez se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio, de acuerdo con los documentos del proyecto, o con lo solicitado por el interventor.



Nota 2: el ensayo de valor de azul de metileno solo se debe exigir cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a treinta por ciento (30 %), pero igual o superior a veinticinco por ciento (25 %).

Nota 3: se puede reducir el porcentaje de partículas con caras fracturadas, siempre y cuando el constructor demuestre, mediante ensayos de laboratorio o tramos de prueba, que no se ve afectada la resistencia requerida por los materiales.

Para este proyecto no se utilizará una base de soporte de la estructura del pavimento

Tabla.5 Franjas granulométricas del material de base granular

Tabla 330 — 3. Franjas granulométricas del material de base granular

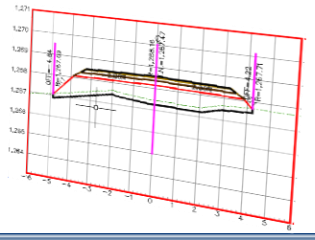
Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
Bases granulares de gradación gruesa								
BG-40	100	75 — 100	65 — 90	45 — 68	30 — 50	15 — 32	7 — 20	0 — 9
BG-27	-	100	75 — 100	52 — 78	35 — 59	20 — 40	8 — 22	0 — 9
Bases granulares de gradación fina								
BG-38	100	70 — 100	60 — 90	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 30	5 — 15
BG-25	-	100	70 — 100	50 — 80	35 — 65	20 — 45	10 — 30	5 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Fuente: Tabla 330.3 Franjas Granulometricas. Especificaciones Invias 22

1.6.4. MATERIALES GRANULARES TRATADOS CON CEMENTO COMO CAPA ESTRUCTURAL

Se deberán satisfacer los requisitos indicados en el del artículo 350 INVIAS-22

Consiste en la construcción de una capa estructural de pavimento, constituida por una mezcla uniforme de suelos a agregados (material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial existente o una mezcla de ambos), cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos; puede ser considerada como una capa de base mejorada, u otra capa, siempre que garantice su adecuado desempeño para las condiciones requeridas dentro de la estructura.



Se definen 4 clases de materiales estabilizado con cemento, como se indica en la tabla 350-1 en función de los criterios para el diseño de la mezcla.

Tabla 350 — 1. Clases de material para estabilizar con cemento

Clase de material estabilizado con cemento	Descripción	Nivel de tránsito
Clase-1	Material fino o granular que no cumple una gradación específica o que va a ser utilizado como capa estructural y como rodadura, cuando se trate de un pavimento unicapa.	NT1
Clase-2	Material fino o granular que no cumple una gradación específica y que va a ser utilizado como capa estructural.	NT1 y NT2

Clase de material estabilizado con cemento	Descripción	Nivel de tránsito
Clase-3	Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada en este artículo, para un nivel de tránsito medio, que va a ser utilizado como capa estructural (Nota).	NT2
Clase-4	Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada en este artículo, para un nivel de tránsito alto, que va a ser utilizado como capa estructural.	NT3

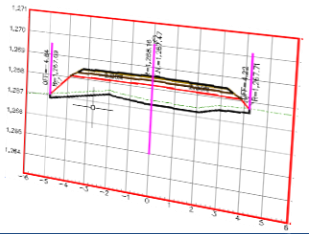
Nota: la mezcla uniforme de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción, o provenir de material escarificado del sitio y tratado. Cuando el constructor demuestre que el material escarificado del sitio cumple los requisitos indicados en el numeral 350.2.2, para el material Clase-4, se le permite usar dicho material para la construcción de capas en proyectos con tránsito NT3.

Fuente: Tabla 350-1 . Especificaciones Invias 22

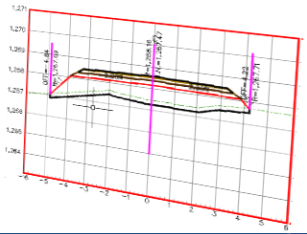
El material por estabilizar con cemento hidráulico puede provenir de la escarificación de la capa superficial existente; el material, ya combinado, debe estar libre de toda sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. Además, debe cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 350-2 y se debe ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la tabla 350-3

Tabla 350 — 2. Requisitos de los materiales a ser tratados con cemento. (Nota 1)

Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Composición (F)					
Granulometría del material a tratar, listo para estabilizar.	INV E-123 e INV E-213	N/A	N/A	Tabla 350 — 3	Tabla 350 — 3
Tamaño máximo. (fracción del espesor de la capa compactada).		1/3	1/3	Tabla 350 — 3	Tabla 350 — 3



Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Dureza (O)					
Desgaste en la máquina de Los ángeles, máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	INV E-218	 N/A N/A	 N/A N/A	 40 8	 35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	INV E-238	N/A	N/A	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	INV E-224	 N/A N/A	 N/A N/A	 70 75	 90 75
Durabilidad (O)					
Pérdida en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	INV E-220	 N/A N/A	 N/A N/A	 12 18	 12 18
Limpieza (F)					
Límite líquido, máximo (%).	INV E-125	30	30	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%). (Nota 2).	INV E-126 e INV E-125	12	12	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%). (Nota 3).	INV E-133	15	15	35	35
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg). (Nota 3).	INV E-235	20	20	10	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 4).	INV E-121/ UNE-103204 (Nota 5)	2	2	1	1
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	INV E-211	N/A	N/A	2	2
Geometría de las partículas (F)					
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	INV E-230	N/A	N/A	N/A	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%).	INV E-227	N/A	N/A	50	60
Resistencia del material (F)					
CBR del material a tratar sin cemento, para una compactación del noventa y cinco por ciento (95 %) del ensayo de compactación medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo (%). (Nota 6).	INV E-148	N/A	10	60	80



Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Características químicas (O)					
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, máximo (%).	INV E-233	0,9	0,9	0,5	0,5

N/A: hace referencia a que no es aplicable; teniendo en cuenta la definición para cada clase de material.

Nota 1: todos los valores como requisitos exigidos para los materiales a ser tratados con cemento indicados en la Tabla 350 — 2, entendidos como ensayos de composición, dureza, durabilidad, limpieza, geometría de las partículas, resistencia del material y características químicas; pueden ser diferentes en el caso que sean establecidos en los documentos del proyecto y que el constructor, con aprobación del interventor, realice ensayos de validación de desempeño de estos materiales, en la fase de experimentación. El ensayo de solidez de sulfatos se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 2: en el caso de índices de plasticidad o límites líquidos mayores al especificado para cada clase de material, se puede utilizar un tratamiento previo con cal y posteriormente el tratamiento con cemento, siempre que en la fase de experimentación se compruebe que el material tratado presenta un comportamiento adecuado, según los requerimientos de la estructura.

Nota 3: el ensayo de valor de azul de metileno solo se exige cuando el equivalente de arena del material sea inferior al indicado en la Tabla 350 — 2, pero igual o superior a diez por ciento (10 %) para los materiales utilizados en las clases 1 y 2, y veinticinco por ciento (25 %) para las clases 3 y 4.

Nota 4: opcionalmente, si no se cumple el requisito de materia orgánica, el constructor puede utilizar el material, si cumple las siguientes dos condiciones: (i) determinar que la materia orgánica presente no causa un aumento en el tiempo de fraguado mayor a ciento veinte minutos (120 min) en muestras de mortero; (ii) determinar que la materia orgánica presente no causa una reducción mayor a veinte por ciento (20 %) de la resistencia a la compresión en probetas con veintiocho días (28 d) de curado.

Nota 5: se puede determinar el contenido de materia orgánica por el método propuesto en la norma UNE, siempre que se considere que el método por ignición (según lo describe la norma de ensayo INV E-121) no es aplicable al material, debido a la naturaleza de la materia orgánica presente o a la presencia de minerales que pueden sufrir ignición y registrarse como materia orgánica erróneamente.

Nota 6: en el caso de CBR menores al especificado para cada clase de material, se puede utilizar un tratamiento previo con cal y posteriormente el tratamiento con cemento.

Fuente: Tabla 350-2 . Especificaciones Invias 22

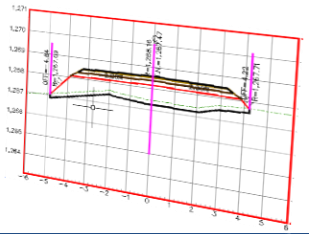


Tabla 350 — 3. Requisitos granulométricos de los materiales a tratar con cemento Clase-3 y Clase-4

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
MGTC-50	100	70 — 100	60 — 100	50 — 90	40 — 80	30 — 70	20 — 55	10 — 40	2 — 20
MGTC-38	-	100	70 — 100	60 — 90	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 30	2 — 15
MGTC-25	-	-	100	70 — 100	50 — 80	35 — 65	25 — 50	15 — 30	2 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7 %	6 %			3 %			1,5 %

Fuente: Tabla 350-3 . Especificaciones Invias 22

1.6.5. PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO

Se recomienda que los materiales utilizados para la construcción del Pavimento en Concreto Hidráulico deban satisfacer los requisitos indicados en el Artículo 500-22 de las Especificaciones de Construcción del instituto Nacional de Vías 22.

Tabla.6 Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

Rige lo establecido en el Articulo 630-22, numeral 630.2.1.3.1

Tabla 630 — 2. Granulometría del agregado fino para concreto estructural

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
Única	100	95 — 100	80 — 100	50 — 85	25 — 60	5 — 30	0 — 10	0 — 3 (Nota 1 y Nota 2)

Nota 1: para concretos que no estén sometidos a abrasión, el límite para el material más fino que el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) debe ser de máximo cinco por ciento (5 %).

Nota 2: para finos obtenidos de trituración u otros agregados reciclados, si el material más fino que el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) compuesto de polvo de trituración, esencialmente libre de arcillas o esquistos, este límite puede ser cinco por ciento (5 %) para concretos sometidos a abrasión y máximo siete por ciento (7 %) para concretos no sujetos a abrasión.

Fuente: Tabla 630.2 - Articulo 600 Especificaciones Invias 22

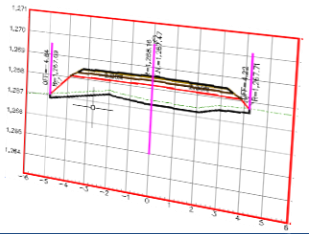


Tabla.7 Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

Tabla 630 — 1. Requisitos del agregado fino para concreto estructural

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Composición		
Granulometría: - Análisis granulométrico de los agregados finos - Material que pasa tamiz de 0,075 mm (nro.200)	 E-213 E-214	 Ver Tabla 630 — 2
Módulo de finura (Nota 1)	E-213	2,3 — 3,1
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 2): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 10 15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%). (Nota 3)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%): - Cuando la apariencia superficial del concreto sea de importancia, máximo (%) - Todos los demás concretos, máximo (%)	E-221	 0,5 1,0
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual al color de referencia o de la placa orgánica nro. 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (%)	E-233	1,2

Nota 1: adicional a esta especificación, es necesario probar el comportamiento competente del material en obras ya construidas. Durante el período de construcción no se permiten variaciones mayores de dos décimas (0,2) en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo. Cuando se presenten variaciones superiores del módulo de finura, se debe revisar que no haya modificaciones a la curva adoptada de trabajo y se deben chequear afectaciones en los diseños. Si hay variaciones, se debe ajustar una nueva curva de trabajo y se debe corregir el diseño en caso de que haya lugar.

Nota 2: el ensayo se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 3: el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables puede ser hasta de un tres por ciento (3 %) siempre y cuando no afecte la durabilidad y la resistencia del concreto.

Fuente: Tabla 630.1 - Articulo 600 Especificaciones Invias 22

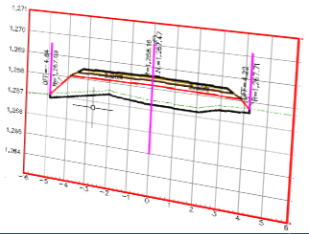


Tabla.8 Granulometrías para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

Tabla 500 — 1. Granulometrías para el agregado grueso en losas de concreto hidráulico

Tipo de gradación			Tamiz (mm / *U.S. Standard*)								
			63,0	50,0	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36
INVÍAS		ASTM C33	2 ½ Pulgadas	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8
			Pasa tamiz (%)								
AG-1	Fracción 1: 2 pulgadas a 1 pulgada	3	100	90 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-
	Fracción 2: 1 pulgada a nro.4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5
AG-2	Fracción 1: 1 ½ pulgadas a ¾ pulgada	4	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-	-
	Fracción 2: ¾ pulgada a nro. 4	67	-	-	-	100	90 — 100	-	20 — 55	0 — 10	0 — 5
AG-3	1 pulgada a nro. 4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5
AG-4	2 pulgadas a nro. 4	357	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	-	0 — 5	-
AG-5	1 ½ pulgadas a nro. 4	467	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	0 — 5	-
AG-6	1 pulgada a ½ pulgada	5	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-
AG-7	1 pulgada a 3/8 pulgada	56	-	-	100	90 — 100	40 — 85	10 — 40	0 — 15	0 — 5	-
AG-8	¾ pulgada a 3/8 pulgada	6	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5	-

Fuente: Tabla 500.1 - Articulo 500 Especificaciones Invias 22

Tabla.9 Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

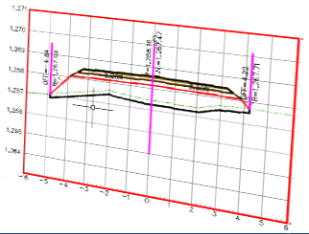


Tabla 500 — 2. Requisitos del agregado grueso para losas de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 90 75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0,5

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%).	E-227	60
Índice de alargamiento, máximo (%).	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%).	E-230	25
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, máximo (%).	E-233	1,0

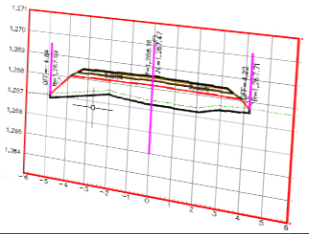
Fuente: Tabla 500.2 - Articulo 500 Especificaciones Invias 22

1.7. ESTUDIO DE TRANSITO

Para efectos de diseño de pavimento rígido se tiene en cuenta el transito arrojado por el espectro de cargas que circulará a lo largo de la vía durante el periodo de diseño de 20 años.

Para encontrar de una manera aproximada el volumen de transito esperado en el diseño de una estructura de pavimento cualquiera que ella sea (Flexible, Rígida, Semirigida o articulada), es indispensable tener una serie histórica que nos reduzca la incertidumbre en la selección del tránsito de diseño de acuerdo a los modelos matemáticos de crecimiento.

De no ser posible estimar este tránsito por dichos modelos ya sea por la ausencia de aforos vehiculares o anomalías en los conteos, se puede inducir una rata anual de crecimiento que varía de 2% a 4% según las características socioeconómicas, culturales y el posible crecimiento demográfico y económico en la región del proyecto en estudio.



Para el caso presente, existe tipo de información de conteo vehicular, por lo tanto se estimara la tasa de crecimiento mediante el análisis de series históricas y/o el PIB de la región la tasa de crecimiento se manejará considerando el PIB promedio de los últimos 10 años de la región, el cual es igual a 2%, la cual ligada a la información de aforos de vehículos existentes para el proyecto, que teniendo en cuenta el uso de la vía se determinará el transito esperado para el posterior chequeo de espesores.

PIB	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023p	AÑO 2024pr	PROMEDIO
PIB TOTAL DEPARTAMENTAL HUILA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

Fuente: Dane Producto Interno Bruto por departamento Serie 2005 - 2024pr; prpreliminar, pprovisional, Actualizado el 30 de mayo de 2025

1.7.1. TRANSITO PROMEDIO DIARIO

El resultado obtenido posterior al procesamiento de la información nos presenta los siguientes datos del tránsito promedio diario patrón para la vía a intervenir.
Se realizó una evaluación del tránsito, teniendo en cuenta el uso que tendrá esta vía una vez haya sido construida y/o la necesidad por la que se está diseñando, en razón a ello se tienen en cuenta los tipos de vehículos comerciales que circularán y la frecuencia al mes que podría tenerse, principalmente se tienen en cuenta rutas escolares, buses municipales, vehículos de recolección de basuras y vehículos livianos, volquetas ante la posible transito atraído y generado especificando para cada uno la respectiva correspondencia en vehículos de carga pesada (C2P, C2G, C3, C4, C5, >C5).
A continuación, se presenta la tabla de resumen correspondiente:

Tabla.10 Resumen del Transito Promedio Diario

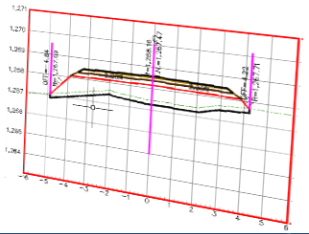
TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPDs) ACTUAL

	AÑO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	CAMIONES						TPD TOTAL
					C2P	C2G	C3	C4	C5	> C5	
TPD	2025	45	0	6	8	3	1	0	0	1	63
COMPOSICIÓN		70.9%	0.0%	9.3%	11.9%	4.0%	2.0%	0.0%	0.0%	2.0%	

Fuente: Elaboración propia

Análogamente el TPDs será = 63 Vehículos/Día.

1.7.2. TRANSITO GENERADO



El tránsito generado se definió teniendo en cuenta el crecimiento vehicular dado por las condiciones económicas y sociales del departamento de Huila y el crecimiento que tendrá el tránsito de acuerdo a las condiciones económicas del municipio de ALTAMIRA, por lo que el proyecto se desarrollará en una zona con alto potencial de desarrollo económico debido al mejoramiento de la vía.

PIB por sectores		**Composición Vehicular**		**% Condición Económica**
SECTOR TERCIARIO	11.90%	AUTOS	71.26%	8%
SECTOR SECUNDARIO	36.11%	BUSES	9.20%	3%
SECTOR PRIMARIO	51.99%	CAMIONES	19.54%	10%
Total				**22%**

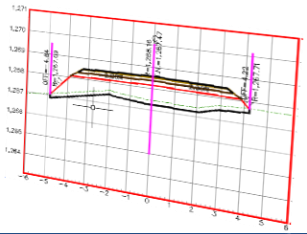
TRÁNSITO GENERADO	**TPD**	**% (adoptado)**	**TPD (adoptado)**
Condiciones Económicas	63	22%	14

El tránsito de diseño es el transito actual proyectado al periodo de diseño; se encontró otro factor que incremente el transito aparte del considerado en las vías de Municipio de ALTAMIRA, además de ampliaciones y remodelaciones que a futuro tengan previstas para el mismo sector y el cual está considerado en la estimación del tránsito para la vía a intervenir. Para el cálculo en desarrollo será considerado de 22%.

1.7.3. TRANSITO ATRAIDO

Esta variable está asociada al nivel de atención que tendrá las vías urbanas en el Municipio de ALTAMIRA, una vez haya sido construida en su totalidad, teniendo en cuenta todos los servicios que este puede brindar; sin embargo debe tenerse en cuenta que el transito asociado a la vía a intervenir corresponde a un tránsito estimado que involucra además de vehículos livianos, algunos vehículos de carga pesada que lleguen a brindar algún servicio de aseo y/o entrega de insumos para el correcto funcionamiento del mismo, en razón a ello, es necesario asignar un tránsito atraído ya que el comportamiento del flujo vehicular debe mantenerse sin variaciones importantes.

