

**DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA RED VIAL EXISTENTE EN EL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO EN LA VÍA CUATRO ESQUINAS – GIRARDOT EN EL MUNICIPIO DE  
GUAITARILLA**

**EDGAR ARMANDO BETANCOURTH ROSERO  
WILLAN ESTEVAN RODRIGUEZ GRANJA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS  
SAN JUAN DE PASTO  
FEBRERO 16 DE 2009**

**DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA RED VIAL EXISTENTE EN EL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO EN LA VÍA CUATRO ESQUINAS – GIRARDOT EN EL MUNICIPIO DE  
GUAITARILLA**

**EDGAR ARMANDO BETANCOURTH ROSERO  
WILLAN ESTEVAN RODRIGUEZ GRANJA**

**MONOGRAFÍA**

**DIRECTORA  
ING. XIMENA ENRÍQUEZ  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS  
SAN JUAN DE PASTO  
FEBRERO 16 DE 2009**

**“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores”.**

**Artículo 1º del acuerdo No. 324 de octubre de 1966 del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

El trabajo de grado propuesto contiene un esquema aplicativo de los conocimientos adquiridos en la Especialización en Ingeniería de Carreteras, el cual consiste en el diseño de una estructura de pavimento para lograr así su construcción futura dándole una mejor calidad de vida a los beneficiarios y un desarrollo a la economía del municipio ya que esta vía es de vital importancia para el transporte y comercialización de productos agrícolas del sector comprendido entre las veredas Cuatro Esquinas y Girardot del Municipio de Guaitarilla.

### **ING. XIMENA ENRÍQUEZ**

Directora

Especialista

Ingeniería de Vías Terrestres

### **ING. JORGE LUIS ARGOTY**

Jurado

Especialista

Ingeniería de Vías Terrestres

Magíster

Ingeniería con Especialización en Vías

San Juan de Pasto, febrero 16 de 2009

## RESUMEN

El presente contiene un trabajo aplicativo de los conocimientos adquiridos en la Especialización de Ingeniería de Carreteras y que sirve como requisito para optar el título de Especialista el cual consiste en el diseño de unas estructuras de pavimento en concreto asfáltico y rígido mediante la aplicación de métodos experimentales y racionales como el **AASHTO**, el **RACIONAL** y el de la **PORTLAND CEMENT ASSOCIATION** respectivamente, además se diseñaron obras de defensa y drenaje. Posteriormente seleccionamos la estructura de pavimento más favorable considerando aspectos técnicos, de seguridad, durabilidad y economía con las correspondientes conclusiones y recomendaciones para su construcción.

Para la realización de los diseños de la estructura de pavimento y obras de defensa y drenaje de la vía que une las Veredas de Girardot y Cuatro Esquinas cuya longitud es de 2.7 kilómetros, se realizará el estudio de tránsito, cuyo objetivo principal es obtener el número de ejes equivalentes (N) de 8.2 toneladas y el número de repeticiones de carga para un determinado período de diseño establecido en años, basado en la características particulares de la vía en mención, la cual se considera de tipo rural y que por ella circula un tránsito bajo, con esto se proyectará el número de ejes equivalentes con una confiabilidad del 95%, para lograr un buen nivel de confianza en las repeticiones esperadas y obtener una mayor tiempo de durabilidad, además se realizarán estudios y análisis de las condiciones climáticas que predominan en la región, la cuales sin duda influyen de manera significativa en el diseño de una estructura de pavimento.

## ABSTRACT

This work contains an application of the knowledge gained in the specialization of Highway Engineering and serves as a prerequisite for choosing the title of which is specialist in the design of structures and asphalt pavement, concrete block through the application of experimental methods and sound as **AASHTO, RATIONAL** and the **PORTLAND CEMENT ASSOCIATION**, respectively, also were designed for defense and drainage works. Subsequently select the most favorable surface structure for considering technical aspects, safety, durability and economy with the relevant conclusions and recommendations for construction.

To achieve the design of pavement structure and defense works and drainage of the road linking the villages of Girardot and Four Corners whose length is 2.7 kilometers, will the traffic study, whose main objective is to obtain the number axis equivalent (N) of 8.2 tonnes and the number of repetitions of load for a certain period of years established design, based on the particular characteristics of the track in question, which is considered rural and that it circulates a traffic low, it is projected the number of axles equivalent to a reliability of 95% to achieve a good level of confidence in the expected repetition time and gain greater durability, plus study and analysis of the climatic conditions prevailing in the region, which no doubt influenced in a significant way in the design of a pavement structure.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO I	12
GENERALIDADES DEL PROYECTO	12
1.1 INTRODUCCIÓN	12
1.2 OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO	15
1.3 INFORMACIÓN RECOPIADA	16
1.4 CONCEPTO TÉCNICO SOBRE EL ESTUDIO REALIZADO	16
1.4.1 Descripción general	16
1.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA	17
1.6 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y REGIONALES	18
1.7 GEOLOGÍA GENERAL	18
CAPITULO II	19
ANÁLISIS DE LA VARIABLE TRÁNSITO	19
2.1 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE	19
2.1.1 Introducción	19
2.1.2 Obtención de tránsito promedio diario (T.P.D.)	19
2.1.3 Cálculo del tránsito equivalente diario (Nd)	22
2.1.4 Selección del periodo de diseño estructural (n)	23
2.1.5 Distribución direccional (Fd)	25
2.1.6 Distribución por carril (Fc)	25
2.1.7 Tránsito atraído (Na)	25
2.1.8 Tránsito generado (Ng)	25
2.1.9 Proyección del tránsito y cálculo del número de ejes equivalentes en el periodo de diseño	26
2.2 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO	29
2.2.1 Introducción	29
2.2.2 Obtención de tránsito promedio diario (T.P.D.)	30
2.2.3 Selección del periodo de diseño estructural	30
2.2.4 Proyección del tránsito en el periodo de diseño	30
2.2.5 Distribución de cargas por eje	32
2.2.6 Espectro de cargas por eje	33
CAPITULO III	34
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA	34

3.1	INTRODUCCIÓN	34
3.2	RELACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO	34
3.3	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA	36
3.3.1	Descripción del perfil estratigráfico	36
3.3.2	Evaluación de la subrasante	40
3.3.3	Tramos de estudio	42
3.3.4	Determinación y análisis de las unidades homogéneas de diseño	43
CAPITULO IV		46
MATERIALES		46
4.1	INTRODUCCIÓN	46
4.2	AFIRMADO	46
4.3	SUBBASE	47
4.4	BASE GRANULAR	48
4.5	MEZCLA DENSA EN CALIENTE (M.D.C.)	48
4.6	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	49
CAPITULO V		51
DISEÑO DEL PAVIMENTO		51
5.1	INTRODUCCIÓN	51
5.2	DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	51
5.2.1	Diseño de la estructura por el método AASHTO	52
5.2.2	Verificación de la estructura por el método racional	64
5.3	DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO	75
5.3.1	Diseño de la estructura por el método de la P.C.A	76
5.3.2	Diseño del espesor de losa	81
5.3.3	Modulación de las losas de concreto	83
5.4	DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA, DRENAJE Y SUBDRENAJE	89
5.4.1	Cunetas	89
5.4.2	Filtros	89
5.4.3	Muro de contención	102
CAPITULO VI		109
ANÁLISIS DE COSTOS PARA CADA ALTERNATIVAS		109
6.1	ANÁLISIS DE COSTOS PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	109
6.1.1	Análisis para la estructura de pavimento en concreto asfáltico	109

6.1.2 Análisis para la estructura de pavimento en concreto rígido	110
CAPITULO VII	112
CONCLUSIONES	112
CAPITULO VIII	114
RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	119

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1.A. Conteos vehiculares	21
Tabla 2.1.B. Resumen de los conteos vehiculares	21
Tabla 2.1.C. Composición general del tránsito	22
Tabla 2.2.A. Peso máximo bruto vehicular autorizado	23
Tabla 2.2.B. Factor daño por tipo de vehículo	23
Tabla 2.2.C. Factores daño para el tránsito colombiano	23
Tabla 2.3. Categoría de la vía	24
Tabla 2.4. Factor de distribución por carril	25
Tabla 2.5. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional	26
Tabla 2.6. Periodos de diseño recomendados	30
Tabla 2.7. Composición general del tránsito	31
Tabla 2.8. Composición final del tránsito de diseño	32
Tabla 2.9. Cargas máximas y distribución de carga por eje	33
Tabla 2.10. Espectros de carga por eje	33
Tabla 3.1.A. Localización de sondeos	35
Tabla 3.1.B. Localización de apiques	35
Tabla 3.2. Valores de C.B.R. en la subrasante	41
Tabla 3.3. Determinación del C.B.R. de diseño	41
Tabla 4.1. Granulometría para afirmado	47
Tabla 4.2. Granulometría para subbase	47
Tabla 4.3. Granulometría para base	48
Tabla 4.4. Granulometría para mezcla asfáltica	49
Tabla 5.1. Calidad del drenaje	57
Tabla 5.2. Espesores de las capas granulares	60

Tabla 5.3.A. Distribución de cargas	69
Tabla 5.3.B. Coordenadas para los puntos de análisis	69
Tabla 5.3.C. Resultados obtenidos con BISAR y DEPAV	70
Tabla 5.4. Coeficiente de Callage - Método SHELL 78	71
Tabla 5.5. Espectros de carga por eje	76
Tabla 5.6. Efecto de subbases sin tratar en el valor del modulo de reacción	80
Tabla 5.7. Características de barras de anclaje corrugadas	85
Tabla 5.8. Requisitos mínimos para pasadores de acero en juntas	86
Tabla 5.9. Elaboración del cuadro para la curva IDF	91
Tabla 5.10. Ecuaciones de las curvas Intensidad - Frecuencia – Duración	95
Tabla 5.11. Cuadro para el cálculo del caudal de diseño Q	96
Tabla 5.12. Curva granulométrica del material granular de filtro	100
Tabla 5.13. Capacidad del filtro	102
Tabla 5.14. Peso de la estructura	104
Tabla 6.1. Valor de construcción pavimento flexible	110
Tabla 6.2. Valor de construcción pavimento rígido	112

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1.1	Ubicación geográfica del Municipio de Guaitarilla	12
Figura 3.1.	Resultados de Sondeos y Apiques – Perfiles Estratigráficos	36
Figura 3.2.	Determinación del CBR	42
Figura 5.1.	Determinación del Número Estructural	59
Figura 5.2.	Modelo Estructural método AASHTO	63
Figura 5.3.	Características y espesores de las capas	67
Figura 5.4	Modelo estructural definitivo	75
Figura 5.5	Modelo estructural para pavimento rígido	82
Figura 5.6.	Disposición del refuerzo en juntas	86
Figura 5.7.	Canastillas y pasadores de carga	87
Figura 5.8.	Sello de juntas con sus materiales	88
Figura 5.9.	Curvas de intensidad – frecuencia – duración	95
Figura 5.10.	Cuneta revestida en concreto	98
Figura 5.11.	Muro de Contención	105
Figura 7.1	Modelo estructural para pavimento rígido	115

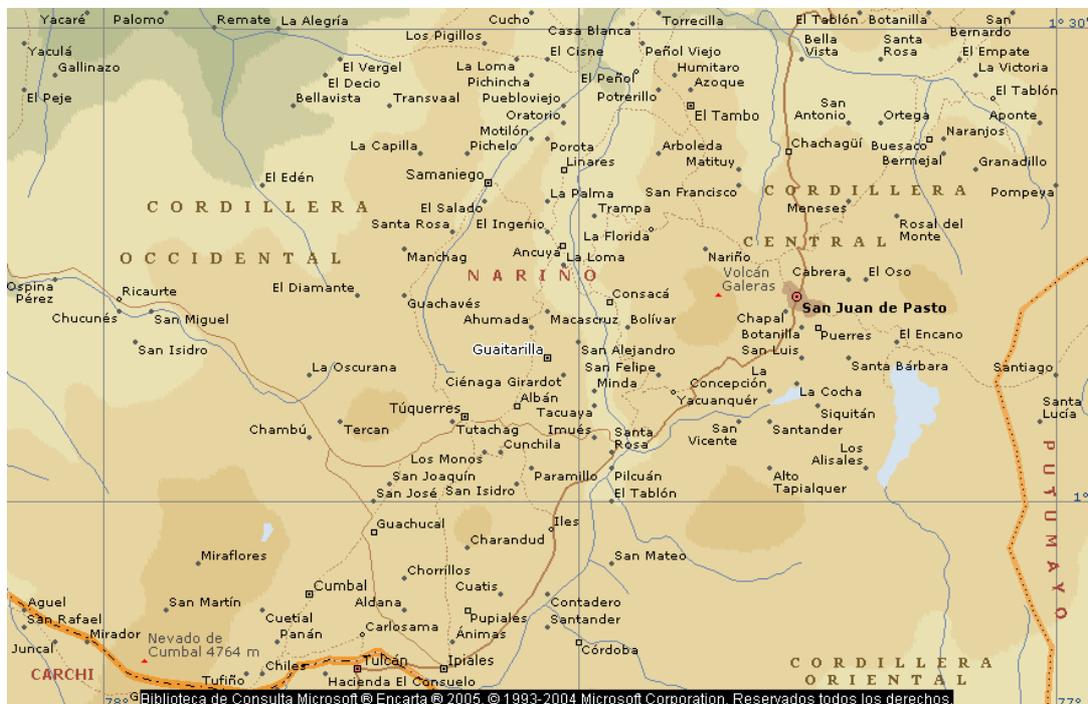
# CAPITULO I

## GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.8 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene un trabajo aplicativo de los conocimientos adquiridos en la Especialización de Ingeniería de Carreteras y que sirve como requisito para optar el título de Especialistas. Consiste en el diseño de unas estructuras de pavimento en concretos flexible y rígido y posteriormente seleccionar la alternativa más favorable para la vía que se ubica en el Municipio de Guaitarilla, al Sur-Occidente del Departamento de Nariño a tres (3) kilómetros de la cabecera municipal entre las veredas de Cuatro Esquinas y Girardot (figura 1,1).

Figura 1.1. Ubicación geográfica del Municipio de Guaitarilla



La vía en la actualidad presenta un regular estado de circulación (material de afirmado) y de servicio al usuario y por ser la misma importante para el transporte y comercialización de productos agrícolas y de alimentos perecederos como el caso de la leche, su pavimentación es de gran importancia para la ampliación de la red vial terciaria contribuyendo así al mejoramiento de la transitabilidad vehicular, elevando sin duda el nivel y calidad de vida de los habitantes de estos sectores.

Para la realización de los diseños de las estructuras de pavimento flexible y rígido se utilizan los aforos vehiculares realizados por los autores de este trabajo en el presente año, en el estudio de caracterización de la movilidad vial rural en la vía entre las Veredas CUATRO ESQUINAS y GIRARDOT, pertenecientes al Municipio de Guaitarilla, los cuales permiten obtener el número de ejes equivalentes (N) de 8,2 toneladas y el número de repeticiones de carga para un determinado período de diseño establecido en años, basado en características particulares de la vía en mención y los estudios de geotecnia cuyos resultados de los diferentes sondeos y apiques realizados de los cuales se toman las muestras para la realización de los ensayos de laboratorio correspondientes, estos ensayos fueron realizados por la firma "LABORATORIOS DE INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD" y que permiten la caracterización estratigráfica del suelo y la obtención del respectivo C.B.R. de diseño.

Finalmente con el resultado de los análisis realizados al tramo en estudio como son los de tránsito, las condiciones climáticas y el estudio geotécnico, se realizaron los diseños de las estructuras en concretos flexible y rígido mediante la aplicación de métodos experimentales y racionales como los son el AASHTO, el RACIONAL y el de la PÓRTLAND CEMENT ASSOCIACIÓN respectivamente.

Obtenidas las estructuras de pavimento flexible y rígido se seleccionó la más favorable considerando aspectos técnicos, de seguridad, durabilidad y economía con la correspondientes conclusiones y recomendaciones para su construcción.

El presente trabajo consta de seis capítulos, así:

- En el primer capítulo se describe el objetivo general del estudio, se citan las diferentes fuentes de información recopiladas referentes a conteos de tránsito, estudios de suelos, condiciones meteorológicas, características generales de la vía, etc.; posteriormente se realiza un concepto técnico sobre el estudio geotécnico, información importante para realizar el desarrollo del presente estudio.
- En el segundo capítulo se realiza el estudio de tránsito cuyo objetivo es determinar el número de ejes equivalentes (N) de 8,2 toneladas para un periodo de diseño de 12 años en el carril de diseño. En la alternativa de una estructura de pavimento flexible, el número de ejes equivalentes se proyectará con una confiabilidad del 90% para lograr un buen nivel de confianza en las repeticiones esperadas y obtener así un mayor tiempo de durabilidad en la estructura de pavimento asfáltico al momento de darla al servicio del usuario. En la alternativa de pavimento rígido se proyectará el tránsito promedio diario para un período de diseño de 20 años, para luego obtener el número de repeticiones conocido como espectro de carga por cada eje.
- El tercer capítulo contiene la evaluación geotécnica realizada con base en los resultados y el análisis obtenido de los sondeos, con los cuales se podrá determinar los sitios en donde se efectuarán los apiques, los cuales permiten determinar entre otros los límites de Atterberg y los correspondientes valores de C.B.R. de diseño.

- En el cuarto capítulo se presenta el diseño de las alternativas de pavimento flexible por el método AASHTO y chequeo por el método RACIONAL y pavimento rígido por el método de la PÓRTLAND CEMENT ASSOCIATIÓN, además se realizan los diseños correspondientes a las obras de defensa y drenaje.
- En el capítulo quinto se plantea el análisis de las alternativas de pavimento diseñadas, en las cuales se comparan todas las variables que intervienen en la construcción y el mantenimiento como son: justificación técnica, inversión, tiempos, materiales, durabilidad de la solución, costos de mantenimiento y se presentan las alternativas de solución alcanzadas en el estudio.
- El capítulo seis contiene las correspondientes conclusiones y recomendaciones del caso para la construcción y eficiente funcionamiento de la alternativa de pavimento seleccionada.