Para el análisis del tránsito atraído se tendrá en cuenta la consideración consignada en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito, en el cual se considera “al no disponer de información más precisa, se puede aplicar el criterio del Instituto de Ingenieros de Estados Unidos que señala que el tránsito atraído se le asignan porcentajes entre el



cinco (5%) y el veinticinco por ciento (25%) del tránsito normal, con un periodo de aparición de uno o dos años después que la carretera ha sido abierta al servicio". Para el cálculo en desarrollo será considerado de 15%.

TRÁNSITO ATRAÍDO	TPD	% (adoptado)	TPD (adoptado)	Composición		
Entre el (5% - 25%) del tránsito Normal	63	15%	9	71.3%	9.2%	19.5%
			9	6	1	2

1.7.4. COMPOSICIÓN VEHICULAR

La composición vehicular registrada en el estudio de transito evaluado a partir del servicio que prestará las vías urbanas en el Municipio de ALTAMIRA presenta el siguiente comportamiento:

Tabla.11 Resumen Composición vehicular

	AÑO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	CAMIONES						TPD TOTAL
					C2P	C2G	C3	C4	C5	> C5	
TPD	2025	61	0	8	10	3	2	0	0	2	86
COMPOSICIÓN		70.9%	0.0%	9.3%	11.9%	4.0%	2.0%	0.0%	0.0%	2.0%	

1.7.5. DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRANSITO

Para el cálculo del tránsito equivalente por factor direccional, se toma como referencia el manual de diseño de pavimentos asfálticos para bajos volúmenes de tránsito del INVIAS, donde se apoyan en el ancho de calzada para determinar (Fd) a utilizar; al tener la vía un ancho de calzada mayor a 6,0 m el factor direccional para el cálculo de ejes equivalentes de 8.2 Ton dirección adoptado es de (Fd) igual a 0.5

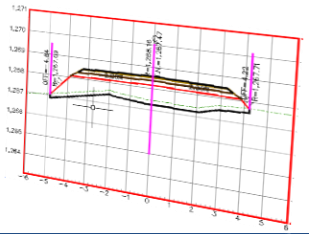


Tabla.12 Factor de distribución direccional

Tabla 2.5. Tránsito por adoptar para el diseño según el ancho de la calzada Factor Direccional (Fd)

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5 m	Total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor de 5 m y menor de 6 m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0.50

Fuente: Tabla 2.5 del manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS

El factor carril se determinará basado en la tabla 2.3.3 de la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación para pavimentos asfalticos de carreteras, vasado en el número de carriles que presenta la vía, al tener la vía un carril por sentido, el factor carril adoptado para el cálculo de numero de ejes de 8.2 Ton es de DC= 1.0

Tabla 2.3.3.
Factores de distribución por carril (DC) según el Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS de 1998 y según el método AASHTO 2002

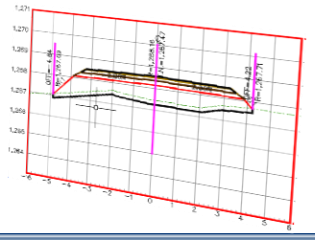
NÚMERO DE CARRILES EN CADA DIRECCIÓN	FACTOR DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CARRIL DE DISEÑO (DC)	
	INVIAS	AASHTO 2002
1	1.0	1.0
2	0.90	0.9
3	0.75	0.6
4	Sin información	0.4

1.7.6. CRECIMIENTO DEL TRANSITO

De acuerdo a las características del proyecto se asume una tasa de crecimiento de 2%, dato que es tomado del estudio de transito realizado para el proyecto.

1.7.7. PARÁMETROS DE DISEÑO

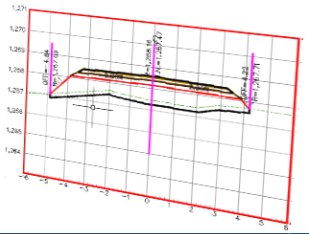
El diseño de pavimentos para la vía en proyecto está definido para estructura de tipo rígido, para periodo de diseño de 20 años. De acuerdo a esto se considera el tránsito para pavimento rígido (en función del espectro de cargas), es decir, la determinación de la variable transito se define



mediante los diferentes tipos de vehículos comerciales determinando sus pesos por eje, sin embargo, teniendo en cuenta que no se tiene información al respecto para esta vía del Municipio, se considera para el análisis los datos de la Resolución del Ministerio de Transporte.

El valor del tránsito se toma directamente del procesamiento de la información recopilada, previa visita a la vía en proyecto y teniendo en cuenta la necesidad que va a suplir, dado que en la reposición y ampliación de pavimentación urbana municipio de ALTAMIRA departamento del Huila se tienen en cuenta los tipos de vehículos comerciales que circularán y la frecuencia semanal que podría tenerse, principalmente se tienen en cuenta rutas escolares, buses municipales, vehículos de recolección de basuras y vehículos livianos, volquetas ante la posible transito atraído y generado especificando para cada uno la respectiva correspondencia en vehículos de carga pesada (C2P, C2G, C3, C4, C5, >C5).

La siguiente tabla muestra el valor del TPD patrón proyectado para el corredor a intervenir:



ESTIMACIÓN DEL TRANSITO FUTURO

TPDs ACTUAL DIARIO CONTEO	2025	86
TPDs ACTUAL DIARIO FUTURO	2026	88
Tasa de crecimiento anual (r)		2.0%

DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO ACUMULADO EN LOS AÑOS DE DISEÑO

Nº de años periodo de diseño (n)	TPD ANUAL FUTURO	TPD FUTURO corregido	AUTOS	BUSES	CAMIONES						
					C2p	C2g	C3	C4	C5	>C5	TOTAL
1	88	102	26406	3463	4329	1299	866	0	0	866	7359
2	178	206	53341	6995	8744	2623	1749	0	0	1749	14865
3	269	312	80814	10599	13248	3974	2650	0	0	2650	22522
4	363	420	108836	14274	17842	5353	3568	0	0	3568	30331
5	458	531	137419	18022	22528	6758	4506	0	0	4506	38297
6	555	643	166574	21846	27307	8192	5461	0	0	5461	46422
7	654	758	196312	25746	32182	9655	6436	0	0	6436	54710
8	755	875	226644	29724	37155	11146	7431	0	0	7431	63163
9	858	995	257583	33781	42227	12668	8445	0	0	8445	71786
10	964	1117	289141	37920	47400	14220	9480	0	0	9480	80580
11	1071	1241	321330	42142	52677	15803	10535	0	0	10535	89551
12	1180	1368	354163	46448	58060	17418	11612	0	0	11612	98701
13	1292	1497	387653	50840	63550	19065	12710	0	0	12710	108034
14	1406	1629	421812	55320	69150	20745	13830	0	0	13830	117554
15	1522	1764	456654	59889	74861	22458	14972	0	0	14972	127264
16	1640	1901	492194	64550	80688	24206	16138	0	0	16138	137169
17	1761	2041	528444	69304	86630	25989	17326	0	0	17326	147271
18	1884	2184	565419	74153	92692	27807	18538	0	0	18538	157576
19	2010	2330	603134	79100	98874	29662	19775	0	0	19775	168086
20	**2138**	**2478**	**641603**	**84145**	**105181**	**31554**	**21036**	**0**	**0**	**21036**	**178807**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 TPD Tránsito Futuro Mixto

TRÁNSITO PARA PAVIMENTO RÍGIDO:

El tránsito para pavimento rígido está dado por el espectro de cargas que se muestra a continuación.

Faiver Edisson Vargas
Ingeniero Civil
Especialista en Pavimentos
Universidad del Cauca

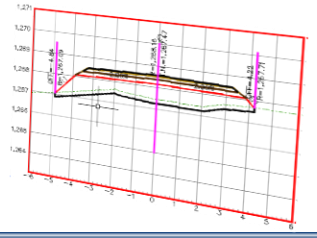


Tabla.14 Cálculo del número de repeticiones esperadas cada año por tipo de eje en el carril de diseño

CALCULO DEL NUMERO DE REPETICIONES ESPERADAS CADA AÑO POR TIPO DE EJE EN EL CARRIL DE DISEÑO

Numero de Carriles por sentido:	1
Factor de Direccional según ancho de calzada :	0.5
Factor de Distribución por carril:	1

AÑO	BUSETAS			CAMIONES												
	SISTEMA ACTUAL			C2P			C2G			C3			>C5			
	TPD	SRS 3 Ton	SRD 5.5 Ton	TPD	SRS 2.5 Ton	SRD 6 Ton	TPD	SRS 6 Ton	SRD 11 Ton	TPD	SRS 6 Ton	TRD 22 Ton	TPD	SRS 6 Ton	TRD 22 Ton	TrRD 24 Ton
2025																
2026	3463	1732	1732	4329	2164	2164	1299	649	649	866	433	433	866	433	433	433
2027	6995	3498	3498	8744	4372	4372	2623	1312	1312	1749	874	874	1749	874	874	874
2028	10599	5299	5299	13248	6624	6624	3974	1987	1987	2650	1325	1325	2650	1325	1325	1325
2029	14274	7137	7137	17842	8921	8921	5353	2676	2676	3568	1784	1784	3568	1784	1784	1784
2030	18022	9011	9011	22528	11264	11264	6758	3379	3379	4506	2253	2253	4506	2253	2253	2253
2031	21846	10923	10923	27307	13654	13654	8192	4096	4096	5461	2731	2731	5461	2731	2731	2731
2032	25746	12873	12873	32182	16091	16091	9655	4827	4827	6436	3218	3218	6436	3218	3218	3218
2033	29724	14862	14862	37155	18577	18577	11146	5573	5573	7431	3715	3715	7431	3715	3715	3715
2034	33781	16891	16891	42227	21113	21113	12668	6334	6334	8445	4223	4223	8445	4223	4223	4223
2035	37920	18960	18960	47400	23700	23700	14220	7110	7110	9480	4740	4740	9480	4740	4740	4740
2036	42142	21071	21071	52677	26339	26339	15803	7902	7902	10535	5268	5268	10535	5268	5268	5268
2037	46448	23224	23224	58060	29030	29030	17418	8709	8709	11612	5806	5806	11612	5806	5806	5806
2038	50840	25420	25420	63550	31775	31775	19065	9532	9532	12710	6355	6355	12710	6355	6355	6355
2039	55320	27660	27660	69150	34575	34575	20745	10372	10372	13830	6915	6915	13830	6915	6915	6915
2040	59889	29945	29945	74861	37431	37431	22458	11229	11229	14972	7486	7486	14972	7486	7486	7486
2041	64550	32275	32275	80688	40344	40344	24206	12103	12103	16138	8069	8069	16138	8069	8069	8069
2042	69304	34652	34652	86630	43315	43315	25989	12995	12995	17326	8663	8663	17326	8663	8663	8663
2043	74153	37077	37077	92692	46346	46346	27807	13904	13904	18538	9269	9269	18538	9269	9269	9269
2044	79100	39550	39550	98874	49437	49437	29662	14831	14831	19775	9887	9887	19775	9887	9887	9887
2045	84145	42072	42072	105181	52590	52590	31554	15777	15777	21036	10518	10518	21036	10518	10518	10518

Fuente: Elaboración propia

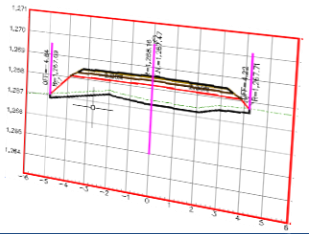


Tabla .15 Espectro de carga en el carril crítico para diseño

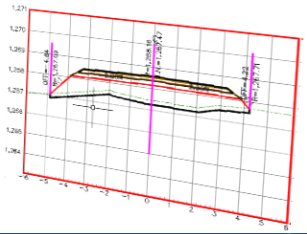
CALCULO DEL NUMERO DE REPETICIONES ESPERADAS CADA AÑO POR TIPO DE EJE EN EL CARRIL DE DISEÑO							
Numero de Carriles por sentido:			1				
Factor de Direccional según ancho de calzada :			0.5				
Factor de Distribución por carril:			1				
ESPECTRO DE CARGAS EN EL CARRIL DE DISEÑO							
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS							
EJES SIMPLES RUEDA SIMPLE			EJES SIMPLES RUEDA DOBLE			EJES TANDEM RUEDA DOBLE	EJES TRIDEM
2.5 Ton	3,0 Ton	6.0 Ton	5.5 Ton	6.0 Ton	11 Ton	22 Ton	24 Ton
52590	42072	36813	42072	52590	15777	21036	10518
ESPECTRO DE CARGAS EN EL CARRIL DE DISEÑO + TRANSITO DE CONSTRUCCION							
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS							
EJES SIMPLES RUEDA SIMPLE			EJES SIMPLES RUEDA DOBLE			EJES TANDEM RUEDA DOBLE	EJES TRIDEM
2.5 Ton	3,0 Ton	6.0 Ton	5.5 Ton	6.0 Ton	11 Ton	22 Ton	24 Ton
52590	42072	42502	42072	52590	21466	21036	10518

Fuente: Elaboración propia

1.8. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO

1.8.1. CONDICIONES DEL CLIMA

La metodología de diseño planteada en el manual del INVIAS involucra las variables de las condiciones climáticas bajo los parámetros de Temperatura Media Anual Ponderada y la Precipitación Media Anual.



A partir de estos datos se clasifica la región donde se desarrollarán los trabajos, parámetro que se emplea para definir criterios para la ejecución de las pruebas de resistencia de la subrasante (ensayos de CBR). A continuación, presentamos las tablas de aplicación.

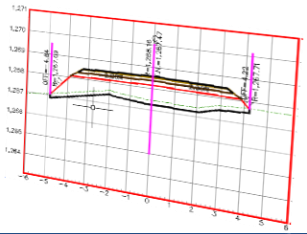
IDEAM

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (11/09/2025 16:59)

Nombre estacion:	ALTAMIRA EL GRIFO AUT [21025030]	**Corriente:**		**Categoría de estaci**	Climática Ordinaria
Latitud:	2.0791666670	**Longitud:**	-75.73622222	**Elevación:**	1368
Entidad:	INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS	**Area Operativa:**	Area Operativa 04 - Huil	**Departamento:**	Huila
Municipio:	Altamira	**Fecha instalacíon:**	01/12/1995 00:00	**Fecha suspensión:**	
Variable:	PRECIPITACION	**Frecuencia:**	Mensual	**Fecha consulta:**	01/09/2024 00:00-11/09/2025 00:00
Parametro:	Precipitación total mensual	**Unidad medida:**	mm		

Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
2024-09-0100:00	14.7	Preliminar
2024-10-0100:00	94.1	Preliminar
2024-11-0100:00	243.4	Preliminar
2024-12-0100:00	126.5	Preliminar
2025-01-0100:00	79.6	Preliminar
2025-02-0100:00	184.8	Preliminar
2025-03-0100:00	120	Preliminar
2025-04-0100:00	177.1	Preliminar
2025-05-0100:00	122.8	Preliminar
2025-06-0100:00	139.4	Preliminar
2025-07-0100:00	74	Preliminar
2025-08-0100:00	59.9	Preliminar

El proyecto del trabajo se desarrolla en el casco urbano del municipio de ALTAMIRA, ciudad para la cual ya se tienen determinados los parámetros, con los registros estadísticos de lluvias y temperaturas, El comportamiento de las precipitaciones es bimodal con dos períodos lluviosos durante el año marcado entre los meses de noviembre y febrero, con un promedio de lluvias anual de 119.7 mm.



IDEAM

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (16/09/2025 18:02)

Nombre estacion:	ALTAMIRA EL GRIFO AUT [21025030]	**Corriente:**		**Categoría de estaci**	Climática Ordinaria
Latitud:	2.0791666670	**Longitud:**	-75.73622222	**Elevación:**	1368
Entidad:	INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES	**Area Operativa:**	Area Operativa 04 - Huil	**Departamento:**	Huila
Municipio:	Altamira	**Fecha instalacíon:**	01/12/1995 00:00	**Fecha suspensión:**	
Variable:	TEMPERATURA	**Frecuencia:**	Diaria	**Fecha consulta:**	01/09/2024 00:00-16/09/2025 00:00
Parametro:	Temperatura máxima diaria,Temperatura máxima media mensual,Temperatura máxima absoluta anual	**Unidad medida:**	degC		

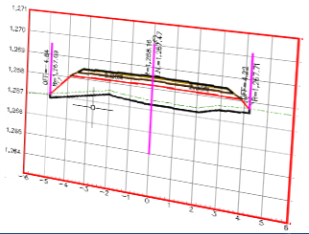
Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
2024-09-0100:00	28.7	Preliminar
2024-10-0100:00	27.9	Preliminar
2024-11-0100:00	25.5	Preliminar
2024-12-0100:00	26.1	Preliminar
2025-01-0100:00	26.6	Preliminar
2025-02-0100:00	26.7	Preliminar
2025-03-0100:00	25.6	Preliminar
2025-04-0100:00	26.1	Preliminar
2025-05-0100:00	24.8	Preliminar
2025-06-0100:00	24.6	Preliminar
2025-07-0100:00	24.4	Preliminar
2025-08-0100:00	26.3	Preliminar
2025-09-0100:00	25.4	Preliminar

La topografía bastante quebrada, con incidencias de temperatura variables por la altitud, produce la variabilidad de temperaturas a lo largo y ancho de la región, sin embargo, la temperatura media mensual de la cuenca, medida con la estacione climatológicas (Altamira el Grifo) ubicada en la vereda el Grifo, la temperatura promedio para el municipio del último año es de 25,8° C.

Se presentan dos picos altos de calor a lo largo del año, el primero registrado entre los meses de septiembre y octubre

Tabla.16 Regiones Climáticas Por Temperatura Y Precipitación

No.	REGIÓN	TEMPERATURA TMAP (°C)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)
R1	Fría Seca y fría semihúmedo	< 13	< 2.000
R2	Templado seco y templado	13 – 20	< 2.000

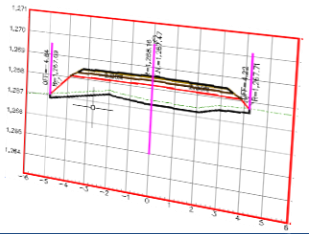


	semihúmedo		
R3	Cálido seco y cálido semihúmedo	20 – 30	< 2.000
R4	Templado seco	13 – 20	2.000 – 4.000
R5	Cálido húmedo	20 – 30	2.000 – 4.000
R6	Cálido muy húmedo	20 – 30	> 4.000

Fuente Tabla. 4.1 manual de diseño para pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INV.