### **1.9 OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO**

Realizar el diseño de las estructuras de pavimento flexible y rígido con características específicas de tránsito, condiciones geotécnicas y climáticas y de materiales específicos que conformaran la estructuras diseñadas, para posteriormente de las dos alternativas obtenidas evaluar y proponer la estructura más favorable a construir para la vía comprendida entre las veredas de Girardot y Cuatro Esquinas pertenecientes al Municipio de Guaitarilla en una longitud de 2.7 Kilómetros.

## **1.10 INFORMACIÓN RECOPIADA**

Para el diseño de las estructuras de pavimento flexible y rígido se hará uso de la información obtenida de los estudios de tránsito, de suelos y registros pluviométricos necesarios para dichos diseños.

## **1.11 CONCEPTO TÉCNICO SOBRE EL ESTUDIO REALIZADO**

**1.11.1 Descripción general.** Una vez realizada la inspección al sitio de la obra con el fin de verificar las condiciones actuales sobre las cuales se tiene proyectado llevar a cabo la construcción de la vía en referencia y en base a los estudios de suelos y C.B.R. realizados se puede afirmar lo siguiente:

- Las propiedades de los suelos encontradas en el sitio, permiten establecer que corresponden a zonas de aceptables condiciones físico-mecánicas. El tipo de suelo encontrado es un limo-arcilloso de alta compresibilidad con moderados y altos contenidos de humedad. La subrasante encontrada se caracteriza por tener una aceptable capacidad de resistencia y soporte como lo reportan los ensayos de C.B.R. realizados. Además el material de afirmado existente en la vía y que actualmente sirve como capa de rodadura se recomienda debe aprovecharse y utilizarse como capa de mejoramiento para la estructura de pavimento a construir, pues como más adelante se demostrará por los estudios realizados al material, el mismo cumple con los requisitos que exige el INVIAS para este tipo de materiales.
  
- Para el caso de los pavimentos flexibles, la función primordial del suelo sobre el cual se va a construir una estructura de pavimento es la de proporcionar un soporte permanente y durable a la estructura de pavimento pues es ella la que soporta finalmente las cargas producidas por el tránsito. Se recomienda por lo tanto realizar un perfilado de cunetas con el fin de

retirar toda la capa orgánica existente y reemplazarla con material de préstamo seleccionado tipo recebo, conformar y perfilar la calzada con el nivel actual de la rasante, esto con el fin de proporcionar uniformidad longitudinal y transversal conservando la compactación y consolidación adquirida durante todo el tiempo en que la vía ha permanecido en afirmado, posteriormente realizar una compactación al material de afirmado existente, con el fin de eliminar zonas blandas o de baja densidad en todo lo largo y ancho de la vía a pavimentar. Dicha compactación se debe hacer con la utilización de equipo vibratorio tipo pesado.

- Con relación a los pavimentos rígidos, el suelo sobre el cual se proyecta construir una estructura de pavimento debe garantizar un apoyo uniforme, permanente y durable, por lo que igualmente se recomienda realizar un perfilado de cunetas, conformar y perfilar la calzada con el nivel actual de la rasante, esto con el fin de proporcionar uniformidad longitudinal y transversal conservando la compactación y consolidación ganada durante todo el tiempo en que la vía ha permanecido en afirmado, posteriormente realizar una compactación con el fin de garantizar una densidad uniforme en todo lo largo y ancho de la vía a pavimentar, la cual se debe hacer con la utilización de un equipo de rodillo liso vibratorio.

## **1.12 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA**

La vía a pavimentar se encuentra orientada en el sentido Sur-Occidental, con una longitud de 2.725 metros lineales aproximadamente, con un ancho promedio de calzada efectivo de 6.80 metros y en la actualidad es clasificada como una vía tipo terciaría; su estado de transitabilidad vehicular es regular, pues tiene como superficie de rodadura una capa de afirmado de espesor promedio igual a 40cm. Con relación a sus características geométricas presenta pendientes al rededor del 4 al 7%, sus condiciones de drenaje son aceptables, pues existen algunas

alcantarillas en regular estado, requiriéndose de su mantenimiento y la construcción de otras.

### **1.13 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y REGIONALES**

Clima : Frío  
Altitud : 2620 m.s.n.m.  
Temperatura media : 14,5°C  
Precipitación media anual : 82,40mm  
Topografía predominante : Terreno ondulado

### **1.14 GEOLOGÍA GENERAL**

Los tipos de suelos encontrados corresponden a materiales en general caracterizados como limos orgánicos de alta compresibilidad, con altos contenidos de humedad y moderados contenidos de plasticidad, esta información será verificada más adelante con base a los estudios de suelos realizados.

## **CAPITULO II**

### **ANÁLISIS DE LA VARIABLE TRÁNSITO**

#### **2.3 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE**

**2.3.1 Introducción.** La funcionalidad o servicio que ofrece una estructura de pavimento se mide por el grado de seguridad y comodidad que se presta al usuario durante el período de servicio. Es así como la magnitud e intensidad de las sollicitaciones inducidas por los vehículos conforman una de las variables a tener en cuenta en los distintos métodos de dimensionamiento de los pavimentos, independientemente de los materiales que conformen la estructura; por lo tanto, es necesario realizar la clasificación de los vehículos, ya que con ella se puede determinar el número, clase y configuración de los vehículos comerciales pues son estos los que en realidad interesan en la estimación del tránsito de diseño para poder determinar los espesores de las capas que constituyen la estructura del pavimento y los efectos que las cargas de estos vehículos causan al pavimento.

Actualmente los métodos de diseño contemplan la cuantificación del tránsito en función del espectro real de cargas, el cual básicamente consiste en conocer la distribución de las magnitudes de las cargas que se pueden encontrar en un eje específico de un tipo de vehículo y cuantificarlas; por lo tanto el cálculo del tránsito para el diseño de un pavimento flexible tiene como objetivo la cuantificación del número acumulado de ejes simples equivalentes a 8.2 toneladas que solicita la estructura y que circularán por el carril de diseño durante el periodo de diseño.

**2.3.2 Obtención de tránsito promedio diario (T.P.D.).** El tránsito promedio diario (T.P.D.), se define como el número de vehículos que pasan por una vía

durante un período dado, dividido por el número de días que conforman el periodo. Este tránsito puede ser diario, semanal, mensual o anual.

**2.3.2.1 Presentación de los volúmenes de tránsito.** Debido a que la vía en estudio no cuenta con conteos ni existen series históricas de tránsito, se realizaron conteos cuyos resultados del estudio de caracterización de la movilidad vial exclusivamente para esta vía en Marzo del presente año, se establecieron a través de estaciones fijadas en sitios estratégicos que permitieron determinar los flujos vehiculares.

Con base en las características de movilidad vial propias de la región, las cuales se sustentan en la movilización de pasajeros y el transporte de productos agrícolas y ganaderos, se realizaron conteos vehiculares durante cuatro días representativos de la semana en periodos de 13 horas comprendidos entre las 05:00 a.m. a las 06:00 p.m. para cada día.

- Domingo, día de alto tráfico vehicular interveredal.
- Lunes, día de alto tráfico comercial intermunicipal.
- Miércoles, flujo vehicular normal.
- Jueves, día de alto tráfico vehicular intermunicipal.

En la tabla 2.1.A se indican los datos obtenidos de los conteos vehiculares realizados:

**Tabla 2.1.A.** Conteos vehiculares

FECHA	DIA	AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2-P	C2-G
10-Oct-07	DOMINGO	85	30	81	20	16
11-Oct-07	LUNES	73	24	88	18	14
12-Oct-07	MIÉRCOLES	33	12	26	8	6
13-Oct-07	JUEVES	79	18	71	14	12
<b>TOTAL</b>		<b>270</b>	<b>84</b>	<b>67</b>	<b>60</b>	<b>48</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>68</b>	<b>21</b>	<b>67</b>	<b>15</b>	<b>12</b>

FECHA	DIA	C3 Y C4	C5	>C5
10-Oct-07	DOMINGO	45	0	0
11-Oct-07	LUNES	54	0	2
12-Oct-07	MIÉRCOLES	12	0	0
13-Oct-07	JUEVES	44	0	1
<b>TOTAL</b>		<b>155</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>39</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

A continuación en la tabla 2.1.B, se indican los datos de los conteos vehiculares en forma resumida así:

**Tabla 2.1.B.** Resumen de los conteos vehiculares

ESTACIÓN	AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2-P	C2-G
CUATRO ESQUINAS- GIRARDOT	68	21	67	15	12

ESTACIÓN	C3 Y C4	C5	>C5
CUATRO ESQUINAS- GIRARDOT	39	0	1

Como se explicó anteriormente los volúmenes de tránsito aforados corresponden a periodos de tiempo realizados durante CUATRO días continuos, los cuales no se realizaron durante la totalidad de las 24 horas del día, por lo que se realiza un ajuste a dichos conteos estableciendo un factor de mayoración del 20% con el fin de que los datos se acerquen más a la realidad, se hace la aclaración que este 20% se asume a criterio nuestro como un valor que se estima no guardando una

correspondencia lineal al conteo de vehículos realizado durante el día sino mediante un concepto objetivo, el cual nos lleva a proponer dicho valor. Es así que en la tabla 2.1.C, se indica el respectivo ajuste y el resumen de la composición del tránsito vehicular, manteniendo la correspondiente distribución porcentual para cada tipo de vehículo considerado en el estudio del aforo realizado así:

**Tabla 2.1.C.** Composición general del tránsito

VEHÍCULOS	T.P.D.	AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2-P	C2-G
Nº de Vehículos	187	82	25	80	18	14
Valor en %	100%	43,8%	13,5%	42,7%	22,5%	17,5%

VEHÍCULOS	* C3	C5	>C5
Nº de Vehículos	47	0	1
Valor en %	58,8%	0,0%	1,3%

\* A este vehículo se le asigna todo el porcentaje de los vehículos C3 y C4.

**2.3.3 Cálculo del tránsito equivalente diario (Nd).** El Factor de Equivalencia de carga, es un valor numérico que representa el daño relativo producido al pavimento por una configuración de carga por eje específica, con respecto al producido por un eje estándar, para el caso de Colombia este factor está referido a un eje simple de 8.2 toneladas. Con base en los factores de equivalencia de carga y el peso máximo bruto vehicular autorizado por el Ministerio de Transporte (Resolución 13791 del 21 de Diciembre de 1988), como se indican en la tabla 2.2.A, se calcula el FACTOR DAÑO de cada tipo de vehículo comercial.

**Tabla 2.2.A.** Peso máximo bruto vehicular autorizado

TIPO	SRS	SRD	TANDEM	TRIDEM
BUSES	4	6		
C2-P	2,45	6		
C2-G	6	11		
C3	6	22		
C3-S2	7		22	22
C3-S3	7		22	24

En la tabla 2.2.B, se indican los factores de equivalencia de carga por tipo de vehículos obtenidos de pesajes realizados a nivel nacional en el año de 1996, los cuales sirven como referencia para realizar el análisis e incidencia del factor daño en el cálculo de los ejes equivalente para la vía en estudio.

**Tabla 2.2.B.** Factor daño por tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DAÑO
BUS	1
C2-P	1,14
C2-G	3,44
C3-C4	3,74
C5	4,4
> C5	4,72

En la tabla 2.2.C, se indican la obtención del tránsito equivalente diario (Nd) transformado en ejes simples de 8.2 toneladas.

**Tabla 2.2.C.** Factores daño para el tránsito colombiano

VEHÍCULOS	T.P.D.	AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2-P	C2-G
Nº de Vehículos	187	82	25	80	18	14
Factor Daño			1		1,14	3,44
<b>TOTAL TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO</b>	<b>274</b>		25		21	48

<b>VEHÍCULOS</b>	<b>C3 Y C4</b>	<b>C5</b>	<b>&gt;C5</b>
Nº de Vehículos	47	0	1
Factor Daño	3,74	4,4	4,72
<b>TOTAL TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO</b>	176	0	5

**2.3.4 Selección del periodo de diseño estructural (n).** El período de diseño de un pavimento hace referencia a la durabilidad de la estructura, la cual está en función de los distintos materiales que la conforman. Para la selección del periodo del diseño estructural se debe considerar además de la categoría de la vía, la clase de solicitaciones a las cuales estará expuesta la misma durante el período para el cual se diseña. En la tabla 2.3, se indican los rangos de periodos a tener en cuenta para la selección del tiempo de diseño en función de la categoría de la vía y su TPD.

**Tabla 2.3.** Categoría de la vía

<b>CATEGORÍA DE LA VÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>T.P.D.</b>	<b>RANGOS DE PERIODO RECOMENDADOS</b>
I	Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales, muy importante	> 5000	10 - 30
II	Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales, importante	1000 - 1000	10 - 20
III	Caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos, algo importante	< 1000	10 - 20
ESPECIAL	Pavimentos especiales e innovaciones, importante a poco importante	< 10000	7 - 20

Considerando que la vía pertenece a la red vial terciaria se clasifica la misma de categoría III, por lo tanto el periodo de diseño (**n**) del pavimento flexible se proyecta para **DOCE (12) AÑOS**, donde el inicio de su construcción será a partir del año 2008 y el de servicio desde el mismo año hasta el año 2019.

**2.3.5 Distribución direccional (Fd).** Para el cálculo del tránsito equivalente en el carril de diseño es necesario determinar la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo a las características particulares de las condiciones de tránsito en la vía. Mediante observación se puede concluir que la circulación de vehículos sobre la vía en estudio se realiza en ambos sentidos, por tal razón la distribución de los mismos es del 50% en cada dirección.

**2.3.6 Distribución por carril (Fc).** La AASHTO recomienda que la selección del factor de distribución para el carril de diseño (**Fc**), se haga en función del número de carriles que la vía tenga en cada sentido o el que está más circulado y/o cargado como se indica en la tabla 2.4, por lo tanto para la vía en estudio el Fc es de 1.

**Tabla 2.4.** Factor de distribución por carril

Número de carriles en cada dirección	(Fc) para el carril de diseño
1	1.00
2	0.90
3	0.75

**2.3.7 Tránsito atraído (Na).** Está conformado por los vehículos que debido a las nuevas condiciones de la vía, y sin cambiar el origen y destino del viaje circulan por ella, para el caso de la vía en estudio y por sus características de movilidad vial se estima un tránsito atraído del 4%, esto es un porcentaje del tránsito actual y es elegido a criterio

**2.3.8 Tránsito generado (Ng).** Es el volumen adicional de vehículos ocasionado por el desarrollo económico de las zonas beneficiadas por la pavimentación de la vía, para este caso se estima a criterio un tránsito generado del 10%.

Además se debe considerar el tránsito que circulará durante la construcción de la vía el cual se debe calcular por carril y por día así:

Tipo de camión	Cantidad	Fd
C2-G	10	3,44
C3	2	3,74
Total camiones	12	

$$Fd \text{ Ponderado} = (3.44 * 0.83 + 3.74 * 0.17) = 3,50$$

**2.3.9 Proyección del tránsito y cálculo del número de ejes equivalentes en el periodo de diseño.** Para el cálculo del número de ejes equivalentes acumulados en el período de diseño se aplicara el método del **NIVEL 1**, para lo cual se debe hacer uso del tránsito correspondiente al año base. Por observación y en base a la cantidad de vehículos que actualmente transitan por esta vía considerada de tipo terciaria y por las características de desarrollo económicas y comerciales que tendrá la región una vez se pavimente la misma, se estima una tasa de crecimiento cuyo valor es de  $r = 5\%$ . Tabla No.2.5.

**Tabla 2.5.** Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional

TPDS	Tasa de crecimiento $r$ (%)	
	Total vehículos	vehículos comerciales
< 500	6,0 - 6,5	5,5 - 6,0
500 - 1000	5,7 - 6,3	5,5 - 6,0
1000 - 2500	4,5 - 5,5	4,0 - 5,0
2500 - 5000	4,5 - 5,5	4,0 - 5,0
5000 - 10000	4,5 - 5,5	4,0 - 5,0
> 10000	4,0 - 6,0	3,0 - 5,0

El número de ejes equivalentes que circularán en el carril de diseño en el año base (**No**), se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$N_o = (N_i + N_a + N_g) * F_d * F_c + N_c$$

Donde:

$N_i$ : Es el número de ejes equivalentes existentes en el año de la medición del tránsito.

$N_a$ : Es el número de ejes equivalentes en el año base o de puesta en servicio, atraído de otras carreteras.

$N_g$ : Es el número de ejes equivalentes en el año base o de puesta en servicio, generado por la mejora de la carretera.

$N_c$ : Es el número de ejes equivalentes ya soportados por el carril de diseño del pavimento durante la construcción del mismo.

$F_d$ : Factor de distribución direccional.

$F_c$ : Factor de distribución por carril.