Tabla.17 Precipitación Y Condiciones De Humedad Para El Ensayo

No.	REGIÓN	TEMPERATURA TMAP (°C)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO DE CBR
R1	Fría Seca	< 13	< 1.000	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma INV. E-146
	Fría húmeda	< 13	1.000 – 2.000	Sumergido
R2	Templado seco	13 – 20	< 1.000	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma INV. E-146
	Templado semihúmedo	13 – 20	1.000 – 2.000	Sumergido
R3	Cálido seco	20 – 30	< 1.000	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma INV. E-146
	Cálido semihúmedo	20 – 30	1.000 – 2.000	Sumergido
R4	Templado seco	13 – 20	2.000 – 4.000	Sumergido
R5	Cálido húmedo	20 – 30	2.000 – 4.000	Sumergido
R6	Cálido muy húmedo	20 – 30	> 4.000	Sumergido
Tiempo de Inmersión		4 días para suelos limosos poco plástico		
		8 días para suelos arcillosos y limosos plásticos		



Fuente Tabla. 5.8 manual de diseño para pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS.

La subrasante se evalúa mediante ensayos de CBR de laboratorio sobre muestras inalteradas, con inmersión.

1.8.2. SUBRASANTE

Los suelos registrados corresponden a suelos natural: arena con trazas de limo y arcillas inorgánicas y presencia de gravas (SM-SC)

Características de Plasticidad

La ubicación de los suelos de subrasante de la reposición y ampliación de pavimentación urbana municipio de ALTAMIRA departamento del Huila se muestra en la figura de la Carta de Plasticidad de Casagrande.

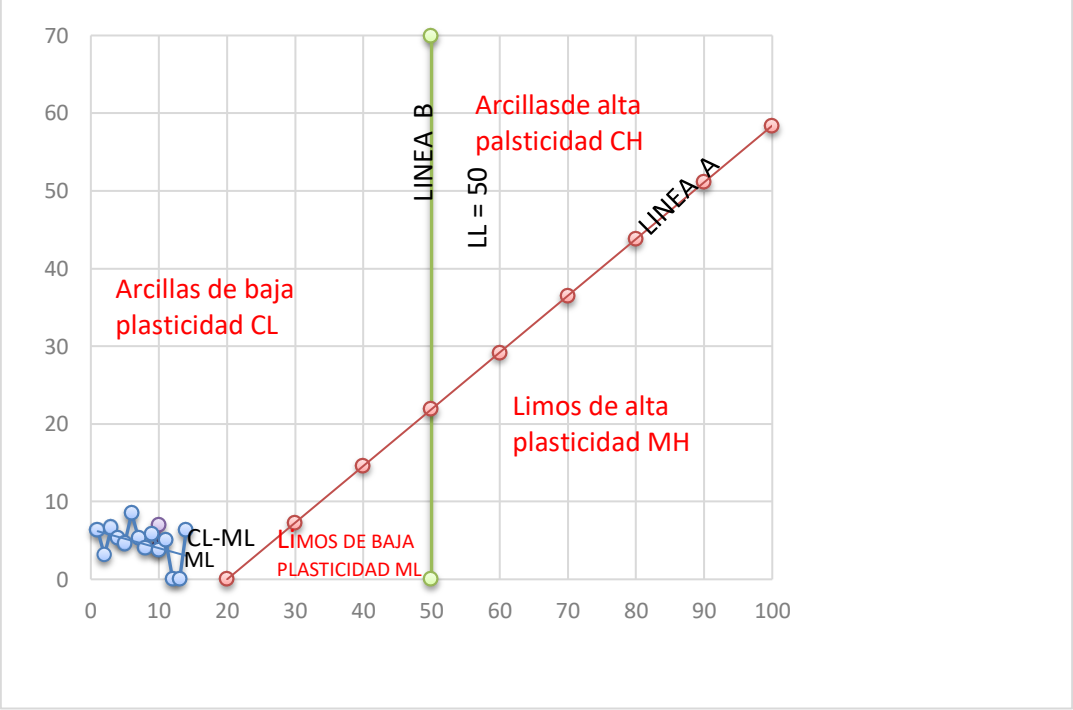


Figura 3 Ubicación de los suelos de subrasante dentro de la Carta de Plasticidad de Casagrande

La caracterización del comportamiento expansivo de la subrasante se realizó con base en la tabla

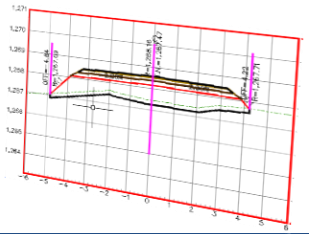


Tabla.18 Clasificación de suelos expansivos

INDICE PLÁSTICO	LIMITE LIQUIDO	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
< 25	< 50	Baja
25-35	50-60	Media
> 35	> 60	Alta

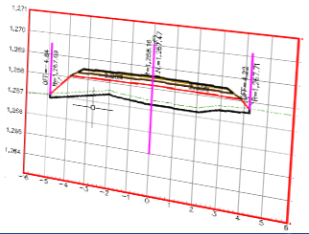
Fuente: Snethen y Otros

En la siguiente tabla se presentan las propiedades del suelo y la asignación acorde a los resultados de los ensayos de laboratorio.

Tabla.19 Capacidad del potencial de expansión

ESTRATO	IP	CAPACIDAD DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN -IP	LL	CAPACIDAD DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN - LL
SM - SC	6.3	Baja	25.2	Baja
SM	3.1	Baja	22.2	Baja
SM	6.7	Baja	25.5	Baja
SM - SC	5.3	Baja	24.4	Baja
SM	4.6	Baja	24.6	Baja
SM - SC	8.5	Baja	26.6	Baja
SM - SC	5.3	Baja	24.4	Baja
SM - SC	4	Baja	22.5	Baja
SM - SC	5.8	Baja	26.5	Baja
SM	3.7	Baja	23.3	Baja
SM - SC	5	Baja	25.4	Baja
SM	0	Baja	NL	Baja
SM	0	Baja	NL	Baja
SM - SC	6.3	Baja	26.4	Baja

Fuente: Elaboración propia



Los suelos de subrasante de la vía en estudio registrados son gravas y arenas con trazas de limo inorgánico de baja compresibilidad, con índices de plasticidad y limites líquidos que los califican con un potencial de expansión de bajo, de acuerdo con las relaciones establecidas en la anterior tabla.

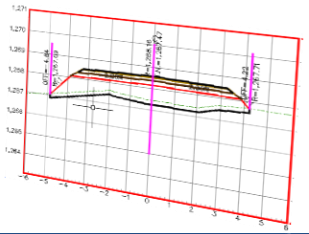
En el numeral 1.11 del presente informe se presentan una serie de recomendaciones constructivas para tratar de minimizar o mitigar el potencial de expansión de suelos encontrados.

Condiciones De Humedad y Consistencia

Para la evaluación de las condiciones de humedad y plasticidad de la subrasante se presenta en la tabla la información resumida de los apiques en donde se presenta en forma sintetizada las condiciones de consistencia de los suelos expresadas mediante los parámetros de índice de consistencia e índice de liquidez que relaciona la información de plasticidad y de humedad y que están directamente asociadas con las condiciones de resistencia.

Tabla.20 Condiciones de consistencia de los suelos de subrasante

APIQUE Nº	Muestra Nº	Límites de Atterberg					Hum. Nat.	Clasificac.
		LL	LP	IP	IL	IC	(w)	USCE
AP 1	M 5	25.2	18.9	6.3	-1.9	2.9	6.81	SM - SC
AP 2	M 3	22.2	19.1	3.1	-3.7	4.7	7.58	SM
AP 3	M 2	25.5	18.8	6.7	-1.9	2.9	6.13	SM
AP 4	M 3	24.4	19.1	5.3	-2.0	3.0	8.66	SM - SC
AP 5	M 4	24.6	20	4.6	-3.1	4.1	5.58	SM
AP 6	M 4	26.6	18.1	8.5	-1.5	2.5	5.77	SM - SC
AP 7	M 4	24.4	19.1	5.3	-2.2	3.2	7.56	SM - SC
AP 8	M 3	22.5	18.5	4	-2.7	3.7	7.87	SM - SC
AP 9	M 3	26.5	20.7	5.8	-2.4	3.4	6.77	SM - SC



AP 10	M 3	23.3	19.6	3.7	-3.43	4.43	6.91	SM
AP 11	M 3	25.4	20.4	5	-2.33	3.33	8.76	SM - SC
AP 12	M 2	NL	NP	0	#######	########	6.26	SM
AP 13	M 3	NL	NP	0	#######	########	6.87	SM
AP 14	M 2	26.4	20.1	6.3	-1.99	2.99	7.58	SM - SC

Fuente: Evaluación Geotécnica Vías urbanas en el Municipio de ALTAMIRA

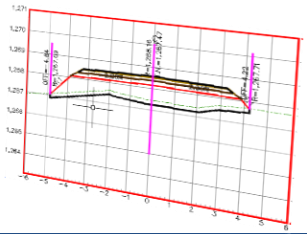
De este cuadro resumen se puede afirmar lo siguiente:

- Los apiques, tienen humedad natural menor al límite líquido, el suelo no se encuentra en estado líquido. El valor de índice de liquidez <1.0, indica los suelos no tienen un comportamiento de líquido-viscoso. El valor de índice de consistencia >0, indica que los suelos tienen humedad natural menor al límite líquido, el suelo no se encuentra en estado líquido.

Condiciones de resistencia

Se realizaron catorce (14) tomas de CBR para la medición de la resistencia del suelo y con el fin de observar el cambio de resistencia ante la variable humedad se realizó el ensayo en condición natural (Método I). La subrasante se evalúo mediante ensayos de CBR en laboratorio, sobre muestras inalteradas, previamente seleccionadas.

Tabla.21 Resultados ensayo CBR

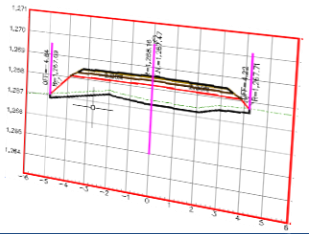


CBR	Apique	Muestra	Profundidad (m)	CONDICION NATURAL	CONDICION SATURADO	METODO I	% EXPANSION mm	PERCENTIL
				CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)		50%
1	AP 1	M 5	0.8-1.5			23.0	0.009	22.0
2	AP 2	M 3	0.2 -1.40			33.5	0.009	
3	AP 3	M 2	0.7 -1.40			15.7	0.000	
4	AP 4	M 3	0.2-1.5			16.3	0.00	
5	AP 5	M 4	0.6 -1.5			17.0	0.00	
6	AP 6	M 4	0.4 -1.4			24.0	0.00	
7	AP 7	M 4	0.3 -1.4			21.0	0.00	
8	AP 8	M 3	0.25 -1.4			22.0	0.00	
9	AP 9	M 3	0.29 -1.4			22.0	0.00	
10	AP 10	M 3	0.6 -1.4			23.0	0.00	
11	AP 11	M 3	0.5 -1.5			23.0	0.00	
12	AP 12	M 2	0.5 -1.5			23.0	0.00	
13	AP 13	M 3	0.35 -1.5			14.1	0.00	
14	AP 14	M 2	0.20 -1.5			17.5	0.00	

Fuente: Evaluación Geotécnica Vía carera 5

Los reportes presentan expansiones muy mínimas debido a tipo de material que se encuentra en la vía lo que indica que presentan muy bajo potencial de expansión; y CBR de la subrasante muy superiores a los mínimos recomendados, de este modo se asume como capa de mejoramiento en material granular de la misma vía tipo suelo seleccionado que cumple de acuerdo con norma INV 220-22 de espesor 10 cm para diseño por la PCA, en toda el área colocada sobre un geotextil tejido T2400 que va directamente sobre la subrasante natural.

Teniendo en cuenta que el nivel freático no se detectó hasta la profundidad de exploración no se prevé problemas de saturación por capilaridad, se recomienda tener en cuenta las



condiciones de drenaje de las vías, construcción de bordillos de confinamiento para la estructura, con el fin de evitar el escurrimiento lateral del agua y evitar los problemas de expansión que dejan sin soporte uniforme a las estructuras de pavimento.

Determinación de Resistencia de Diseño

Bajo las condiciones anteriores, para diseño tomare el valor del percentil 50% resistencia del suelo expresada mediante el valor del CBR de laboratorio , el valor a utilizar será: CBR de diseño = 22

1.8.3. TRANSITO

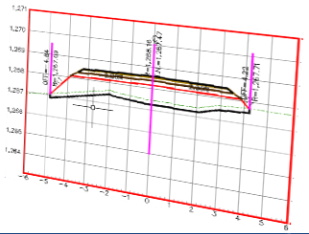
El tránsito para el proyecto está definido por el tipo de pavimento. Así es como para pavimentos rígidos se conforma por un espectro de carga para el periodo de diseño considerado.
El espectro de cargas para la vía en proyecto está dado por:

ESPECTRO DE CARGAS EN EL CARRIL DE DISEÑO + TRANSITO DE CONSTRUCCION							
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS							
EJES SIMPLES RUEDA SIMPLE			EJES SIMPLES RUEDA DOBLE			EJES TANDEM RUEDA DOBLE	EJES TRIDEM
2.5 Ton	3,0 Ton	6.0 Ton	5.5 Ton	6.0 Ton	11 Ton	22 Ton	24 Ton
52590	42072	42502	42072	52590	21466	21036	10518

1.9. DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO

1.9.1. MÉTODO DE LA PCA

El procedimiento de diseño que brinda la PCA, tiene dos criterios de diseño. El primero la fatiga, para proteger al pavimento contra la acción de los esfuerzos producidos por la acción repetida de las cargas y el segundo erosión, para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales adyacentes (bermas, andenes, etc.)



La elección de un espesor adecuado de diseño por este método depende, consecuentemente, de la elección de factores adicionales a los tradicionalmente utilizados, como el sistema de juntas y el tipo de bermas.
El diseño del pavimento se considera aceptable cuando los consumos de fatiga y de erosión, no superan el ciento por ciento (100%).

a. Parámetros de diseño

Para la Metodología PCA, se contemplan los siguientes parámetros de diseño:

- Resistencia de la Subrasante (K)
- Tránsito (N)
- Período de diseño (T)
- Losa de concreto (M_R, dimensiones)
- Tipo de juntas y bermas

b. Factores de diseño

El diseño se realiza a partir de los cuatro factores siguientes:

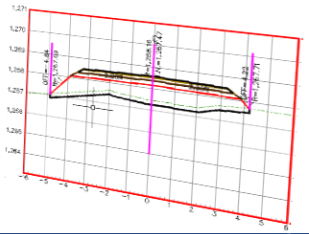
- Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de Rotura, M_R)
- Resistencia de la subrasante o del conjunto subrasante-subbase (K)
- Los tipos, frecuencias y magnitudes de las cargas por eje esperadas.
- Período de diseño.

c. Resistencia del concreto a la flexión

Este parámetro se emplea en el criterio de fatiga y controla el agrietamiento del pavimento bajo la acción acumuladas de las cargas de los vehículos pesados.
Para el dimensionamiento se ha previsto la utilización de un concreto hidráulico que proporcione un valor mínimo de módulo de rotura a flexión de 42 Kg/cm^2 (4.2 Mpa).

d. Capacidad de soporte de la subrasante y la subbase

La resistencia de la subrasante se mide en términos del módulo de reacción K, determinado por pruebas de placa directa. Este valor de K se estima generalmente por correlación con pruebas más comunes y sencillas como el CBR.



El objetivo de la colocación de la capa de subbase es principalmente prevenir el fenómeno del bombeo, sin embargo, el método adopta un aporte estructural de esta, con un mejoramiento del soporte de subrasante.

Para efecto de la evaluación del comportamiento del pavimento se tendrá en cuenta el aporte estructural de la subbase introduciendo al diseño el valor de reacción conjunto de la subrasante – subbase.
El valor de CBR de diseño es de 22% obtenido de los valores de percentil 50% de resistencia CBR medidos en laboratorio, pero por las características de plasticidad y expansión evaluadas con los valores de índices de consistencia, y dado que el suelo se encuentra expuesto al aire libre, se puede afirmar que se tiene un material con un comportamiento homogéneo para servir de soporte a la estructura, por ello se considera recomendable establecer un mejoramiento de esta para efectos de diseño y servicio. Con base en lo anterior se asume y se considera el aporte estructural estableciendo la contribución de la capa de mejoramiento de 10 cm, evaluando de la siguiente forma:

- Metodología SHELL

$$ECAPA\ MEJORAMIENTO = 0{,}2 \times (H_{3,2})^{0{,}45} \times ESUBRASANTE$$

Tabla.22 Determinación del Módulo de Capa Granular de Mejoramiento Metodología SHELL

CBR PERCENTIL 50-PCA	CAPA MEJORAMIENTO	CBR %	MODULO SUBRASANTE	MODULO CAPA MEJORAMIENTO	CBR % EQUIVALENTE	MODULO EQUIVALENTE (psi)
CBR PERCENTIL 50-PCA	100	22.0	2200	3600	36.0	53998

- Criterio de IVANNOT

  $E_{conjunto} = E_2 / (1 – (2/\pi) * (1 – 1 / n^{3.5}) * \arctan (n*h_2 / 2*a))$

  Donde:

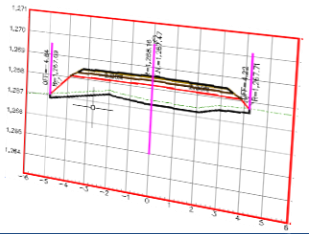
  $n = (E_1 / E_2)^{1/2.5}$

  E_1 = Modulo de la capa del material granular de mejoramiento

  E_2 = Modulo de la subrasante

Para el criterio de Ivannot se debe emplear como dato de entrada el valor del módulo correspondiente al material granular de mejoramiento, para tal efecto se puede considerar el valor del ensayo de CBR del material y calcular el valor con el criterio Shell:

SHELL $Mr = 100 * CBR\ (kg/cm^2)$



Para efectos de cálculo registramos la sensibilidad de la metodología tomando como valor inicial el criterio mínimo adoptado por la norma INVIAS para materiales de mejoramiento Artículo 220- 22, que cumplan suelos Seleccionados, suelos Adecuados, suelos Tolerables; con CBR >= 3% según la norma INV E-148

Tabla.23 Determinación Del Modulo De Capa Granular De Mejoramiento Modelo Ivannot

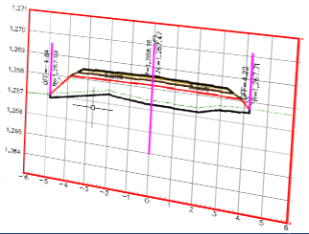
CBR PERCENTIL 50-PCA	CAPA MEJORAMIENTO	CBR %	MODULO SUBRASANTE	CBR % CAPA DE MEJORAMIENTO	MODULO CAPA MEJORAMIENTO	MODULO EQUIVALENTE (kg/cm^2)	CBR % EQUIVALENTE	MODULO EQUIVALENTE (PSI)
CBR PERCENTIL 50-PCA	100	22.0	2200	3	300	732	7.3	10974
CBR PERCENTIL 50-PCA	100	22.0	2200	6	600	1166	11.7	17491
CBR PERCENTIL 50-PCA	100	22.0	2200	9	900	1468	14.7	22013