El cálculo del número de ejes equivalentes existentes en el año base de medición del tránsito ( $N_i$ ), se obtiene mediante la utilización de la siguiente expresión:

$$N_i = T.P.D.S. * 365 * (1+r)^n * F.C.G. * F.C.$$

Cálculo del Factor Camión Global (**F.C.G.**):

$$F.C.G. = \frac{(0,135*1 + 0,425*(0,225*1,14 + 0,175*3,44 + 0,588*3,74 + 0,013*4,72))}{(0,135+0,427)}$$

F.C.G. = 2,61

Considerando un tiempo de un año entre el diseño y la pavimentación de la vía, el número de ejes equivalentes en el año de la medición del tránsito o proyecto del pavimento, corregido por el tiempo transcurrido entre éste y la puesta en servicio es:

$$N_i = 187 \cdot 365 \cdot (1+0.05)^1 \cdot 2,61 \cdot 0.562 = 105.163 \text{ ejes/año}$$

Cálculo del número de ejes equivalentes atraídos de otras carreteras (**Na**):

$$N_a = N_i \cdot 4\% = 50.317 \cdot 4\% = 4.207 \text{ ejes/año}$$

Cálculo del número de ejes equivalentes generado por la mejora de la carretera (**Ng**):

$$N_g = N_i \cdot 10\% = 50.317 \cdot 10\% = 10.516 \text{ ejes/año}$$

Cálculo del número de ejes durante la construcción del pavimento (**Nc**):

$$N_c = \frac{12 \text{ Camiones}}{\text{día}} \cdot \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} \cdot \frac{3,49 \text{ ejes equiv}}{\text{camión}} \cdot 0.5 \text{ años} = 7.643$$

Por lo tanto, el número de ejes equivalentes (**No**) que circulan para el carril de diseño en el año base o puesta en servicio del pavimento es:

$$N_o = (105,163+4,207+10,516) \cdot 0.5 \cdot 1 + 7.643 = 67.586$$

El número total de ejes de 8.2 toneladas (**N**), proyectado en el periodo de diseño es:

$$N = \frac{N_o * (1 + r)^n - 1}{r} = \frac{67,586 * (1 + 0.05)^{12} - 1}{0.05} = 1.075.771$$

Una vez obtenido el número de ejes equivalentes (**N**) de 8,2 toneladas en el periodo de diseño, se debe considerar un nivel de confiabilidad que por recomendación de la AASHTO puede ser del 95% teniendo en cuenta que existen errores combinados de 0.49 con respecto al comportamiento de las estructuras de pavimentos flexibles y las variaciones del tránsito y de 0.44 únicamente por comportamiento, como se explica más adelante. Por lo anteriormente expuesto se hace una corrección de tránsito proyectado en el cálculo del número de ejes equivalentes obteniéndose el siguiente resultado:

$$N' = 1.159 * N = 1,159 * 1.075.771$$

$$N' = 1.246.818 \text{ ejes equivalentes en el carril de diseño}$$

## 2.4 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

**2.4.1 Introducción.** La magnitud e intensidad de las solicitaciones inducidas por los vehículos es preponderante considerarlo también en el diseño de los pavimentos rígidos, por lo anterior la variable tránsito permite calcular los espectros de carga, los cuales se determinan por el número de repeticiones de carga por eje que se esperan circulen por el pavimento durante el periodo de diseño de acuerdo con la magnitud y rangos de carga y los tipos de configuración de ejes sean estos simples, tandem y tridem.

Seguidamente se indica el procedimiento empleado en la determinación de la variable del tránsito y cuya finalidad es calcular el número de repeticiones de

carga por eje que circularán en el carril de diseño durante el periodo de diseño de un pavimento rígido.

**2.4.2 Obtención de tránsito promedio diario (T.P.D.).** La obtención de este T.P.D., ya se explicó en el numeral 2.1.2, realizado para el diseño de pavimentos flexibles.

**2.4.3 Selección del periodo de diseño estructural.** Según el tipo de carretera o vía a construir se deben considerar la clase de sollicitaciones a las cuales estará expuesta la misma durante el período para el cual se diseña. La Red Vial Nacional, sugiere para la escogencia del periodo de diseño los valores que se indican en la tabla 2.6.

**Tabla 2.6.** Periodos de diseño recomendados

TIPO DE CARRETERA	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana de tránsito elevado	30 - 50
Inter-urbana de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 - 25
Baja intensidad de tránsito pavimentada con grava	10 - 20

Considerando que la vía es de tipo rural y como se aclaró con antelación, la misma pertenece al red vial terciaria y que en el futuro ella tendrá una baja intensidad de tránsito vehicular, se contempla entonces el pavimento rígido para un periodo de diseño de **n=20 años**. El inicio de su construcción se considera a partir del año 2008 y el de servicio desde el mismo año hasta el año 2026.

**2.4.4 Proyección del tránsito en el periodo de diseño.** En la tabla 2.7, se indica la composición del tránsito vehicular, manteniendo la correspondiente distribución porcentual para cada tipo de vehículo considerado en el estudio del aforo realizado; así:

**Tabla 2.7.** Composición general del tránsito

VEHÍCULOS	T.P.D.	AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2-P	C2-G
Nº de Vehículos	187	82	25	80	18	14
Valor en %	100%	43,8%	13,5%	42,7%	22,5%	17,5%

VEHÍCULOS	* C3	C5	>C5
Nº de Vehículos	47	0	1
Valor en %	58,8%	0,0%	1,3%

\* A este vehículo se le asigna todo el porcentaje de los vehículos C3 y C4.

- Periodo de diseño estructural : **n=20 años**
- Distribución Direccional : **Fd=50%**
- Distribución Por Carril : **Fc=1**
- Tránsito Atraído : **Ta=4%**
- Tránsito Generado : **Tg=10%**
- Rata de crecimiento : **r=5%**

El número de vehículos (**Nd**), que circularán por el carril de diseño en el año base o puesta en servicio del pavimento será:

$$\mathbf{Nd = T.P.D.*365*Fd*Fc = 187*365*0.5*1.0 = 34.164}$$

El tránsito total acumulado en el carril de diseño durante el período de diseño es:

$$\mathbf{T = \frac{Nd*(1+r)^n - 1}{r} = \frac{36.324*(1+0.05)^{20}-1}{0.05} = 1.129.665}$$

Debido a que una vez la vía se encuentre pavimentada se generará un incremento en el tránsito vehicular basado en aspectos como lo son las mejores condiciones de movilidad vial y atracción generada por el usuario por lo cual se estima un porcentaje de tránsito atraído del 4% y un tránsito generado de 10%, de ahí que para el diseño del pavimento rígido el **Tránsito total de diseño** es:

$$\text{TRÁNSITO TOTAL DE DISEÑO} = 1.129.665 * 1.14 = 1.287.818 \text{ Vehículos}$$

Para determinar el número total de vehículos por tipo se tomó en cuenta la distribución en porcentaje del conteo realizado indicado en la tabla 2.8, así:

**Tabla 2.8.** Composición final del tránsito de diseño

VEHÍCULOS	TRÁNSITO TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2-P	C2-G
% de acuerdo a conteo	100%	43,8%	13,5%	42,7%	22,5%	17,5%
Nº de Vehículos	1.287.818	564.064	173.855	549.898	123.727	96.232

VEHÍCULOS	* C2-S2	C5	>C5
% de acuerdo a conteo	58,8%	0,0%	1,3%
Nº de Vehículos	323.065	0	6.874

**2.4.5 Distribución de cargas por eje.** Con base en las reglamentaciones autorizadas por el Ministerio de Transporte, relacionadas con la distribución porcentual de cargas para cada tipo de eje para pesos brutos vehiculares, la cuales se indican en la tabla 2.9, se determinan las magnitudes de carga del tránsito acumulado en el periodo de diseño:

**Tabla 2.9.** Cargas máximas y distribución de carga por eje

TIPO DE VEHÍCULO	DISTRIBUCIÓN DE CARGA POR EJE EN PORCENTAJE			PESO BRUTO MÁXIMO (Toneladas)
	EJE DELANTERO S.R.S	EJE TRASERO S.R.D. / T.R.D.	EJE REMOLQUE T.R.D. / TRID	
<b>BUSES</b>	35	65		10
<b>C2-P</b>	29,5	70,5		8,5
<b>C2-G</b>	37,5	62,5		16
<b>C3</b>	26	74		28
<b>C3-S2</b>	15	42,5	42,5	48
<b>C3-S3</b>	14	40	46	52

**2.4.6 Espectro de cargas por eje.** Con base en las anteriores consideraciones, para fines del dimensionamiento estructural del pavimento rígido utilizando el método de la PÓRTLAND CEMENT ASSOCIATION (P.C.A.), en la tabla 2.10, se muestran los espectros de carga para un período de diseño de 20 años.

**Tabla 2.10.** Espectros de carga por eje

CARGA SIMPLE (ton)	REPETICIONES ESPERADAS	CARGA TANDEM (ton)	REPETICIONES ESPERADAS	CARGA TRIDEM (ton)	REPETICIONES ESPERADAS
10	96.232	20,80	6.874	23,92	6874
7,28	329.939	20,72	323.065		
7,2	0	20,40	0		
6,5	173.855				
6	219.959				
3,5	173.855				
2,5	123.727				

## **CAPITULO III**

### **EVALUACIÓN GEOTÉCNICA**

#### **3.4 INTRODUCCIÓN**

Las solicitaciones a las que se encuentra sometida la cimentación de una estructura de pavimento son específicas y diferentes de las que tiene que soportar un suelo como cimiento de otra estructura cualquiera. El suelo es un elemento determinante en el diseño de pavimentos, ya que además de servir como soporte es parte integral de la estructura. De la calidad del suelo depende en buena parte el espesor final del pavimento, por lo que se hace necesario conocer su clasificación, composición, procesos de formación, etc., lo que conlleva necesariamente a realizar estudios de suelos detallados, los cuales están orientados a determinar entre otros la capacidad portante del suelo, estratigrafía, propiedades granulométricas, de plasticidad, condiciones de humedad, posición del nivel freático, CBR de diseño y la homogeneidad del suelo natural, información que se obtiene a través de la programación de una serie de pruebas de campo y de laboratorio, las cuales permiten determinar e identificar las zonas homogéneas de diseño.