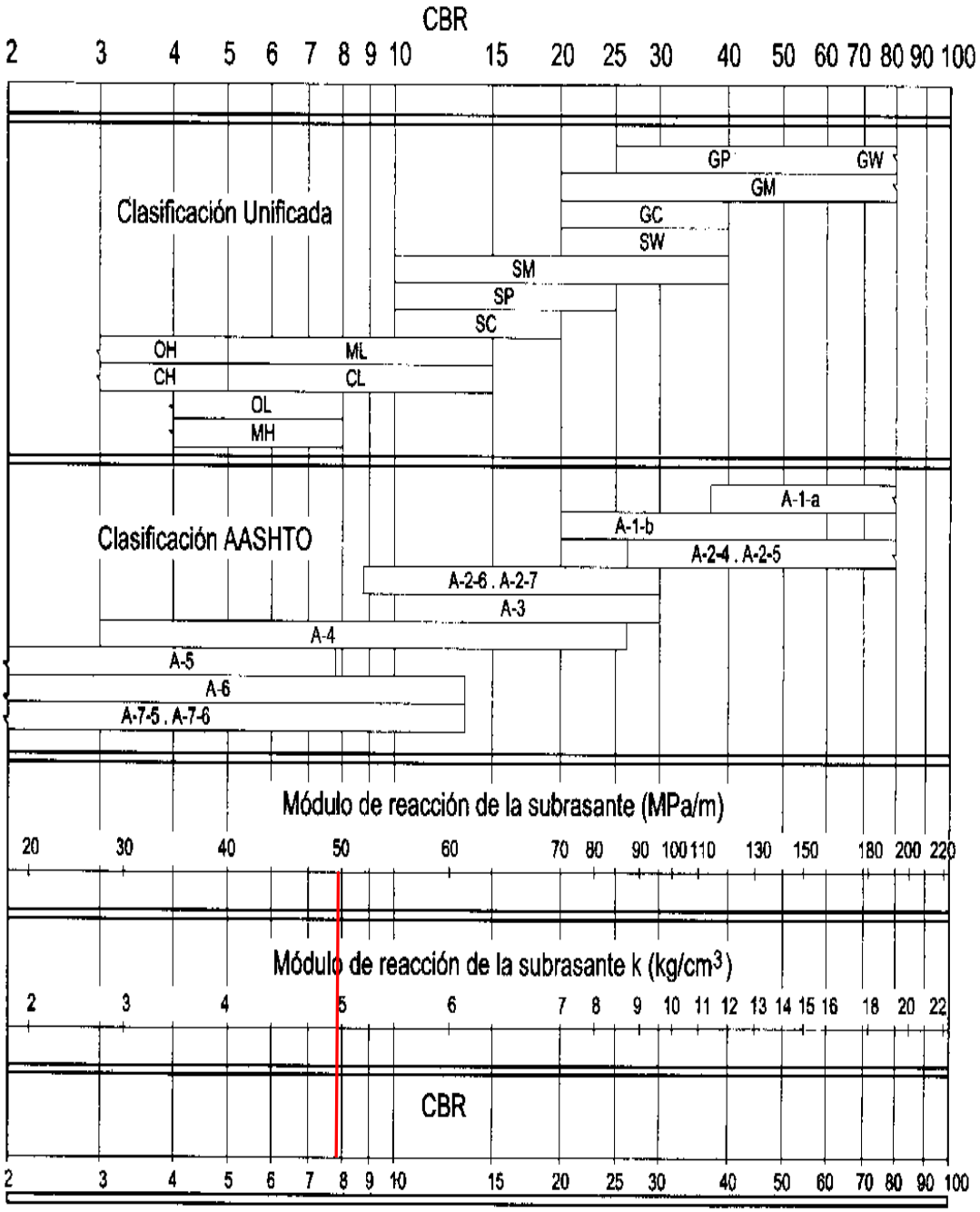
Considerando las especificaciones del Invias que mínimo requiere para una superficie de subrasante un CBR = 3.0% y teniendo en cuenta el criterio de tomar el menor de los CBR calculados teóricamente, se asume la metodología Ivannot, para la evaluación del comportamiento de dos materiales en función de respuesta mecánica, adoptamos como criterio de diseño el módulo resiliente de:

Mr = 10974($lb/pulg^2$) para un CBR mejorado de 7.3%, para un suelo seleccionado según norma INVIAS Artículo 220-22

Determinación del K de soporte mediante correlación con el CBR, de acuerdo con la figura

Figura 4 Determinación del K de soporte en función del CBR





K del Apoyo: 48 Mpa/m

En la tabla 7.24 se calcula el K del conjunto teniendo en cuenta que se instalará una sub base de 15 cm de espesor. como capa estructural; se deberán satisfacer los requisitos indicados en el del artículo 320 INVIAS-22

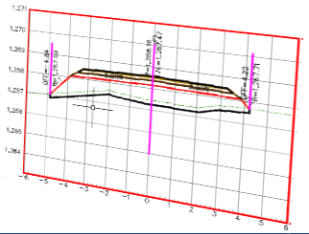


Tabla .24 Efecto de subbases sin tratar en el valor del Módulo de reacción K

Módulo K Subrasante		Módulo K de Subbase/Subrasante							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
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

Resistencia del Conjunto Subbase / Subrasante:

Módulo K Subrasante (MPa/m)	Módulo K de Subbase/Subrasante (MPa/m)			
	espesor Subbase (mm)			
	100	125		150
	MPa/m	MPa/m	lb/pulg^3	MPa/m
40.00	45.00	47.00	171.55	49.00
48.00	52.60	54.20	197.83	55.80
60.00	64.00	65.00	237.25	66.00

Se estima el valor de módulo de reacción del conjunto subbase/subrasante siguiendo las recomendaciones dadas por la PCA.

K del Apoyo: 55,80 Mpa/m para un espesor de sub base granular de 15 cm

e. Periodo de diseño

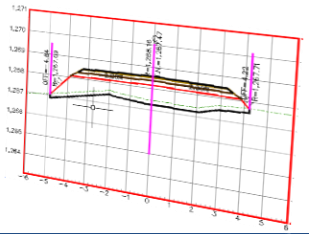
Se considera un periodo de 20 años

f. Tránsito

El espectro de carga determinado para un periodo de diseño de 20 años está establecido en la tabla 7.15 (Espectro de carga en el carril crítico para diseño).

g. Factor de Seguridad de Carga

Teniendo en cuenta que se trata de vías urbanas, en la que no se tienen muy precisas las condiciones de carga de los vehículos que circulan por esta vía, se considera un valor de



Factor de Seguridad de Carga (FSC) de 1.1, según las recomendaciones del método de diseño de la PCA 1984.

Tabla.25 Factor de Seguridad de Carga (FSC)

TIPO DE VÍA Y CONDICIONES DE TRÁNSITO	FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA
Vías de carriles múltiples, flujo de tránsito ininterrumpido y elevado volumen de tránsito pesado	1,2
Carreteras y vías urbanas arterias, volumen moderado de tránsito de vehículos pesados	1,1
Calles residenciales con bajos volúmenes de tránsito de camiones	1,0

h. Juntas y Bermas

Cómo la vía presenta bordillos laterales, para fines del diseño se asimila la sección con presencia de bermas protegidas. Con respecto a las juntas se establecerán con pasadores para realizar la transferencia de carga.

i. Análisis de Fatiga y Erosión

Siguiendo los lineamientos del método de diseño de pavimentos rígidos de la PCA y contemplando los parámetros de diseño, se establecen el dimensionamiento del espesor de la losa.
El cálculo del espesor y su verificación para los análisis de fatiga y erosión se presentan en el siguiente literal.

J. DISEÑO

PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DE LOSA DE CONCRETO SE HARÁ USO DEL PROGRAMA BS-PCA Y LOS RESULTADOS SE PRESENTAN EN EL ANEXO

Los pavimentos conciben la colocación de pasadores de carga en las juntas transversales y barras de amarre en las juntas longitudinales, además de construcción de bermas, la estructura resumen se muestra en la siguiente tabla:

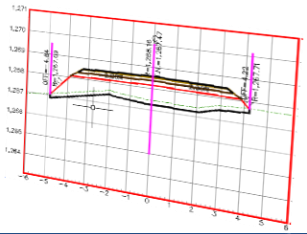
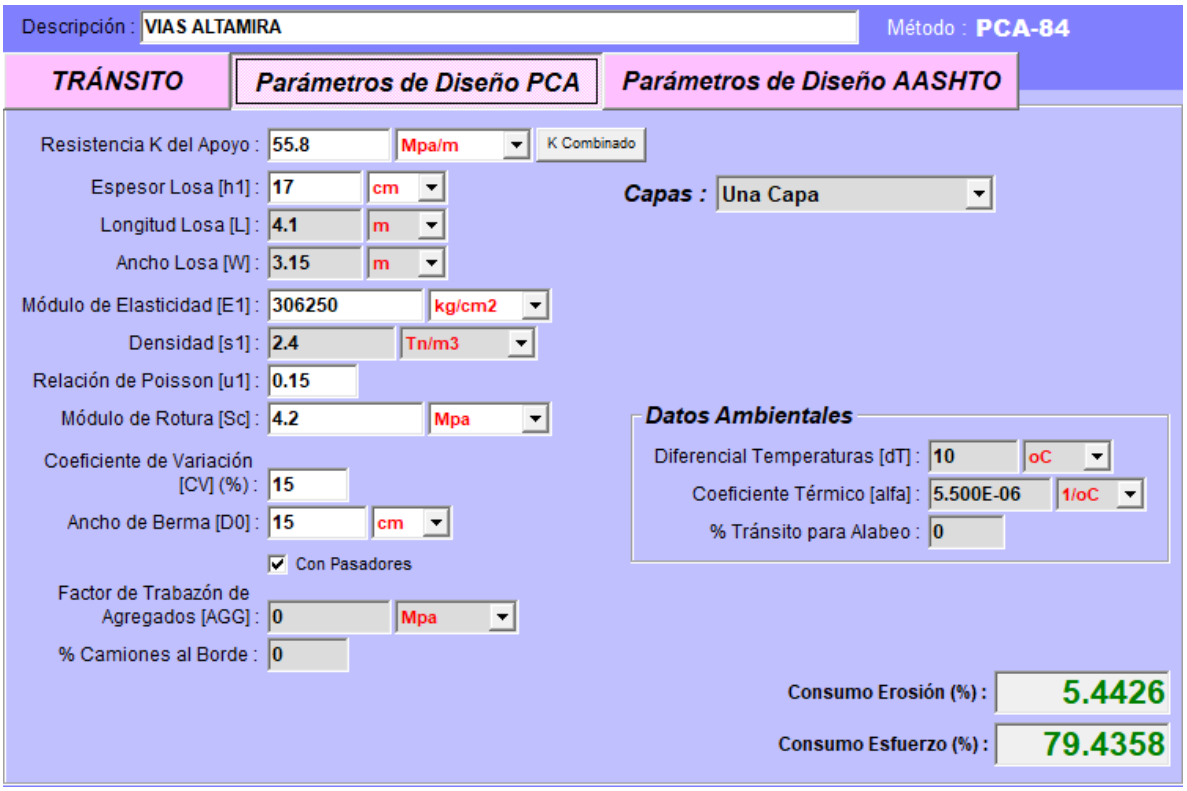
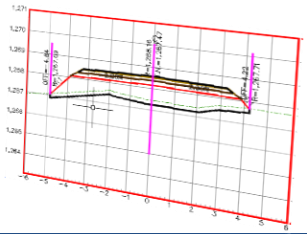
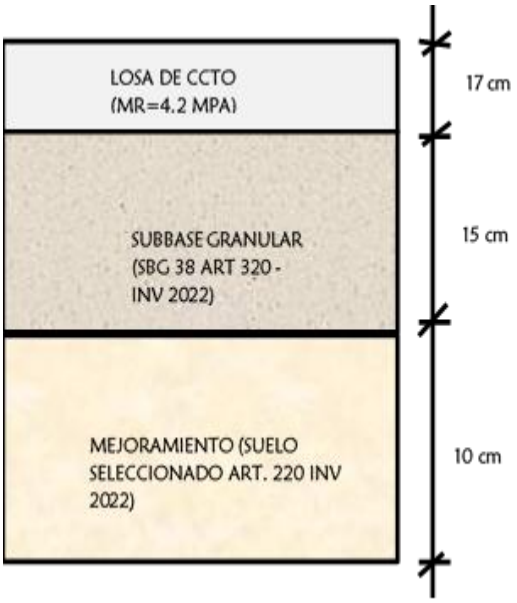


Tabla.26 Espesor estructuras en Pavimentos Rígidos - Estructura Nueva (Con pasadores, con bermas)

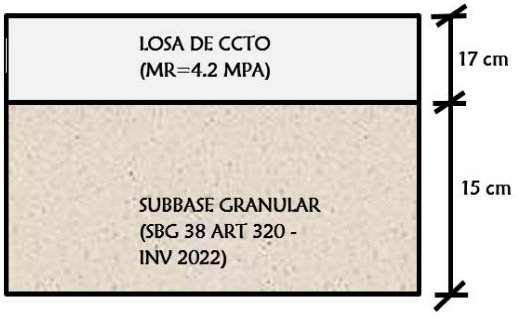


UBICACIÓN	CONSUMOS (%)		ESTRUCTURA (cm)		
	FATIGA	EROSIÓN	ESPESOR LOSA	SUB BASE GRANULAR	CAPA DE MEJORA MIENTO
REPOSICION Y AMPLIACION DE PAVIMENTACION URBANA MUNICIPIO DE ALTAMIRA DEPARTAMENTO DEL HUILA	79.43	5.44	17	15	10





ESTRUCTURA DE DISEÑO



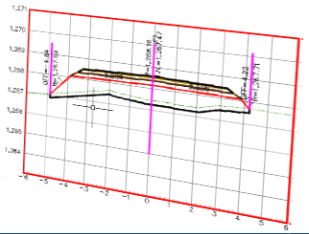
ESTRUCTURA DE CONSTRUCCION

k. Modulación de losas

Con el objetivo de controlar la fisuración del concreto, mantener la capacidad estructural y la calidad del pavimento con un bajo costo anual y así mismo para dividir el pavimento en tramos lógicos, se deben tener en cuenta dos criterios fundamentales para la modulación de las losas:

- Para ancho de 3.00 m de carril más bordillos de 0.15 a cada lado

✓ La longitud de la losa (L) debe ser máximo veinticuatro veces el espesor e, para subbases granulares.



$$L \leq 24*e \leq 24 * 0.17 \leq 4.08 \text{ metros}$$

✓ La relación de esbeltez (L/a) debe estar comprendida entre el rango de 1.00 a 1.30, donde a es el ancho de la losa.

$$1.00 \leq \frac{L}{a} \leq 1.30$$

El diseño de la vía plantea ancho de carril, para cada uno se realiza la evaluación:

$$\frac{L}{3.00} \geq 1.00 \ \therefore L \geq 1.00*3.0 \geq 3.0 \text{ metros}$$

$$\frac{L}{3.00} \leq 1.30 \ \therefore L \leq 1.30*3.0 \leq 3.9 \text{ metros}$$

- Para ancho de 3.15 m de carril más bordillos de 0.15 a cada lado

✓ La longitud de la losa (L) debe ser máximo veinticuatro veces el espesor e, para subbases granulares.

$$L \leq 24*e \leq 24 * 0.17 \leq 4.08 \text{ metros}$$

✓ La relación de esbeltez (L/a) debe estar comprendida entre el rango de 1.00 a 1.30, donde a es el ancho de la losa.

$$1.00 \leq \frac{L}{a} \leq 1.30$$

El diseño de la vía plantea ancho de carril, para cada uno se realiza la evaluación:

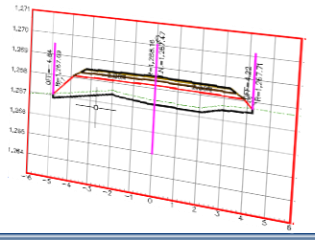
$$\frac{L}{3.15} \geq 1.00 \ \therefore L \geq 1.00*3.15 \geq 3.15 \text{ metros}$$

$$\frac{L}{3.15} \leq 1.30 \ \therefore L \leq 1.30*3.15 \leq 4.1 \text{ metros}$$

- Para ancho de 3.25 m de carril más bordillos de 0.15 a cada lado

✓ La longitud de la losa (L) debe ser máximo veinticuatro veces el espesor e, para subbases granulares.

$$L \leq 24*e \leq 24 * 0.17 \leq 4.08 \text{ metros}$$



✓ La relación de esbeltez (L/a) debe estar comprendida entre el rango de 1.00 a 1.30, donde a es el ancho de la losa.

$$1.00 \leq \frac{L}{a} \leq 1.30$$

El diseño de la vía plantea ancho de carril, para cada uno se realiza la evaluación:

$$\frac{L}{3.25} \geq 1.00 \ \therefore L \geq 1.00*3.25 \geq 3.25 \text{ metros}$$

$$\frac{L}{3.25} \leq 1.30 \ \therefore L \leq 1.30*3.25 \leq 4.23 \text{ metros}$$

- Para ancho de 3.75 m de carril más bordillos de 0.15 a cada lado

✓ La longitud de la losa (L) debe ser máximo veinticuatro veces el espesor e, para subbases granulares.

$$L \leq 24*e \ \leq 24 * 0.17 \leq 4.08 \text{ metros}$$

✓ La relación de esbeltez (L/a) debe estar comprendida entre el rango de 1.00 a 1.30, donde a es el ancho de la losa.

$$1.00 \leq \frac{L}{a} \leq 1.30$$

El diseño de la vía plantea ancho de carril, para cada uno se realiza la evaluación:

$$\frac{L}{3.75} \geq 1.00 \ \therefore L \geq 1.00*3.75 \geq 3.75 \text{ metros}$$

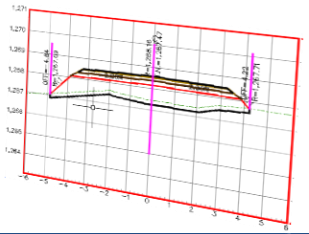
$$\frac{L}{3.75} \leq 1.30 \ \therefore L \leq 1.30*3.75 \leq 4.87 \text{ metros}$$

- Para ancho de 3.90 m de carril más bordillos de 0.15 a cada lado

✓ La longitud de la losa (L) debe ser máximo veinticuatro veces el espesor e, para subbases granulares.

$$L \leq 24*e \ \leq 24 * 0.17 \leq 4.08 \text{ metros}$$

✓ La relación de esbeltez (L/a) debe estar comprendida entre el rango de 1.00 a 1.30, donde a es el ancho de la losa.



$$1.00 \leq \frac{L}{a} \leq 1.30$$

El diseño de la vía plantea ancho de carril, para cada uno se realiza la evaluación:

$$\frac{L}{3.90} \geq 1.00 \ \therefore L \geq 1.00*3.90 \geq 3.90 \text{ metros}$$

$$\frac{L}{3.90} \leq 1.30 \ \therefore L \leq 1.30*3.90 \leq 5.1 \text{ metros}$$

- Para ancho de 4.0 m de carril más bordillos de 0.15 a cada lado

✓ La longitud de la losa (L) debe ser máximo veinticuatro veces el espesor e, para subbases granulares.

$$L \leq 24*e \ \leq 24 * 0.17 \leq 4.08 \text{ metros}$$

✓ La relación de esbeltez (L/a) debe estar comprendida entre el rango de 1.00 a 1.30, donde a es el ancho de la losa.

$$1.00 \leq \frac{L}{a} \leq 1.30$$

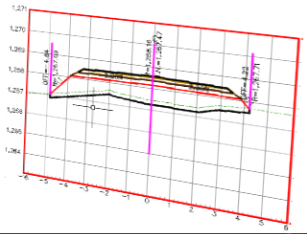
El diseño de la vía plantea ancho de carril, para cada uno se realiza la evaluación:

$$\frac{L}{4.0} \geq 1.00 \ \therefore L \geq 1.00*4.0 \geq 4.0 \text{ metros}$$

$$\frac{L}{4.0} \leq 1.30 \ \therefore L \leq 1.30*4.0 \leq 5.2 \text{ metros}$$

Por lo tanto, se recomienda los siguientes anchos y largos, teniendo en cuenta que la construcción de la losa de concreto hidráulico se hace monolíticamente a los bordillos, por ello se involucran dentro del ancho de losa, es decir:

- ✓ Para el tramo de vía con anchos de carril 3.0 m; se recomiendan losas de 3.9 m de longitud y ancho de 3.0 m.
- ✓ Para el tramo de vía con anchos de carril 3.15 m; se recomiendan losas de 4.1 m de longitud y ancho de 3.15 m.
- ✓ Para el tramo de vía con anchos de carril 3.25 m; se recomiendan losas de 4.20 m de longitud y ancho de 3.25 m.
- ✓ Para el tramo de vía con anchos de carril 3.75 m; se recomiendan losas de 4.5 m de longitud y ancho de 3.75 m.
- ✓ Para el tramo de vía con anchos de carril 3.90 m; se recomiendan losas de 4.5 m de longitud y ancho de 3.9 m.



- ✓ Para el tramo de vía con anchos de carril 4.0 m; se recomiendan losas de 4.5 m de longitud y ancho de 4.0 m.

1.9.2. MÉTODO AASHTO

El método de diseño AASHTO para pavimentos rígidos consiste básicamente en determinar el espesor de la losa de un pavimento de concreto para que éste pueda soportar el paso de un número W_{82} de ejes equivalentes de 8.2 Ton, sin que se produzca una disminución en el índice de Serviciabilidad PSI, superior a cierto valor, el cual se calcula a partir de una serie de medidas en el pavimento, tales como la regularidad superficial, agrietamientos y baches, entre otros.

En el método AASHTO, el espesor de la losa del pavimento, se determina con base en la siguiente ecuación.

$$log(W_{8.2}) = Zr * So + 7.35 * log(D + 25.4) - 0.06 + \frac{log\left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right]}{1+\frac{1.624*10^7}{(D+25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32Pt) * log\left[\frac{Sc*Cd\left[D^{0.75}-1.132\right]}{215.63*J\left[D^{0.75}-\frac{18.12}{\left(Ec/K\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

Donde:

$N_{8.2Ton}$:Numero de ejes equivalentes de 8.2 Ton, durante el periodo de diseño y carril de diseño.

Zr: Desviación Normal Estándar.

So: Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D: Espesor del pavimento de concreto en mm.

ΔPSI: Diferencia del índice de pérdida de Serviciabilidad.

P_t: Índice de Serviciabilidad final.

Mr: Resistencia a la flexión o Módulo de rotura promedio del concreto hidráulico a los 28 días en Mpa.

C_d: Coeficiente de drenaje.

J: Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.

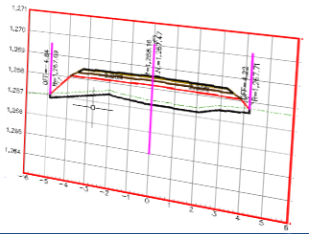
E_c: Módulo de elasticidad del concreto en Mpa.

K: Módulo de reacción del conjunto de apoyo de la losa en Mpa/m.

<u>Variables de Diseño.</u>

Dentro de las variables del diseño, se pueden considerar:

a) Tránsito



El tránsito para la metodología ASSHTO se cuantifica por medio del Número de ejes simples de rueda doble equivalentes de 8.2 Ton, que se esperan a lo largo de la vida útil estimada para el carril de diseño.

Para éste proyecto el número de ejes equivalentes a 8.2 Ton es de: Vías urbanas . $N_{\text{ejes equivalentes a 8.2 Ton}} = 302921 = 30{,}2921 * 10^4$ ejes para diseño

.

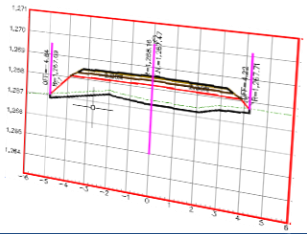
Tabla. 7 Cálculo de ejes equivalentes de 8.2 ton por año en el carril de diseño

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2. TONELADAS POR AÑO EN EL CARRIL DE DISEÑO

Numero de Carriles por sentido:	**1**
Factor de Direccional según ancho de calzada :	**0.5**
Factor de Distribución por carril:	**1**

AÑO	BUSETAS		CAMIONES								TPD TOTAL	TOTAL EJES EQUIVALENTES ACUM
	SISTEMA ACTUAL		C2P		C2G		C3		>C5			
	FD 0.21		FD 0.28		FD 3.82		FD 8.93		FD 11.9			
	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	(*)	
2021												
2022	3463	364	4329	606	1299	2480	866	3866	866	5151	10822	12467
2023	6995	735	8744	1224	2623	5011	1749	7809	1749	10406	21861	25184
2024	10599	1113	13248	1855	3974	7591	2650	11831	2650	15765	33120	38155
2025	14274	1499	17842	2498	5353	10223	3568	15933	3568	21232	44605	51385
2026	18022	1892	22528	3154	6758	12908	4506	20117	4506	26808	56319	64880
2027	21846	2294	27307	3823	8192	15647	5461	24385	5461	32496	68268	78645
2028	25746	2703	32182	4506	9655	18440	6436	28739	6436	38297	80456	92685
2029	29724	3121	37155	5202	11146	21290	7431	33179	7431	44214	92887	107006
2030	33781	3547	42227	5912	12668	24196	8445	37709	8445	50250	105567	121613
2031	37920	3982	47400	6636	14220	27160	9480	42328	9480	56406	118500	136513
2032	42142	4425	52677	7375	15803	30184	10535	47041	10535	62686	131693	151710
2033	46448	4877	58060	8128	17418	33268	11612	51847	11612	69091	145149	167211
2034	50840	5338	63550	8897	19065	36414	12710	56750	12710	75624	158874	183023
2035	55320	5809	69150	9681	20745	39623	13830	61751	13830	82288	172874	199151
2036	59889	6288	74861	10481	22458	42896	14972	66851	14972	89085	187153	215601
2037	64550	6778	80688	11296	24206	46234	16138	72054	16138	96018	201719	232380
2038	69304	7277	86630	12128	25989	49639	17326	77361	17326	103090	216575	249495
2039	74153	7786	92692	12977	27807	53112	18538	82774	18538	110303	231729	266952
2040	79100	8305	98874	13842	29662	56655	19775	88295	19775	117661	247186	284758
2041	84145	8835	105181	14725	31554	60269	21036	93926	21036	125165	262952	302921

El número de ejes equivalentes para el diseño de pavimentos corresponde al número de ejes obtenidos del cálculo de la demanda futura más el número de ejes del tránsito de construcción.



TRÁNSITO DE CONSTRUCCIÓN					
Estructura de pavimento					
Material	**Cantidad (m^3)**	**Factor de Exp**	**Cantidad final**	**Volumen Volqueta (m^3)**	**Número de Volquetas (C2g)**
Mejoramiento	0.0	1.25	0	14	0
Sub-base granular	1200.00	1.25	1500	14	107
Material Arena	1367.00	1	1367	14	98
Material gravilla	1367.00	1	1367	14	98
				Total	**303**
			FD = 8.93	**Ejes equivalentes**	**2706**
Excavación					
Excavaciones	**Cantidad (m^3)**	**Factor de Exp**	**Cantidad final**	**Volumen Volqueta (m^3)**	**Número de Volquetas (C2g)**
Corte para vía	3600.00	1.3	4680	14	334
Corte para andenes	0.00	1.3	0	14	0
				Total	**334**
			FD = 8.93	**Ejes equivalentes**	**2983**
				Total	**5,689**

Ejes Equivalentes de diseño de 8.2 Ton= 302921 +8395 = 31.1316* 10^4 ejes para diseño

Para este proyecto el número de ejes equivalentes a 8.2 Ton es de: N ejes equivalentes a 8.2 Ton= 311316 = 31.1316* 10^4 ejes para diseño

b) Serviciabilidad

P_o = 3.0. Estimado para pavimentos rígidos, determina la condición del pavimento después de la construcción.

P_f = 1.5 Relacionada con la condición que se espera que tenga el pavimento al final de su vida útil.

$\Delta PSI = P_o - P_f = 1.5$

c) Confiabilidad

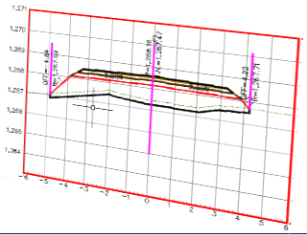


Tabla 2.10 Valores del coeficiente de desviación estándar de acuerdo a la confiabilidad.

Confiabilidad	Valor de Zr
50%	0
85%	1.037
90%	1.282
95%	1.645
99%	2.327

Fuente: elaboración propia

Fuente: Tabla 2.10 del manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS

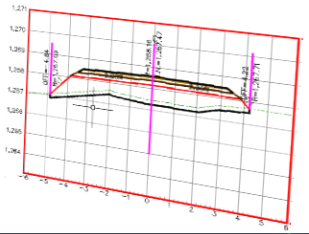
Para este proyecto y por tratarse de la reposición y ampliación de pavimentación urbana municipio de ALTAMIRA departamento del Huila se tomará un nivel de confianza del 90% para el cual se obtiene un Zr = 1.282, asumiendo una distribución normal para la diferencia del tránsito real con el estimado. El valor del error estándar depende de la confiabilidad con la cual se realizó el análisis del tránsito, ya que se trabajó con una confiabilidad del 90% se toma como valor de error estándar de 1.282.

d) Condiciones de Drenaje

La AASHTO en sus premisas de diseño para pavimentos rígidos, le da importancia a la influencia del agua en la resistencia de los materiales granulares, mediante el coeficiente de drenaje C_d; se obtienen teniendo en cuenta la calidad del drenaje y el tiempo de permanencia del agua en la estructura del pavimento.

En la siguiente tabla se muestran los valores de los coeficientes de drenaje en función de la calidad de drenaje y % de tiempo en la que la estructura está próxima a la saturación.

Tabla.28 Valores de los coeficientes de drenaje



Calidad del Drenaje	% de Tiempo en que la estructura está próxima a la saturación			
	< 1%	1 % - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 -1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 0.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Aceptable	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.08 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Debido a que la pluviosidad de la zona del proyecto es media, el tiempo de saturación se considera entre 5% y 25%. Para este valor y para una calidad de drenaje asumido como bueno, el coeficiente de drenaje será de C_d = 1,0

e) Coeficiente de Transmisión de Carga.

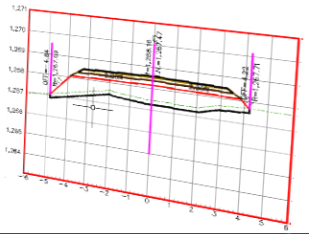
Este factor tiene en cuenta la capacidad que tiene el pavimento de concreto para transmitir las cargas a través de las discontinuidades en las juntas o en las grietas; el valor depende del tipo de pavimento (tipo de trasmisión de cargas), y a la presencia y tipo de material de la berma en el pavimento. El coeficiente se puede determinar a través de la siguiente tabla:

Tabla.29 Coeficiente de transmisión de carga

Coeficiente trasmisión de cargas.	BERMA	FLEXIBLE		DE CONCRETO	
	Pasadores en los Pavimentos	Si	No	Si	No
Tipo de Pavimento	1. En masa o reforzado con juntas.	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
	2. Reforzado continúo.	2.9 - 3.2	-	2.3 - 2.9	-

Como se determinó para el procedimiento de la PCA, la estructura de pavimento contará con bermas. Tendrá presencia de barras para la transmisión de cargas en las juntas de las losas. Entre las recomendaciones del método se sugiere tomar los valores más altos para vías con altos tráficos y para vías de bajo volumen de tráfico tomar los más bajos. Debido que para este proyecto la vía tiene un volumen bajo de tráfico se tomará como coeficiente de trasmisión de carga el valor de: J = 2.6

f) Caracterización de los Materiales



Características del Concreto Hidráulico

Se debe estimar la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días, para este proyecto, se tendrá un módulo de rotura de 42 Kg/cm^2, equivalente a 4.2 Mpa; además del módulo de rotura del concreto, se debe evaluar su módulo de elasticidad, el cual se determina a partir de la resistencia a la compresión del concreto, la cual se determina a partir de la siguiente expresión:

$$M_R = 2{,}4\sqrt{f'_c} \Rightarrow f'_c = \left(\frac{M_R}{2{,}4}\right)^2 = \left(\frac{42}{2{,}4}\right)^2 = 306.25\ {}^{Kg}/_{cm^3}$$

El módulo de elasticidad se determina a partir de la siguiente expresión:

$$E = 17500\sqrt{f'_c} = 17500\sqrt{306.25} = 306250\ {}^{Kg}/_{cm^2} \approx 4355898psi$$

g) Módulo de la Subbase

El valor de CBR de diseño es de 22 obtenido de tomar el valore del percentil 50% del ensayo de resistencia método I. Pero teniendo en cuenta el espesor asumido de la capa de mejoramiento de 10 cm con el objeto de mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante natural existente y una vez aplicadas las metodologías se obtuvo un valor de CBR de diseño de 7.3%

Esubr = 731, 60 Kg/cm^2 = 10974 (lb/ pulg^2)

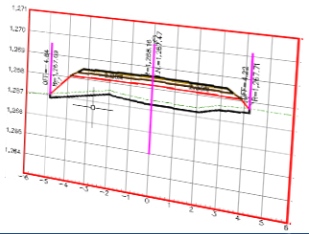
h) Determinación del Módulo de Reacción del Conjunto

K subrasante / subbase: 55.80 Mpa/m =203.67 (lb/pulg3) para un espesor de subbase granular de 15cm

i) Determinación del Espesor de la Losa:

Teniendo ya definidas todas las variables se procede con la determinación del espesor de la losa del pavimento que se necesita, con la ayuda del programa de la AASHTO se determina dicho valor.
Datos de Entrada:

- N° Ejes Equivalentes: 31.1316x 10^4 Ejes Equivalentes.



- Índice de Serviciabilidad Inicial: 3.0
- Índice de Serviciabilidad Final: 1.5
- Confiabilidad Zr: 1.282
- Error Estándar Combinado S_o: 0.35
- Módulo de Reacción del Conjunto: 55.58 Mpa/m
- Módulo de Elasticidad del Concreto: 306250 kg/m2
- Coeficiente de Drenaje C_d: 1.0
- Coeficiente de Trasmisión de Carga J: 2.8
- Módulo de Rotura M_R: 4.2 mpa

Utilizando el programa de la AASHTO se tienen los siguientes espesores de losa:

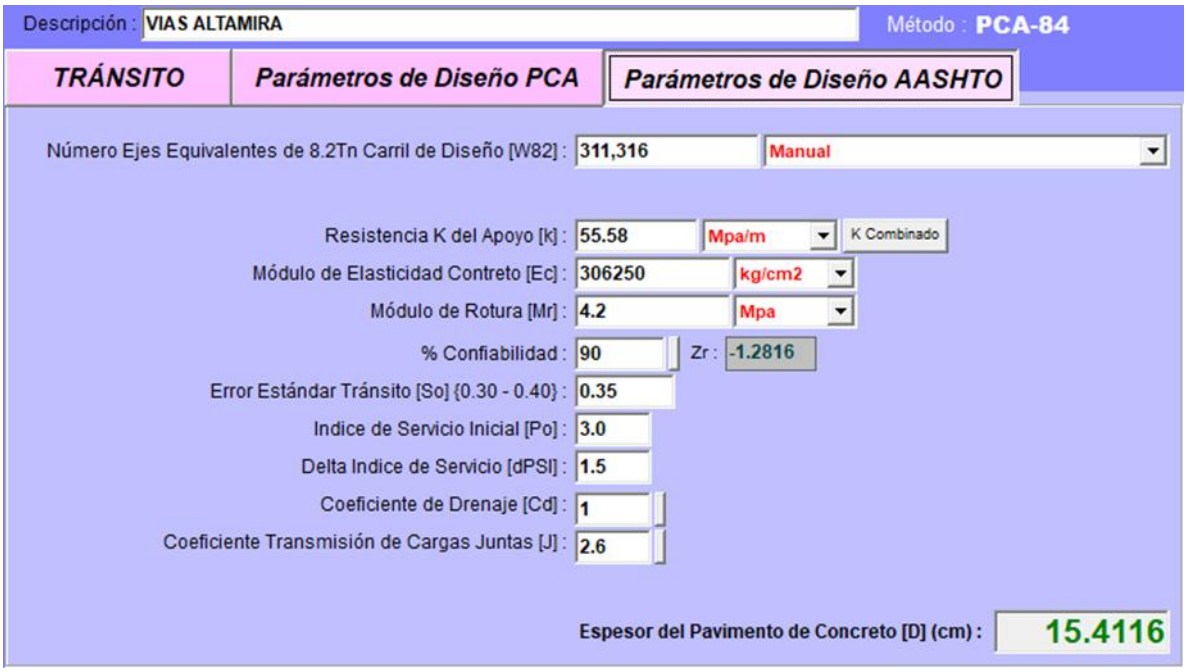
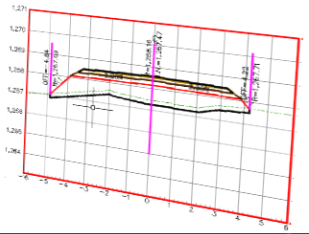


Tabla.30 Espesores mínimos según metodología AASHTO



UBICACION	ESPESOR MINIMO (cm)
REPOSICION Y AMPLIACION DE PAVIMENTACION URBANA MUNICIPIO DE ALTAMIRA DEPARTAMENTO DEL HUILA	15.41

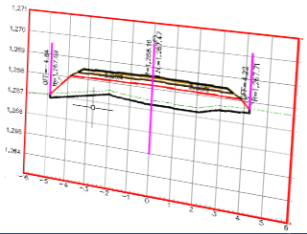
La estructura de pavimento propuesta para la reposición y ampliación de pavimentación urbana municipio de ALTAMIRA departamento del Huila, teniendo en cuenta los efectos de fatiga y erosión con un espesor de losa es de 17 cm calculados por medio la metodología de la PCA. Y el valor mínimo exigido teniendo en cuenta el número de ejes equivalentes por año en el carril de diseño y características del diseño por metodología AASHTO es de 15.41 cm, por tanto, se adopta como espesores de diseño los calculados por la metodología de la PCA.