#### **3.5 RELACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO**

Inicialmente se realizó una visita de campo preliminar con el fin de tener una idea del estado y las condiciones geotécnicas y de drenaje actuales de la vía y así programar las actividades y pruebas de campo necesarias que permitirán conjuntamente con los ensayos de laboratorio realizar los estudios de suelos que tienen como objetivo primordial determinar de manera real y objetiva el tipo, composición, propiedades físico-mecánicas y características de suelo sobre el cual se construirá la estructura del pavimento a diseñar.

Con base en la información obtenida del estudio de suelos realizado por el LABORATORIO DE INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD a cargo del Ing. José Luís Cuayal, se procedió a realizar el muestreo superficial mediante excavación de pozos a cielo abierto, identificando los sitios donde se harían los sondeos y apiques, los cuales se trabajaron hasta 1,50 metros de profundidad promedio. Los sondeos realizados tuvieron un diámetro de 40 centímetros, una vez se obtuvo la información de estos sondeos, se determinó realizar la excavación de seis apiques.

A continuación en la tabla 3.1.A, y en la Tabla 3.1.B, respectivamente se presenta una relación y ubicación de los diferentes sondeos y apiques realizados, los cuales se encuentran referenciados de acuerdo al abscisado de la vía así:

**Tabla 3.1.A.** Localización de sondeos

Sondeo N°	Abscisa	N° de Muestras	Profundidad del apique
1	K0+000 - Izquierda	3	1.50m.
2	K0+250 - Derecha	3	1.50m.
3	K0+500 - Centro	4	1.60m.
4	K0+750 - Izquierda	2	1.50m.
5	K1+000 - Centro	2	1.50m.
6	K1+250 - Derecha	2	1.50m.
7	K1+500 - Centro	2	1.50m.
8	K1+750 - Izquierda	2	1.50m.
9	K2+000 - Centro	1	1.50m.
10	K2+250 - Derecha	2	1.50m.
11	K2+500 - Centro	3	1.50m.

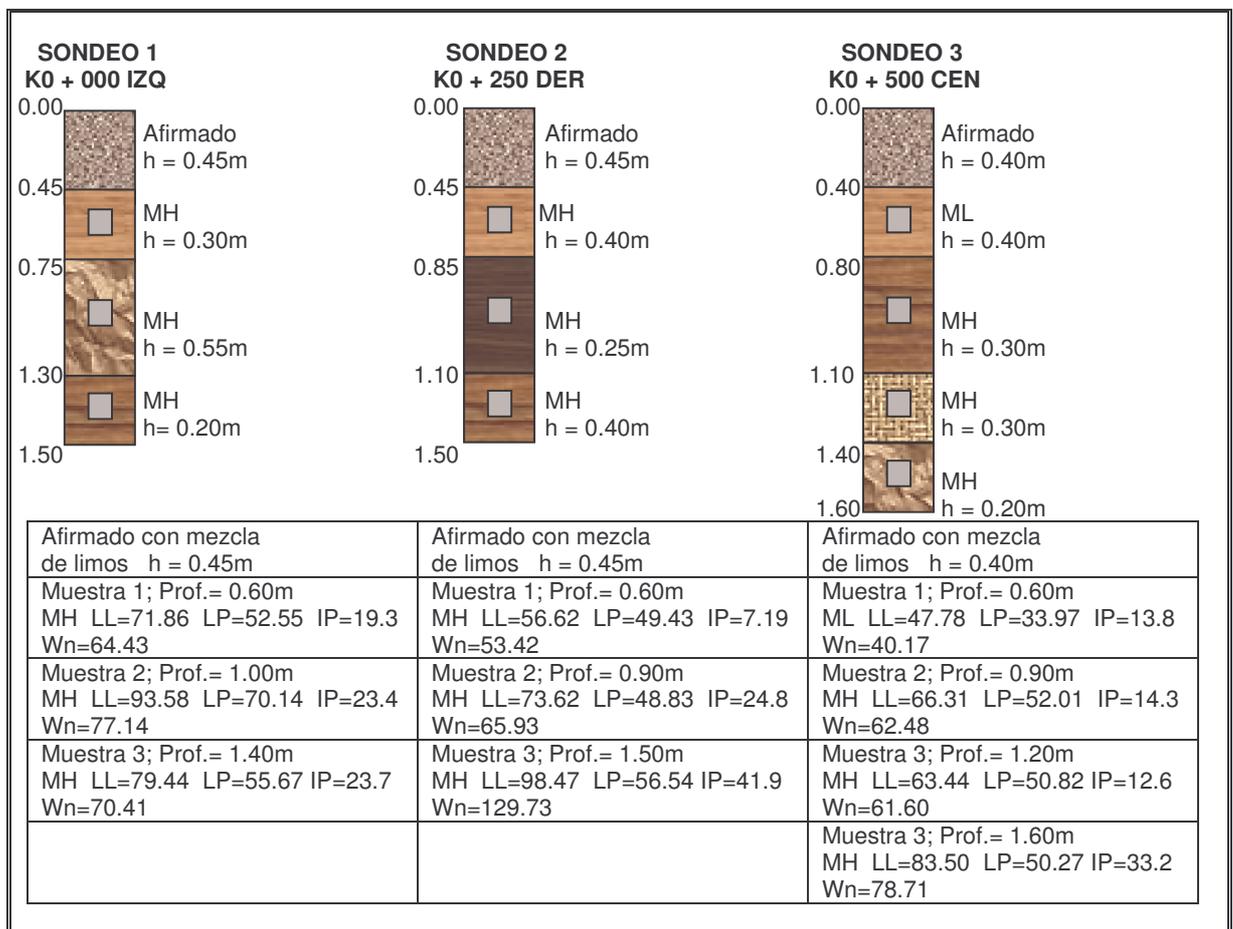
**Tabla 3.1.B.** Localización de apiques

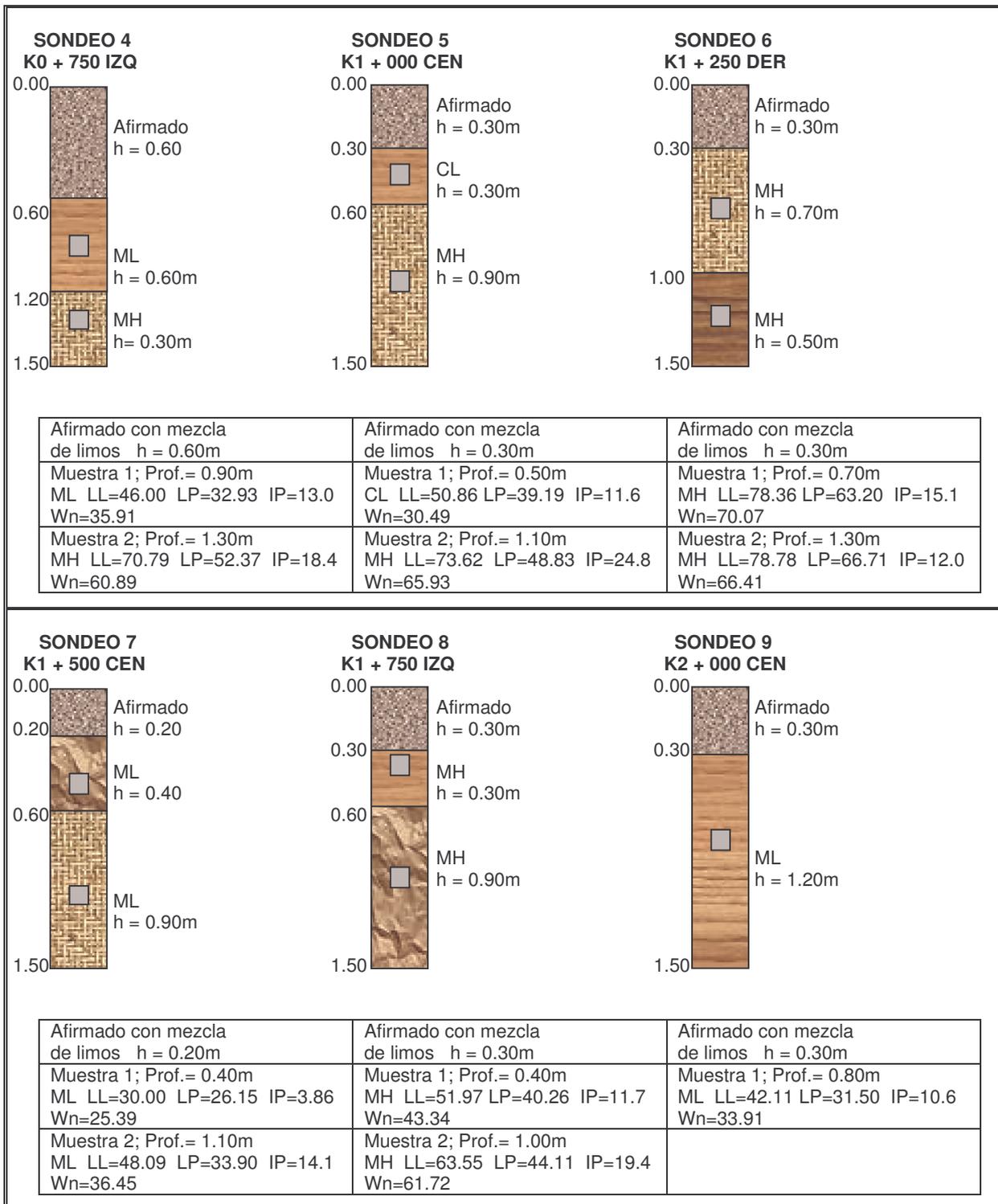
Apique N°	Abscisa	N° de Muestras	Profundidad del apique
1	K0+250 - Derecha	2	1.50m.
2	K0+500 - Centro	2	1.50m.
3	K1+000 - Centro	1	1.50m.
4	K1+750 - Izquierda	1	1.50m.