1.10. CONCLUSIONES

- El material encontrado bajo la carpeta asfáltica y losa de concreto presenta una composición heterogénea de acuerdo al estudio de suelos, lo cual limita su uso directo en capas estructurales. Por tanto, se recomienda que los materiales de los estratos artificiales sean extraídos, acopiados y homogenizados mediante mezcla mecánica controlada, eliminando elementos orgánicos, residuos plásticos, o materiales no aptos para uso estructural, de modo que se obtenga una materia prima representativa y controlada que pueda ser considerada como alternativa para ser utilizada como mejoramiento de la subrasante y subbase granular; Asimismo, se debe realizar un estudio previo y confirmar que el material cumple con las especificaciones técnicas establecidas por el INVIAS, de acuerdo con el uso previsto; de este modo se asume como capa de mejoramiento en material granular de la misma vía tipo suelo seleccionado que cumple de acuerdo con norma INV 220-22 de espesor 10 cm para diseño por la PCA, NO SE ESTABLECE LA CAPA DE MEJORAMIENTO PARA EL TEMA PRESUPUESTAL

  Artículo 230-22 – Mejoramiento de subrasante con adición de materiales
  Artículo 330-22 – Subbase granular

- Los suelos registrados corresponden a suelos natural: arena con trazas de limo y arcillas inorgánicas y presencia de gravas (SM-SC). Los suelos de subrasante de la vía en estudio registrados son gravas y arenas con trazas de limo inorgánico de baja compresibilidad, con



índices de plasticidad y limites líquidos que los califican con un potencial de expansión de bajo.

- De la evaluación de suelos hecha con los indicadores de consistencia y liquidez, se tiene lo siguiente:

  Los apiques, tienen humedad natural menor al límite líquido, el suelo no se encuentra en estado líquido. El valor de índice de liquidez <1.0, indica los suelos no tienen un comportamiento de líquido-viscoso. El valor de índice de consistencia >0, indica que los suelos tienen humedad natural menor al límite líquido, el suelo no se encuentra en estado líquido

- El valor de soporte definido en el diseño del pavimento nuevo mediante el CBR de laboratorio es de:

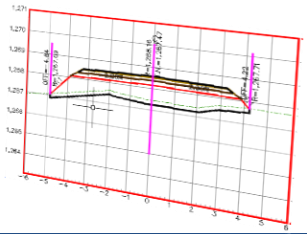
$$CBR_{DISEÑO} = 22$$

- El valor de soporte definido en el diseño del pavimento nuevo mejorado mediante el CBR teniendo en cuenta la Metodología Ivannot es de:

$$CBR_{DISEÑO} = 7.3$$

- El grado de plasticidad encontrado nos indican que los suelos no son susceptibles a desarrollar fenómenos contracto – expansivos; además se trata de subrasante constituida por suelos con gravas y arenas con trazas de limo inorgánico de baja compresibilidad ; esto quiere decir que los tramos de vía a intervenir no son susceptibles a cambios bruscos de volumen que pueden afectar el comportamiento de la estructura proyectada, sin embargo, se debe controlar el nivel de aguas dentro de la estructura de pavimento.
  Los reportes no presentan expansiones cerca el máximo permitido del 2%, lo que indica que no presentan potencial de expansión; sin embargo se recomienda asumir y generar una capa de mejoramiento en material granular tipo suelo seleccionado de acuerdo con norma INV 220-22 de espesor 10 cm en toda el área de estacionamiento colocada sobre un geotextil tejido T2400 que va directamente sobre la subrasante natural, de esta forma se pretende conformar una superficie que servirá de apoyo uniforme a la estructura de pavimento a plantear.

- Para efectos del diseño de pavimento rígido se emplea el espectro de cargas obtenido a partir de las cargas recomendadas por el Ministerio de Transporte, y la incorporación del TPDs encontrado para las vías CARRERA 4 ENTRE CALLES 2 Y CALLE 7, CARRERA 3 ENTRE CALLES 3 Y CALLE 7, CARRERA 2 ENTRE CALLES 3 Y CALLE 8, CALLE 3 ENTRE CARRERAS 3 Y 4, CALLE 7 ENTRE CARRERAS 3 Y 6,



CALLE 8 ENTRE CARRERAS 2 Y 3, CALLE 4 ENTRE CARRERA 5 Y 6, CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 6, CARRERA 5 ENTRE CALLES 7 Y 8 ; para ello fue necesario la realización de una evaluación del tránsito teniendo en cuenta el uso que tendrá la vía, se tiene principal cuidado con los vehículos de carga pesada (C2P, C2G, C3, C4, C5, >C5), tales como: rutas escolares, buses municipales, vehículos de recolección de basuras y vehículos livianos, volquetas ante la posible transito atraído y construcción, etc .

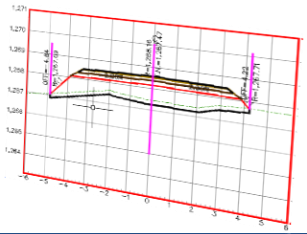
Los requisitos de los materiales están dados según las Especificaciones de Construcción del Instituto Nacional de Vías, así:

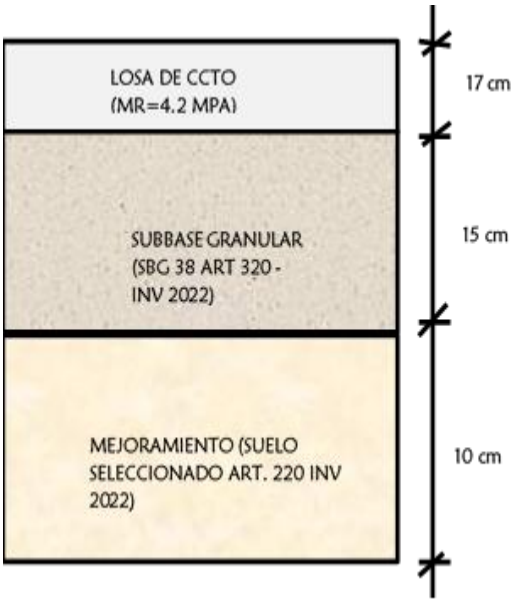
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	ESPECIFICACIÓN INVIAS
Subbase granular	Artículo 330–22
Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales	Artículo 230-22
Concreto rígido	Artículo 500-22

La estructura de pavimento en concreto hidráulico recomendado por la metodología de la PCA, involucrando lo siguiente: a) pasadores de transferencia en las juntas que permitan la adecuada transferencia de carga; b) bordillos laterales que asimilan la presencia de bermas protegidas; c) capa de mejoramiento para proveer un soporte homogéneo para efectos de diseño y servicio, se define así:

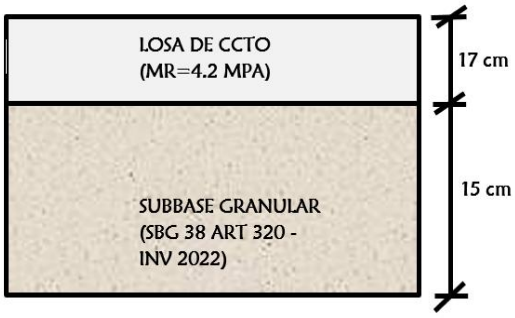
Estructura de pavimento tipo rígido

UBICACIÓN	CONSUMOS (%)		ESTRUCTURA (cm)		
	FATIGA	EROSIÓN	ESPESOR LOSA	SUB BASE GRANULAR	CAPA DE MEJORA MIENTO
REPOSICION Y AMPLIACION DE PAVIMENTACION URBANA MUNICIPIO DE ALTAMIRA DEPARTAMENTO DEL HUILA	79.43	5.44	17	15	10





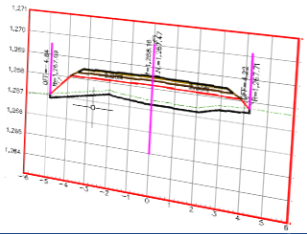
ESTRUCTURA DE DISEÑO



ESTRUCTURA DE CONSTRUCCION

- La estructura de pavimento propuesta para las vías CARRERA 4 ENTRE CALLES 2 Y CALLE 7, CARRERA 3 ENTRE CALLES 3 Y CALLE 7, CARRERA 2 ENTRE CALLES 3 Y CALLE 8, CALLE 3 ENTRE CARRERAS 3 Y 4, CALLE 7 ENTRE CARRERAS 3 Y 6, CALLE 8 ENTRE CARRERAS 2 Y 3, CALLE 4 ENTRE CARRERA 5 Y 6, CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 6, CARRERA 5 ENTRE CALLES 7 Y 8 en el Municipio de ALTAMIRA, teniendo en cuenta los efectos de fatiga y erosión con un espesor de losa es de 17 cm calculados por medio la metodología de la PCA. Y el valor mínimo exigido teniendo en cuenta el número de ejes equivalentes por año en el carril de diseño y características del diseño por metodología AASHTO es de 15.41 cm, por tanto se adopta como espesores de diseño los calculados por la metodología de la PCA.

1.11. RECOMENDACIONES



➔ PAVIMENTO RÍGIDO:

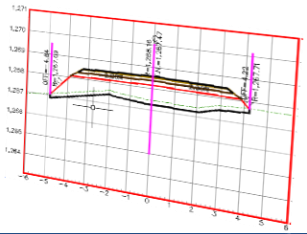
Para su construcción es necesario preparar el terreno natural, la capa de sub-base y la preparación de la mezcla de concreto para lograr la capacidad estructural de acuerdo al diseño planteado. Para este tipo de pavimento en particular los requisitos pueden variar considerablemente dependiendo del tipo de suelo de la subrasante, de las condiciones ambientales y de la cantidad de tráfico pesado.

Cualquiera que sea el caso, el objetivo deberá ser el poder obtener una condición de apoyo uniforme para el pavimento durante toda la vida útil de este.

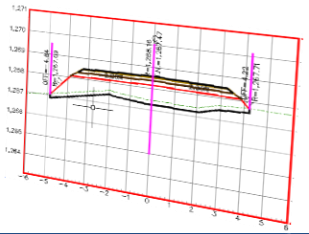
A continuación, se presentan sus principales pasos constructivos.

- Con el fin de mejorar la capacidad portante de la subrasante natural se plantea la colocación de una capa de mejoramiento de 10 cm a lo largo de la vía a intervenir, teniendo en cuenta las Especificaciones de Construcción del INVIAS Articulo 230 - 22.
- Preparación y acabado (conformación y compactación) de la subrasante.
- Proporcionar una capa de sub-base granular, conformada y compactada.
- Colocación de formaletas.
- Instalación de juntas:
  Para las juntas transversales de construcción y expansión, es necesario colocar pasadores de carga, estos deben ser de acero liso de diámetro igual a 7/8” de pulgada, una longitud de 35 cm y espaciados centro a centro 30 cm.
  Las barras usadas en las Juntas Longitudinales, deben ser de acero corrugado de ½ pulgada de diámetro, longitud 85cm y espaciadas aproximadamente cada 120 cm para carriles.
- Dosificación de agregados y cemento.
- Mezclado y colocación del concreto, el espesor de las losas proyectadas es variable según los presentados en las conclusiones, con Módulo de Rotura mínimo de 4.2 Mpa.
- Extendido y acabado del concreto.
- Para dar al servicio el pavimento rígido, se deben sellar las juntas y verificar que la resistencia del concreto esté cercana al módulo de rotura especificado, para evitar la fisuración después del proceso constructivo. Para lograr lo anterior se recomienda un buen curado del concreto y un programa de control de calidad.
  Para el buen desarrollo de la construcción del pavimento rígido, se ha de tener en cuenta las recomendaciones consignadas en las Normas Para Construcción de Carreteras en su aparte del Artículo 500-22.

  La finalidad es proporcionar una condición de apoyo uniforme y una estructura de rodamiento que permita darle al usuario un manejo confortable durante toda su vida útil acorde a los lineamientos del diseño considerado.



- Por las características de la región, subrasante de suelos arena con trazas de limo y arcillas inorgánicas y presencia de gravas (SM-SC) en toda la longitud de las vías y pluviosidad media, es recomendable prever la necesidad de efectuar aislamiento de la estructura de pavimento diseñada, para tal efecto puede establecerse la colocación de un geotextil tejido T 2400 para separación de los materiales granulares con la subrasante natural existente, como capa adicional a la estructura. Este geotextil se prevé colocarlo en toda la longitud de la vía objeto del proyecto. que va directamente sobre la subrasante natural, de esta forma se pretende conformar una superficie que servirá de apoyo uniforme a la estructura de pavimento a plantear, debido a que estos suelos expansivos normalmente cambian las condiciones volumétricas con los cambios de agua, que con el tiempo se ven en vacíos dentro de la masa de suelo presentando hundimientos, escalonamientos en superficie que deterioraran fácilmente la losa de pavimento rígido, debido a que ella quedará sin soporte nivelado; además, se recomienda mantener la subrasante expuesta el menor tiempo posible para evitar cambios volumétricos excesivos que atrasen el avance y rendimiento de las obras a realizar. Esta medida será evaluada en su momento por el constructor, dependiendo de las condiciones que se tengan en el momento de la construcción de la misma, de igual forma puede implementarse en sitios puntuales.
- El principal criterio para que los pavimentos tengan la funcionalidad prevista en los diseños es el manejo integral de las aguas. La capacidad de soporte de los suelos será aceptable siempre y cuando se mantengan protegidos y secos.
- La correcta función de los sistemas de acueducto y alcantarillado, es indispensable para asegurar la estabilidad del pavimento en los periodos de diseño, pues las filtraciones que se produzcan al terreno repercutirán de manera muy desfavorable en la correcta funcionalidad de las calzadas. Esta situación ha sido constatada con la destrucción del pavimento en varias vías de diferentes ciudades del país. Adicionalmente, se requiere el mantenimiento periódico de estos alcantarillados, una vez sean construidos.
- Teniendo en cuenta que el contenido de humedad es el principal factor que origina cambios de volúmenes en suelos expansivos, es obvio pensar que, si el material se aísla de los cambios volumétricos, el cambio de volumen puede reducirse o minimizarse. La minimización de los cambios en los contenidos de agua es, sin duda, un aspecto muy importante; por lo tanto, el drenaje debe manejarse adecuadamente.
- Para los pavimentos en concreto hidráulico, es necesario dar atención adecuada a los materiales, a los métodos de producción, manipulación, al vaciado, a la protección y al curado, para evitar temperaturas excesivas en el concreto o la correspondiente evaporación de agua, que pudieran perjudicar la resistencia requerida o generar fisuramiento prematuro en las losas recién construidas.
- El extendido en temperaturas altas requiere una atención particular con relación a la desecación superficial y a la fisuración. Entre mayor sea la temperatura inicial del concreto, más se abrirán las fisuras de las juntas, debido a la retracción térmica. Deben



tomarse todas las precauciones que conduzcan a la disminución de la temperatura del concreto, lo cual favorece la durabilidad de la estructura.

- ➔ Cuando se presente una desecación superficial rápida con un deterioro en las propiedades mecánicas del mortero en la superficie, debe realizarse una buena aplicación del curado o debe aplicarse un refuerzo del mismo mediante una segunda capa.
- ➔ En términos generales, no se recomienda la colocación de concreto cuando exista una temperatura ambiente superior a 30°C y una humedad relativa inferior al 40%, ya que esto representa condiciones desfavorables para el fraguado y transporte del concreto o un riesgo de fisuración prematura.

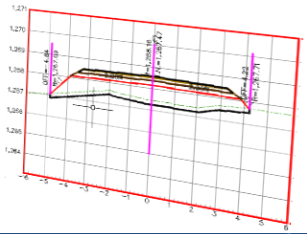
PROCESO CONSTRUCTIVO PAVIMENTO RÍGIDO

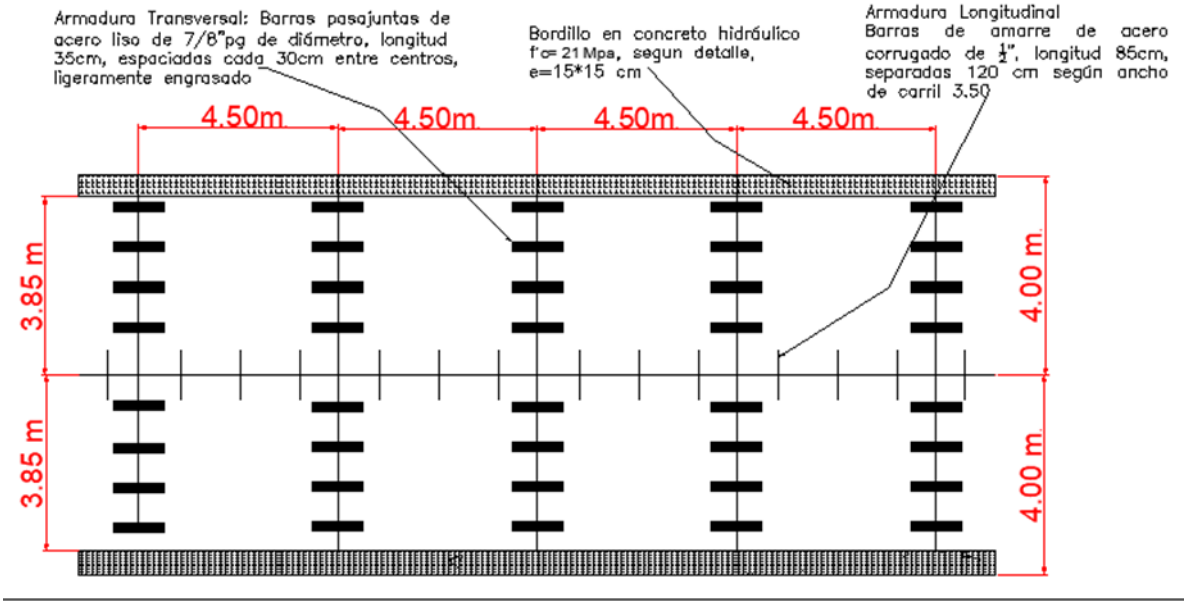
Formaletas

- El tipo de formaleta depende del equipo a utilizar, ya que si se hace con máquina de formaleta deslizante no será necesario su empleo.
- Su altura debe corresponder al espesor de la losa de concreto.
- Estas se deben colocar directamente en la base del pavimento, verificando los niveles y geometría del diseño con ayuda de mediciones de topografía. Al tener su ubicación final se deben afianzar con estacas metálicas.
- La rigidez vertical y transversal debe ser la suficiente para que, bajo el peso de los equipos, no se produzca ninguna deflexión.
- Se debe limpiar y engrasar la formaleta antes del vaciado.
- Un buen acabado de las losas dependerá de un cuidadoso desencofrado. Este se puede realizar cuando el concreto este lo suficientemente endurecido, lo cual quedara a criterio del constructor el momento preciso para llevarlo a cabo.
- Luego de retirada la formaleta se debe curar los hombros de las losas con prontitud.

Colocación acero de refuerzo

Se debe colocar el acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento de acuerdo al diseño del proyecto (ver Según planos constructivos del proyecto de acuerdo al ancho de carril), dándole una disposición como se muestra en la ilustración, ejemplo de ancho de carril 4.0 m .

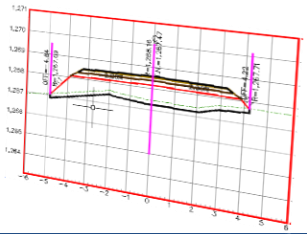




Las barras de amarre (Juntas Longitudinales), las cuales se utilizan con el propósito de evitar el corrimiento y/o desplazamiento de las losas, deben ser de acero corrugado, y deben quedar ahogadas en la mitad de la losa. El diámetro de estas varía entre 3/8", ½" 5/8". Se utilizarán para este proyecto ½", 60000 psi

Tabla.31 Longitud y diámetro de barras de amarre

Espesor .de losa (cm)	Barras de d = 3/8 pg.				Barras de d = 1/2 pg.				Barras de d = 5/8 pg.			
	longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)		
		3.05 m	3.35 m	3.65 m		3.05 M	3.35 m	3.65 m		3.05 M	3.35 m	3.65 m
Acero de fy = 1875 kgf/cm^2 (40.000 Psi)												
15.0	45	80	75	65	60	120	120	120	70	120	120	120
17.5		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20.0		60	55	50		105	100	90		120	120	120
22.5		55	50	45		55	85	80		120	120	120
25.0		45	45	40		85	80	70		120	120	120
Acero de fy = 2.800 kgf/cm^2 (60.000 Psi)												
15.0	65	120	110	100	85	120	120	120	100	120	120	120
17.5		105	95	85		120	120	120		120	120	120
20.0		90	80	75		120	120	120		120	120	120



Espesor .de losa (cm)	Barras de d = 3/8 pg.				Barras de d = 1/2 pg.				Barras de d = 5/8 pg.			
	longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)		
		3.05 m	3.35 m	3.65 m		3.05 M	3.35 m	3.65 m		3.05 M	3.35 m	3.65 m
22.5		80	75	65		120	120	120		120	120	120
25.0		70	65	60		120	115	110		120	120	120

Nota: Cuando se empleen barras de acero liso, las longitudes dadas en la tabla se multiplicarán por 1.5. Fuente: ICPC

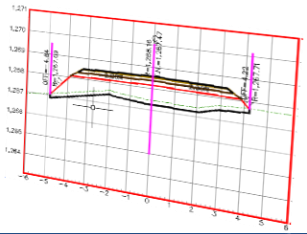
Las barras pasa juntas (juntas transversales, de construcción y de expansión) deben ser de acero liso completamente engrasadas. También se debe garantizar su paralelismo entre ellas y a su vez, la perpendicularidad a la superficie lateral de la losa.

La longitud y el diámetro de las barras pasa juntas, dependerán del espesor de la losa. Cuando el pavimento necesite pasadores en las juntas transversales, estos se escogerán de la siguiente tabla, de acuerdo a las recomendaciones de la PCA.

Tabla.32 Longitud y diámetro de barras pasajuntas

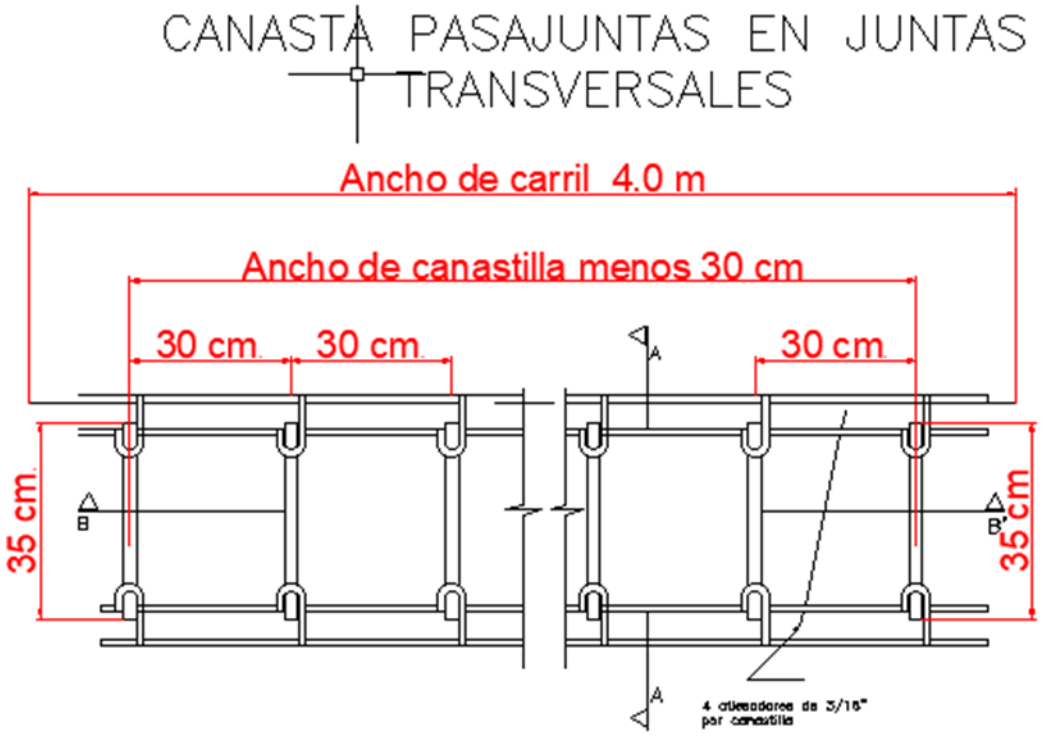
Espesor de losa	Diámetro del pasador		Longitud total	Separación entre centros
(cm)	(cm)	(pg.)	(cm)	(cm)
- 10	1.27	½	25	30
11 - 13	1.59	5/8	30	30
14 - 15	1.91	¾	35	30
16 - 18	2.22	7/8	35	30
19 - 20	2.54	1	35	30
21 - 23	2.86	1 1/8	40	30
24 - 25	3.18	1 1/4	45	30
26 - 28	3.49	1 3/8	45	30
29 - 30	3.81	1 1/2	50	30

Fuente: ICPC



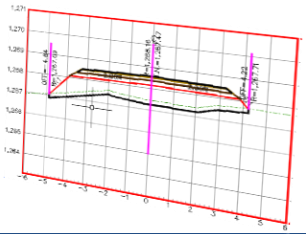
Las barras pasa juntas podrán ser instaladas en la posición indicada por medios mecánicos, o bien para garantizar su adecuada colocación es recomendable utilizar una canastilla de pasadores, las cuales se esquematizan en la siguiente imagen. Estas deberán asegurar las pasa juntas en la posición correcta durante el colocado y acabado del concreto, mas no deberán impedir el movimiento longitudinal de la misma.

Figura.5 Vista en planta de canastilla de pasadores



Se debe colocar el acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento de acuerdo al diseño del proyecto (ver Según planos constructivos del proyecto de acuerdo al ancho de carril), dándole una disposición como se muestra en la ilustración.

Figura.6 Corte A-A de canastilla de pasadores



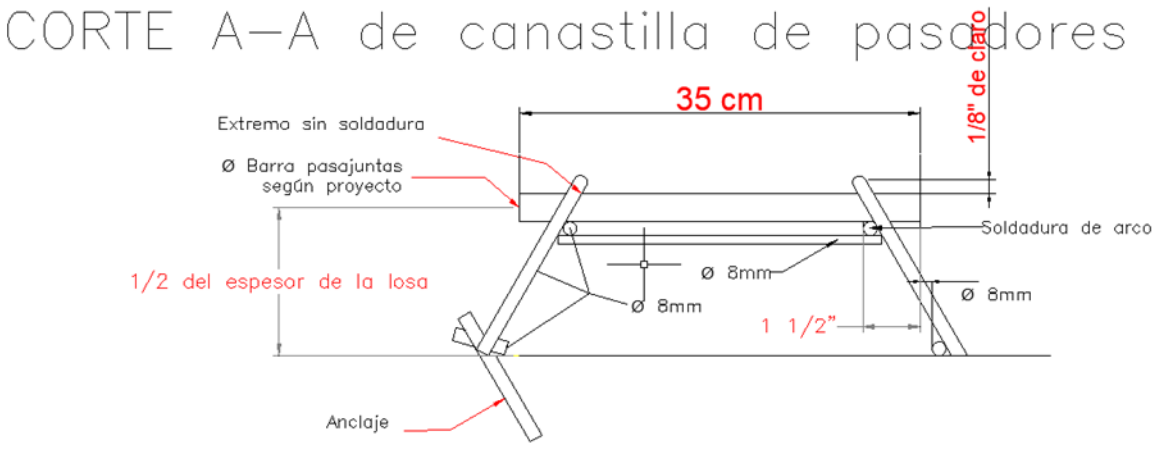
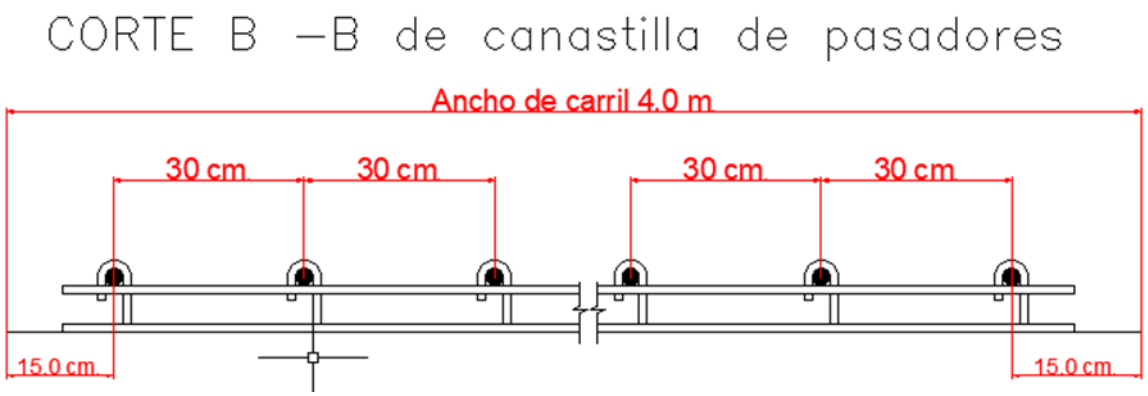


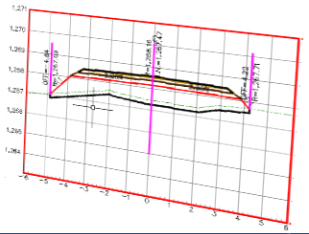
Figura.7 Corte B-B de canastilla de pasadores



Se debe colocar el acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento de acuerdo al diseño del proyecto (ver Según planos constructivos del proyecto de acuerdo al ancho de carril), dándole una disposición como se muestra en la ilustración.

Algunas recomendaciones sobre la instalación de las canastillas:

- Las barras pasa juntas deben ser biseladas y deben estar engrasadas.
- No olvidar cortar los rigizadores de las canastillas.
- No introducir las barras pasa juntas manualmente.
- Se debe realizar un buen anclaje de la canastilla para que no sea movida por el empuje del concreto, el cual debe ser contrario a la descarga.



- Cuando la vía supera los dos carriles se debe considerar la utilización de pasa juntas en las juntas longitudinales.
- Es importante marcar el sitio donde se colocan las canastillas para su posterior corte.

Extendido del concreto con regla vibratoria

- Este equipo requiere concreto de asentamiento entre 7 y 10 cm y se recomienda su utilización cuando el espesor de la losa de concreto es menor a 20 cm.
- La altura de vertimiento debe ser menor a 1 metro.
- El concreto debe quedar un poco rebosante, con el fin de tener material para esparcir, vibrar y compactar.
- Verificar el asentamiento del concreto.
- Utilizar un equipo adecuado y en buen funcionamiento.
- Aceitar la regla antes del vaciado del concreto.
- Realizar un vibrado previo con vibradores de aguja.

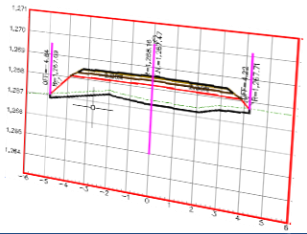
Extendido del concreto con rodillos vibratorios

- Este equipo requiere concreto de asentamiento entre 7 y 10 cm y es recomendable su utilización en losa de espesores entre 10 y 30 cm.
- La altura de vertimiento debe ser menor a 1 metro.
- El concreto debe quedar un poco rebosante, con el fin de tener material para esparcir, vibrar y compactar.
- El rodillo que vibra debe estar separado por lo menos 3 mm por encima de la formaleta, para que la vibración no sea transmitida a la formaleta.
- Los rodillos deben estar bien alineados.
- Realizar un vibrado previo con vibradores de aguja.

Extendido del concreto con formaleta deslizante

- Este equipo requiere concreto de asentamiento entre 2 y 5 cm y se puede utilizar en losas de espesores 10 cm en adelante.
- Es importante la alineación del hilo guía valiéndose de mediciones de topografía para su correcta ubicación
- Se debe realizar con prontitud el curado de los bordes.
- Revisar los niveles entre fundidas y los empalmes.

Flotado del concreto



- El flotado debe ser en sentido transversal.
- No llevar la flota hasta los bordes de la losa.
- Se deben corregir las imperfecciones antes del fraguado del concreto.
- No aplicar agua para mejorar el acabado del concreto.
- Utilizar llanas más pequeñas para los espacios como esquinas y bordes.

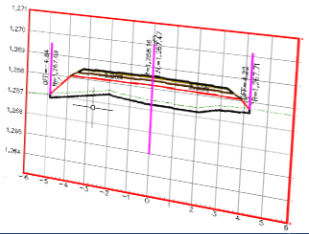
Texturizado del concreto

- La técnica del micro texturizado se debe realizar en sentido longitudinal.
- El costal o tela utilizado para la micro textura del concreto debe ser menor que el ancho de la losa para evitar daños en los bordes. Este debe estar húmedo y sin costuras.
- El macro texturizado se debe realizar en sentido transversal y cuando el concreto este lo suficientemente plástico, pero lo suficientemente seco para evitar el flujo de concreto hacia el surco.
- La separación de los dientes del cepillo para el texturizado normalmente es de 20 mm, el grosor de 3 mm y la profundidad de las huellas debe estar entre 3 y 6 mm.
- Es recomendable en el momento del macro texturizado el cepillo debe estar a unos 45° con respecto a la superficie del concreto para evitar el arrastre de los agregados.
- El macro texturizado no se debe realizar en las juntas transversales para evitar los desportillamientos.
- Valerse de plásticos para realizar la macro textura en las curvas.

Curado del concreto

- Para mantener la adecuada humedad del concreto en el proceso de curado, se puede recurrir a métodos como la inundación, rociado, vapor o cubiertas de materiales saturados como tejidos de fique, paja, aserrín entre otros. También se puede utilizar membranas curadoras como ceras, resinas y solventes, las cuales deben cumplir la norma ASTM C 309. Tipo 2
- Al utilizar un compuesto curador generalmente se requiere unos 200 g/m2, el cual debe ser aplicado con atomizador. Es importante garantizar una aplicación uniforme.
- El compuesto debe aplicarse cuando al concreto se le haya desaparecido el agua libre sobre la superficie y haya perdido su brillo superficial.
- En el momento de retirar la formaleta se debe aplicar el compuesto a los hombros de la losa.
- En climas adversos se debe recurrir a la utilización de retardantes de evaporación.

Juntas



Las juntas son parte esencial de los pavimentos, ya que son superficies de falla controladas, que se han diseñado previamente logrando así efectos estéticos y funcionales deseables.

Juntas de Contracción:

Cuando el extendido del concreto se realiza carril por carril la junta longitudinal será coincidente con la junta de construcción, por lo cual no será necesario inducir la fisuración por medio de cortes. Pero, cuando el ancho del extendido corresponde a dos carriles o más, se deberá inducir la fisuración de la junta longitudinal por medio de cortes antes de las 48 horas de haberse colocado el concreto e incluso antes de las 24 horas si existe un alto riesgo de fisuración. La profundidad del corte será igual a 1/3 del espesor de la losa.

La carga entre losas adyacentes se transfiere mecánicamente por pasadores de carga principalmente. En los casos de tráfico bajo, la transferencia puede realizarse mediante trabazón de agregados. Las juntas longitudinales se hacen en el límite de las vías de circulación teniendo en cuenta la ubicación de la señalización horizontal que se colocará posteriormente (no deben colocarse juntas sobre las bandas de pintura).

En las zonas donde puedan presentarse deformaciones del suelo por cambios de humedad, deben colocarse barras de refuerzo en las juntas longitudinales de unión durante la construcción.

En la Figura se esquematizan las juntas de contracción.

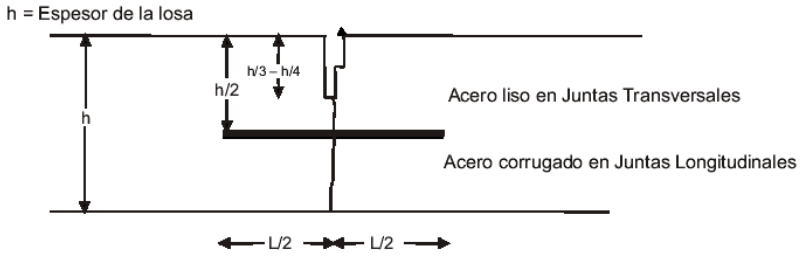
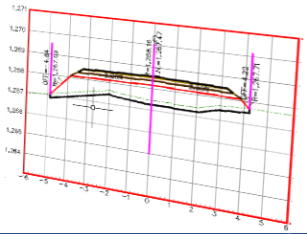


Figura.8 Junta de contracción

Juntas de Expansión:

Son creadas para aislar una estructura fija, como son los pozos de inspección, sumideros entre otros. Así mismo se deben utilizar donde se presenten cambios de dirección de la vía e intersecciones con otros pavimentos.



Con el fin de incrementar la transferencia de carga y la eficiencia de la junta se deben usar pasadores de carga ubicados en la mitad de la losa, además deben de ir engrasados en su totalidad para facilitar el movimiento.

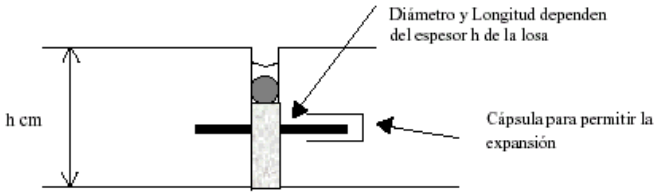


Figura.9 Junta de expansión

En juntas de expansión en una intersección asimétrica o en rampas, las dovelas se deben omitir para permitir los movimientos horizontales diferenciales y evitar el daño del concreto colindante. Así mismo se construye la losa aumentándole su espesor para absorber los esfuerzos de borde no transferidos tal como se muestra en la Figura.