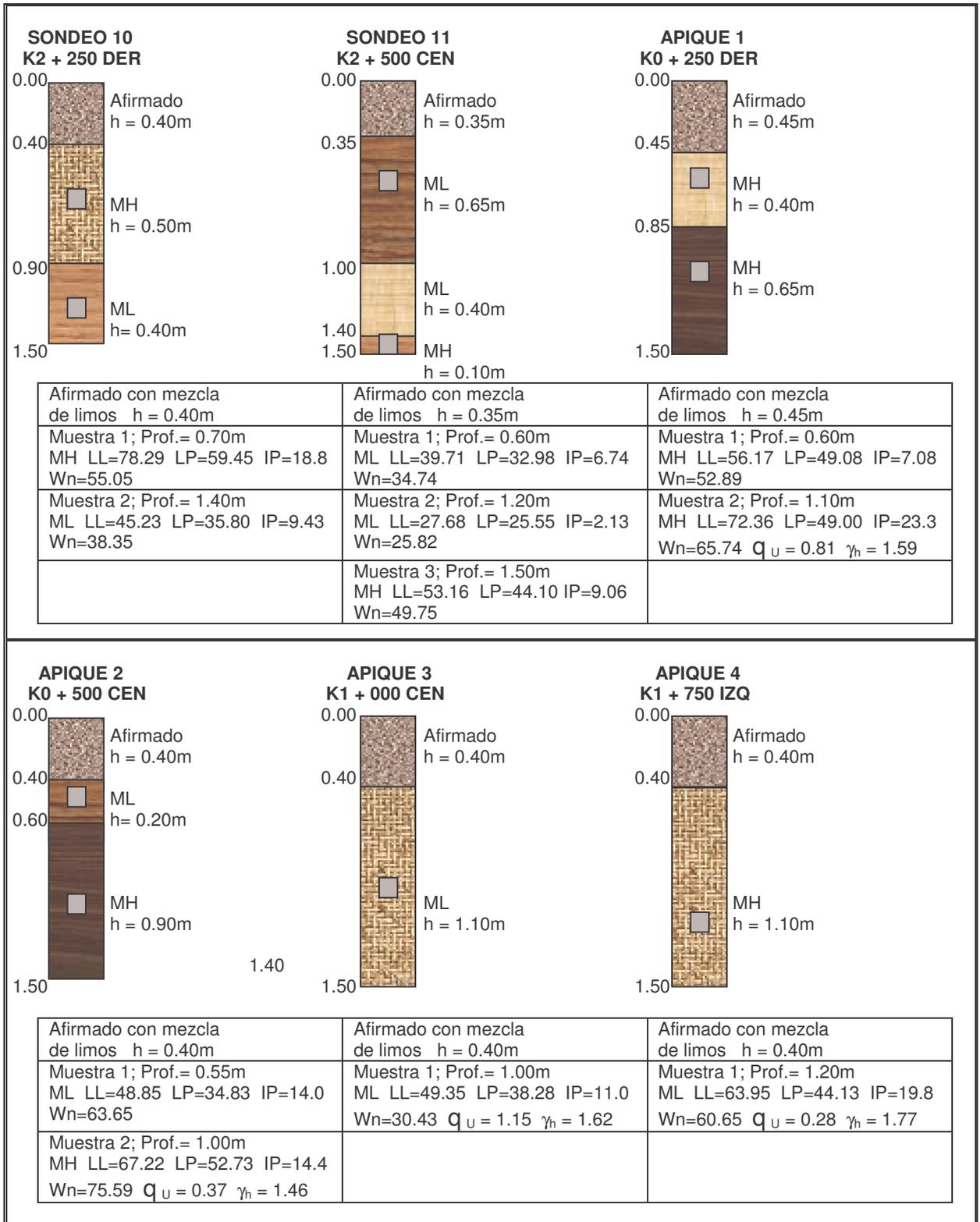
### 3.6 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

**3.6.1 Descripción del perfil estratigráfico.** La información de los diferentes ensayos y estudios de suelos realizados los cuales conllevan a determinar las características físicas y mecánicas, resistencia y capacidad portante del suelo, nivel de agua freática, así como el perfil estratigráfico del sector a intervenir para la construcción de la estructura de pavimento sobre la vía proyectada, reportan la siguiente información figura 3.1.

**Figura 3.1.** Resultados de Sondeos y Apiques – Perfiles Estratigráficos







**Apique N° 1:** Conformado por tres capas así:

Material de afirmado mezclado con limos hasta una profundidad de 40cm, a partir de este nivel y hasta una profundidad de 0,60 m, se presenta un limo-arcilloso orgánico de alta compresibilidad de consistencia blanda, color café clasificada como MH A-5 con humedades altas de  $W_n= 52,89\%$  y un índice de plasticidad de  $I_p=7,08\%$ , posteriormente y hasta una profundidad de 1,50 m, se encuentra un estrato limo-arcilloso de alta compresibilidad, consistencia media, color negro clasificado como MH A-7-5 con una humedad de  $W_n=65,74\%$  y un  $I_p=23,36\%$ .

**Apique N° 2:** Conformado por tres capas así:

Material de afirmado mezclado con limos hasta una profundidad de 40cm., a partir de este nivel y hasta una profundidad de 60cm, se presenta un limo-arcilloso de baja compresibilidad de consistencia blanda, color café clasificada como ML A-7-5 con humedades altas de  $W_n= 63,65\%$  y un índice de plasticidad de  $I_p=14,02\%$ , posteriormente y hasta una profundidad de 1,50 m, se encuentra un estrato limo-arcilloso de baja compresibilidad, consistencia blanda, color café con vetas negras y oxidadas clasificado como MH A-7-5 con una humedad de  $W_n=75,59\%$  y un  $I_p=14,49\%$ .

**Apique N° 3:** Conformado por tres capas así:

Material de afirmado mezclado con limos hasta una profundidad de 40cm, a partir de este nivel y hasta una profundidad de 1,50 m, se encuentra un estrato limo-arcilloso de alta compresibilidad, consistencia firme, color amarillo clasificado como ML A-7-5 con humedades de  $W_n=30,43\%$  y un índice de plasticidad  $I_p=11,07\%$ .

**Apique N° 4:** Conformado por tres capas así:

Material de afirmado mezclado con limos hasta una profundidad de 40cm, a partir de este nivel y hasta una profundidad de 1,50 m, se encuentra un estrato limo-arcilloso de alta compresibilidad, consistencia blanda, color café claro con vetas habanas y negras oxidadas clasificado como MH A-7-5 con humedades altas de  $W_n=60,65\%$  esto debido al considerable escurrimiento que presenta el talud en un cierto tramo de vía, por lo cual se debe contemplar la construcción de un filtro que garantice la conducción y evacuación de dichas aguas, se obtiene un índice de plasticidad  $I_p=19,82\%$ .

Se aclara que esta información recopilada es de naturaleza aleatoria y la misma será verificada con mayor detalle, al momento de intervenir la vía e iniciar los trabajos de construcción de la estructura de pavimento.

**3.6.2 Evaluación de la subrasante.** El estudio de suelos y los ensayos de C.B.R., realizados sobre la subrasante y los cuales superan profundidades de 1,00m, permiten aclarar que el valor de C.B.R. adoptado para el diseño de la estructura de pavimento será aquel que se sustenta en el conocimiento que se tiene acerca de la teoría de Boussinesq, la cual establece que la influencia del bulbo de presiones generada por el tránsito se estima de 2 a 3 veces el diámetro de la llanta sobre el área de contacto en consideración, además considerando que el material de afirmado que actualmente existe en al vía es de aceptables condiciones físico-mecánicas como lo confirman los resultados de los ensayos realizados al mismo y dadas las condiciones de capacidad portante de la subrasante encontrada, se utilizará la capa de afirmado como plataforma de apoyo para la estructura de pavimento a diseñar, el cual cumplirá funciones de capa de mejoramiento.

Con base en la información obtenida a continuación se relacionan los diferentes valores de C.B.R. realizados, los cuales corresponden a la subrasante encontrada en los diferentes tramos de la vía sin tener en cuenta el afirmado existente en toda la extensión de la misma, estos valores de C.B.R. se referenciaron en función del abscisado de la vía y de los apiques realizados los cuales se indican en las tablas 3.2 y 3.3.