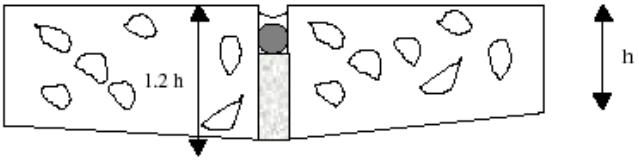


Figura.10 Junta de expansión en intersección asimétrica

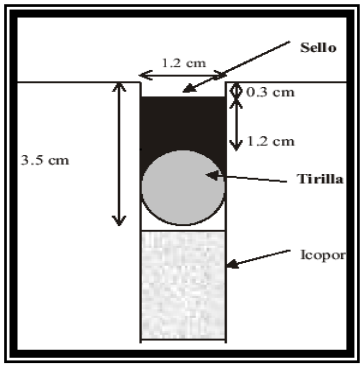
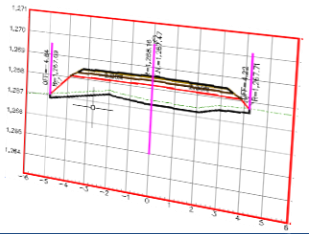


Figura.11 Detalle Junta de expansión

Juntas de Construcción:

Este tipo de juntas se utiliza en juntas transversales cuando se deba detener la construcción de la placa o en juntas longitudinales cuando se realizan dos franjas de pavimentación.



En estas juntas se puede utilizar aditivos epóxicos o deben llevar barras de refuerzo corrugadas, ubicadas en el eje neutro. El diámetro, la longitud y el espaciamiento se deben especificar con los mismos criterios de las juntas transversales de contracción.

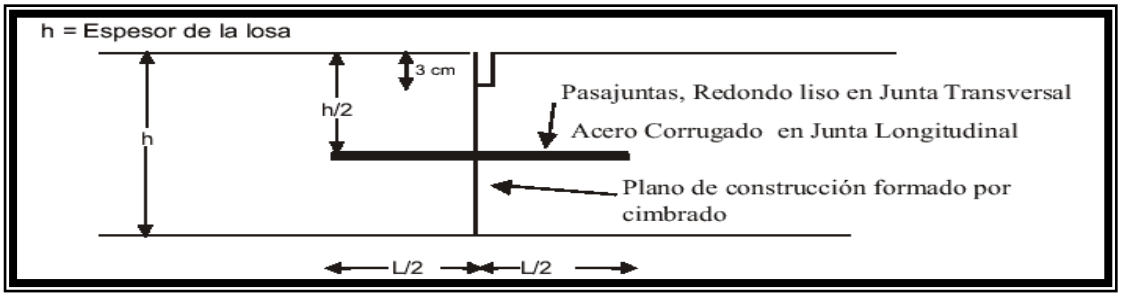
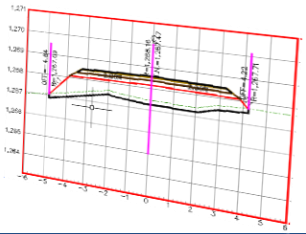


Figura.12 Junta de construcción

Se debe buscar que la junta de construcción coincida con la junta de contracción, de no lograrlo se debe crear una junta de emergencia, igualmente se debe reforzar esta unión como se especifica para las juntas de construcción.

Corte de juntas:

Después del curado de las losas se procederá al corte de las juntas transversales y longitudinales con discos abrasivos. El corte de las juntas deberá comenzar por las transversales de contracción, e inmediatamente después continuar con las longitudinales.
Este corte deberá realizarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados. El contratista será el responsable de elegir el momento propicio para efectuar esta actividad sin que se presente pérdida de agregado en la junta o desportillamientos de la losa; sin embargo, una vez comenzado el corte deberá continuarse hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos deberá iniciar entre las 4 ó 6 horas de haber colocado el concreto y deberá terminar antes de 12 horas después del colado, en la Figura 7.15 se observa en detalle el corte.



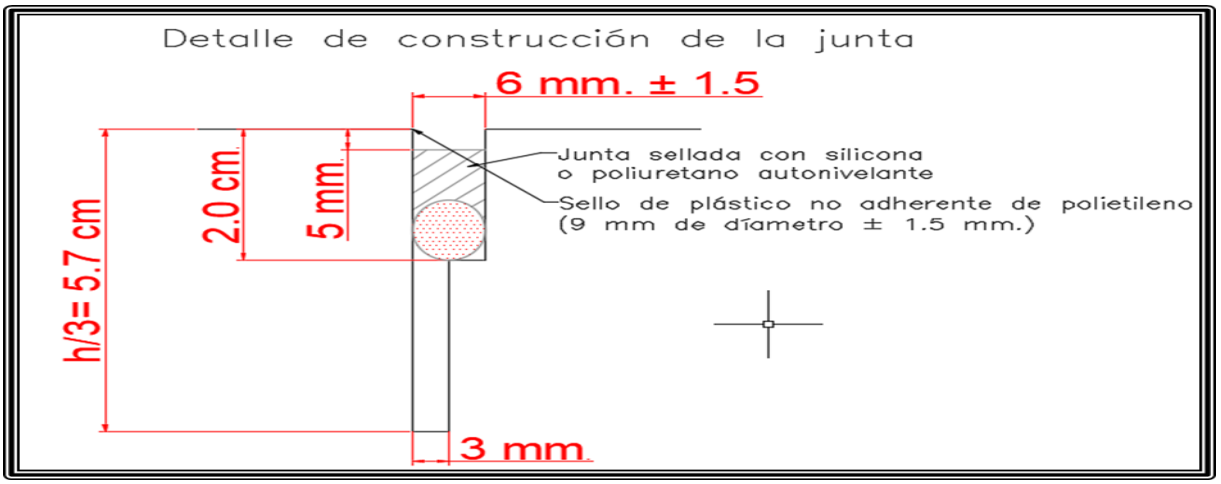


Figura.13 Corte de juntas

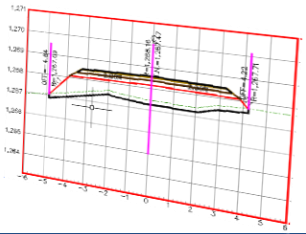
Se realiza un corte inicial con un ancho de 3 mm y a una profundidad de 1/3 del espesor de la losa de concreto con el fin de inducir la falla controlada. Posteriormente, se realiza un ensanchamiento del corte para poder alojar el material de sello.

En el caso de que se requiera de cortes de juntas en dos etapas (escalonados), el segundo corte no deberá realizarse antes de 48 horas después del colado.

Sello de juntas

El sistema de sellado debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor.
El espacio de la junta a sellar ha de estar seco y completamente limpio, lo que se puede lograr con lavado, barrido y luego soplado con compresor. Para sellar las juntas se emplean llenantes elastoméricos autonivelantes a base de poliuretanos o siliconas vaciadas en frío.

La tirilla de respaldo a emplear deberá impedir efectivamente la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta, además deberá ser compatible con el sellador de silicona a emplear y no se deberá presentar adhesión alguna entre el silicón y la tirilla de respaldo.
Previamente al vaciado del compuesto llenante, se coloca una tirilla de respaldo (backer rod) presionándola dentro de la junta con un colocador adecuado como se observa en la Figura.



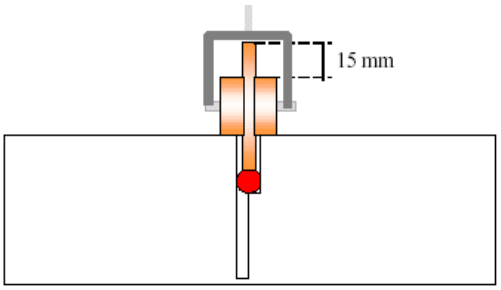


Figura.14 Colocación de tirilla

El operario debe hacer un nudo en el sitio donde empieza a instalar el cordón y en el extremo donde termina, extendiendo el cordón sin tensionarlo para evitar que cuando se aplique el sellante, el cordón se retraiga y dañe el material de sello.

Al colocar el sello se debe cumplir con el factor de forma mínimo de 1/1 y máximo de 2/1, como relación entre sus dos dimensiones, vaciándolo sin que quede menisco convexo, ni sobrantes rebosantes. La superficie del sello debe quedar 5 mm por debajo del borde de la junta, y en ningún caso debe haber adherencia en tres puntos por lo cual se aísla la base del sello con la tirilla de respaldo, lo que también limita el espesor del sello y produce economía evitando consumos innecesarios. Lo anterior se describe en la Figura.

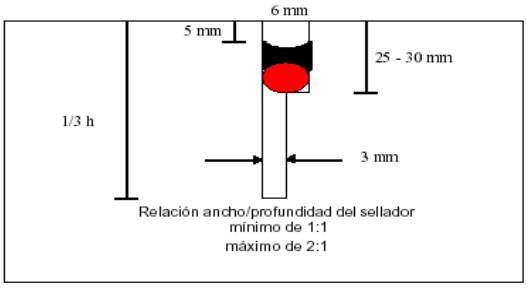


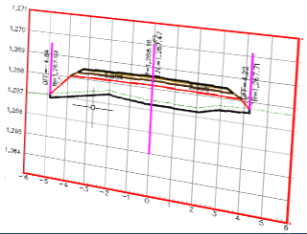
Figura.15 Colocación de sello

Casos específicos proceso constructivo

Presencia de Estructuras Hidráulicas:

Cuando el proyecto presente estructuras hidráulicas tales como pozos de inspección, sumideros, cámaras de redes, etc. se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin que la Junta Transversal coincida con dichas estructuras y así prevenir fisuras.

A continuación, se esquematiza el procedimiento:



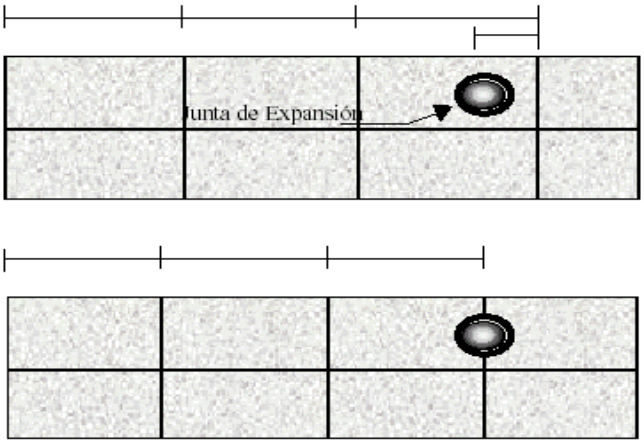


Figura.16 Modulación con presencia de estructuras hidráulica

Así mismo alrededor de los sumideros se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del sumidero como se muestra en la siguiente imagen:

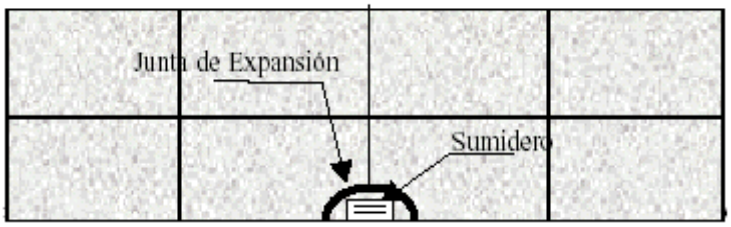


Figura.17 Modulación y junta presencia de sumidero

Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la Junta Longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo, como es el caso A de la siguiente ilustración:

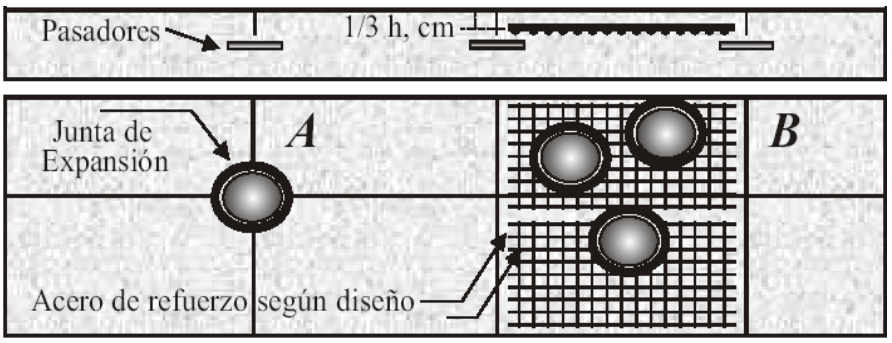
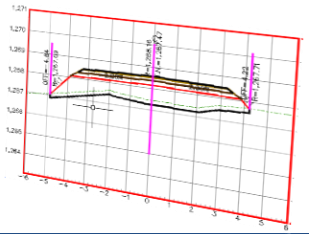


Figura.18 Modulación, junta y acero de refuerzo por presencia de estructuras hidráulicas

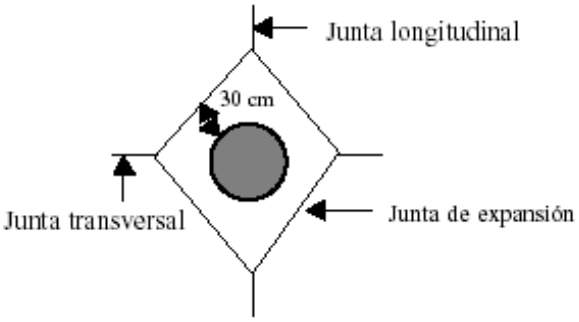


Así mismo cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe re modular con el objeto que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla, como se muestra en el caso B de la ilustración anterior.

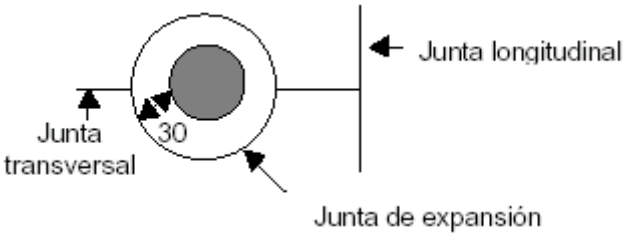
En el caso que pueda haber una deformación diferencial en el material de soporte de la losa, se debe tener en cuenta el diseño de acero de refuerzo localizado en el tercio inferior del espesor.

A continuación, se esquematiza los diferentes tipos de Juntas para las estructuras hidráulicas:

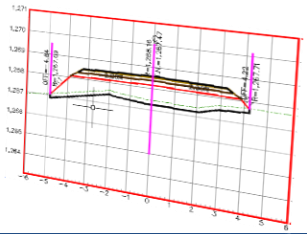
- Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe en la imagen:

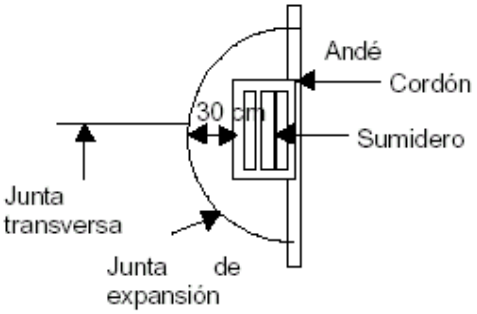


- Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:



- Alrededor de los sumideros se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del sumidero. No se deben dejar ángulos rectos en las losas colindantes con el sumidero. Se recomienda emplear formaleta semicircular con el fin que el esfuerzo sea tangencial y así evitar fisuración producto de las aristas vivas.





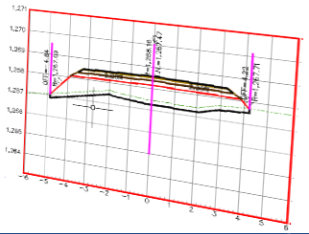
En las intersecciones se deben modular las losas de tal manera que se eviten formas irregulares y esbeltas. Cualquier losa asimétrica o que no cumpla con los criterios de esbeltez debe ser reforzada.

Para la modulación en vías con accesos se recomienda que las juntas transversales de un sentido coincidan con las longitudinales del otro. Así mismo, no es recomendable hacer losas con forma triangulares o que tengan ángulos menores a 75°, debido a la alta esbeltez y difícil colocación del acero de refuerzo en las franjas triangulares que se formarían y que son sensibles a fracturación.

En curvas o glorietas las juntas deben ser perpendiculares al eje de la vía en forma radial. Igualmente, cuando no se pueda hacer coincidirlos pozos o estructuras hidráulicas con las juntas transversales o longitudinales, estas losas deben ir reforzadas.

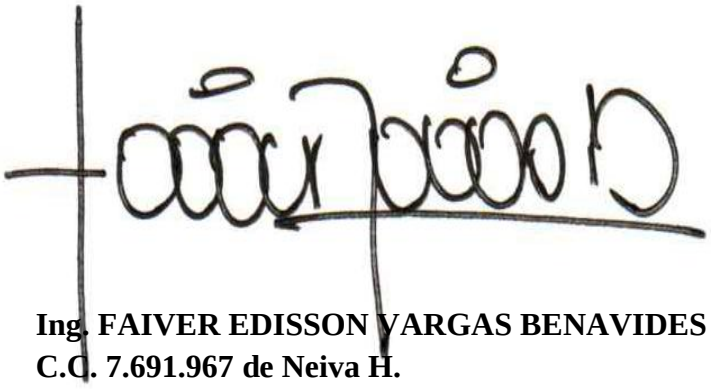
Para la realización de los trabajos con asfalto de alto módulo, antes de iniciar los trabajos, el constructor deberá realizar una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas en acuerdo con el interventor, los métodos definitivos de preparación, transporte, colocación, compactación y eventual curado de la mezcla, así como las tasas de aplicación en obra, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación. Este tramo de prueba no hará parte de la obra en construcción.
El Interventor tomara muestras de la mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

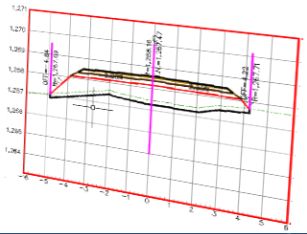


1.12. LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones contenidas en este informe de diseño de pavimentos están basados en los resultados obtenidos en las exploraciones realizadas, en las interpretaciones de todos los trabajos de campo y laboratorio desarrollados, cualquier variación en las condiciones locales registrada durante la ejecución de los trabajos diferente a la descrita en el informe, debe ser comunicada al consultor.



Ing. FAIVER EDISSON VARGAS BENAVIDES
C.C. 7.691.967 de Neiva H.
T.P 19202-097792 CAU



BIBLIOGRAFIA

1. PAVIMENTOS, FERNANDO SANCHEZ SABOGAL, Segunda Edición, Bogotá 1985.

2. INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS, ALFONSO MONTEJO FONSECA, Segunda Edición, Santafé de Bogotá 1998.

3. LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES, ALFONSO RICO Y HERMILO DEL CASTILLO, Cuarta Reimpresión, México 1982.

4. INGENIERIA DE PAVIMENTOS, DECIMO PRIMER SIMPOSIO SOBRE INGENIERIA DE PAVIMENTOS, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, Cartagena de Indias, 1997.

5. MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS; ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS 2022.

6. PAVIMENTOS DE CONCRETO, INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, Medellín 1987.

7. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Popayán, Cauca, 1998.

8. DOCUMENTOS CURSO DISEÑO DE PAVIMENTOS, ESPECIALIZACIÓN DE PAVIMENTOS, UNIVERSIDAD DEL CAUCA, Popayán, 2009-2010.