**Tabla 3.2.** Valores de C.B.R. en la subrasante

RESULTADOS DE C.B.R.				
Apique Nº	Rangos de C.B.R. sumergido %		C.B.R. Promedio %	C.B.R. de diseño %
1	4,49	- 5,61	5,05	3,91
2	3,37	- 3,93	3,65	
3	3,51	- 4,02	3,77	
4	2,94	- 3,41	3,18	

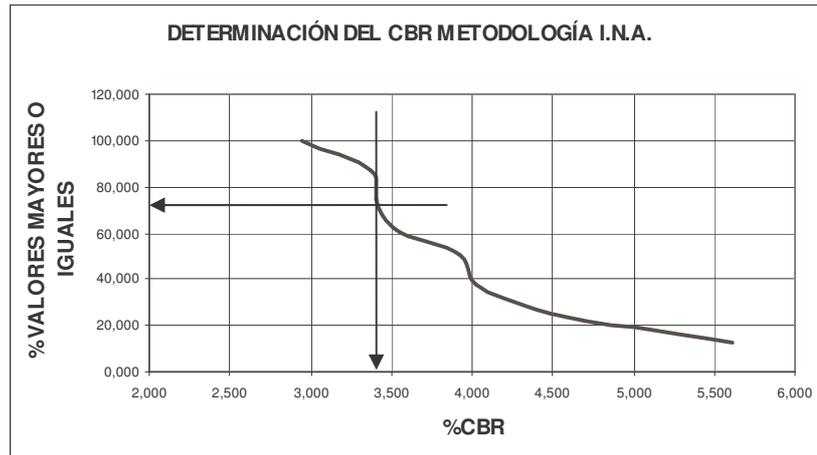
Con el fin de garantizar un mayor grado de confiabilidad en la escogencia del CBR de diseño y para la determinación de los módulos de las capas se determina un único CBR, mediante el análisis estadístico de los datos de CBR, método recomendado por el Instituto Nacional del Asfalto (I.N.A.). Por lo tanto, de acuerdo con las características de movilidad que tendrá la vía una vez se pavimente se estima que por la misma circulará un tránsito medio y por lo tanto se adopta un percentil del 75%, obteniéndose un CBR de diseño = **3.45%** como se indica en la figura 3,1

**Tabla 3.3.** Determinación del C.B.R. de diseño

CBR (%)	CBR EN ORDEN	VALORES	% VALORES
4,490	2,940	8	100
5,610	3,370	7	88
3,370	3,410	6	75
3,930	3,510	5	63
3,510	3,930	4	50

4,020	4,020	3	38
2,940	4,490	2	25
3,410	5,610	1	13

**Figura 3.2.** Determinación del CBR



**C.B.R. = 3,45%**

Es importante aclarar que dadas las características y condiciones de capacidad de resistencia de la subrasante encontrada, las cuales son aceptables y actuando con criterio ingenieril, se adopta como plataforma de apoyo para la estructura de pavimento a diseñar el afirmado existente actualmente en la vía, el cual cumplirá funciones de capa de mejoramiento.

**3.6.3 Tramos de estudio.** Con base en los estudios de suelos realizados, nos permitieron establecer dos tramos de vía que conllevan al análisis y obtención de las unidades homogéneas de diseño.

TRAMO	REFERENCIACIÓN
A	K0+000 al K1+700
B	K1+700 al K2+750

#### **TRAMO A: K0+000 al K1+700**

- Material de afirmado con mezcla de limos cuyo espesor varia entre 0,40 a 0,50m.
- Estratos de suelos clasificados como ML y MH, de humedades altas y consistencia blanda con espesores que varían entre 0,20 y 0,40m.
- Estratos de suelos clasificados como MH A-7-5, de humedades altas y consistencias medias con espesores que varían entre 0,60 y 0,90m.

#### **TRAMO B: K1+700 al K2+750**

- Material de afirmado con mezcla de limos cuyo espesor es de 0,40m.
- Estratos de suelos clasificados como MH A-7-5, de humedades altas y consistencia firme y blanda cuyos espesores son de 1,10m.

**3.6.4 Determinación y análisis de las unidades homogéneas de diseño.** Los siguientes son los resultados de la evaluación geotécnica realizada y que son determinantes en el diseño de la estructura de pavimento.

Se encontraron los siguientes tipos de estratos predominantes:

- Material de afirmado con mezcla de limos que varían entre 0,40 a 0,50m. de espesor.
- Limos de baja y alta compresibilidad clasificados como ML y MH, pertenecientes al grupo A-5 y A-7-5 de humedades altas y consistencias blandas con profundidades que varían entre 0,20 y 0,40m.

- Limos de baja y alta compresibilidad clasificados como ML y MH, pertenecientes al grupo A-7-5 de humedades altas y consistencias blandas con profundidades que varían entre 0,60 y 0,90m.
- Con respecto a los ensayos de C.B.R. realizados los mismos varían de cierta manera en rangos pequeños de  $3 < \text{CBR} < 4.5$  y de  $2.9 < \text{CBR} < 3.5$  entre los correspondientes tramos, lo cual repercute en cierta manera en la determinación de las unidades homogéneas de diseño.
- La temperatura promedio es de  $T^{\circ} = 14.5$  °C, lo que hace que el clima predominante de la zona se clasifique como frío.
- La sección longitudinal y transversal de la vía se considera en general ondulada.
- Al no existir condiciones óptimas de drenaje las mismas se deben considerar en el diseño.

Por las características y similitud en los suelos predominantes y los valores de capacidad portante del suelo se considera una **UNIDAD DE DISEÑO** en la cual se contemplan los siguientes análisis:

- Predominan capas de material de afirmado mezclado con limos, estratos de suelos limo-arcillosos de baja y alta compresibilidad de consistencia semi-blanda clasificados como ML y MH pertenecientes al A-5 y A-7-5 según la SUCS y la AASHTO.
- Los altos contenidos de humedad natural  $W_n$  encontrados varían entre el 53% y el 70%, lo que hacen prever la construcción de filtros.

- Los índices de plasticidad ( $I_p$ ) varían entre 7,08% y 23,36%.
- La capa de afirmado existente es de características NP y NL, presenta un índice de plasticidad  $I_p=0$ , con sobre tamaños que varían de 2" hasta 3" relativamente en bajos porcentajes de su contenido, por lo que este material debe ser aprovechado y utilizado como capa de mejoramiento.
- Se obtienen valores de CBR mayores al 3%, que permiten establecer que la capacidad de soporte para el tipo de subrasante encontrada es de mediana resistencia. Se adopta un único valor de C.B.R. de diseño igual a 3,45%.

## **CAPITULO IV**

### **MATERIALES**

#### **4.7 INTRODUCCIÓN**

Los diversos materiales a utilizar para la conformación de las diferentes capas que resulten del diseño obtenido para las estructuras del pavimento flexible y rígido como el caso de la subbase, base, carpeta asfáltica y placa en concreto hidráulico una vez se seleccione a una de ellas para su construcción, deberán satisfacer los requisitos indicados en la Norma INVIAS, correspondiente a cada uno de las capas a construir así:

#### **4.8 AFIRMADO**

Los agregados para la construcción del afirmado deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en el aparte 300.2 del artículo 300 para dichos materiales, además deberán ajustarse a la siguiente curva granulométrica como se indica en la tabla 4.1.

Es de aclarar que con el fin de disminuir costos en la construcción de la estructura de pavimento a diseñar, se propone utilizar el material de afirmado existente en la vía, al cual se le debe realizar un ajuste en su composición granulométrica para dar cumplimiento a la norma o requisitos exigidos por el INVIAS para este material.

**Tabla 4.1.** Granulometría para afirmado

TAMIZ		PORCENTAJE
Normal	Alterno	A-1
37.5mm	1 1/2"	100
25.0mm	1"	-
19mm	3/4"	65-100
9.50mm	3/8"	45-80
4.75mm	Nº 4	30-65
2.00mm	Nº 10	22-52
425mm	Nº 40	15-35
75mm	Nº 200	15-25

#### 4.9 SUBBASE

El material suministrado para tal fin, deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa (Art. 330), como se indica en la tabla 4.2.

El material a emplear para la elaboración de subbase será el que resulte de mezclar parte del material de afirmado existente en la vía previa selección y retiro de los sobre tamaños mayores de 1 1/2" y un material proveniente de la mina ubicada en la Vereda La Chorrera perteneciente al Municipio de Túquerres cuyas características son: Límite líquido = NL, Límite plástico = NP, Índice de Plasticidad = 0, y la granulometría cumplen con las normas estipuladas del INVIAS, de acuerdo a la tabla 4.2.

**Tabla 4.2.** Granulometría para subbase

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alterno	SBG-1
50.0mm	2"	100
37.5mm	1 1/2"	70-100
25.0mm	1"	60-100

19mm	1/2"	50-90
9.50mm	3/8"	40-80
4.75mm	Nº 4	30-70
2.00mm	Nº 10	20-55
425mm	Nº 40	10-40
75mm	Nº 200	4-20

#### 4.10 BASE GRANULAR

El material suministrado para tal fin, deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa (Art. 330), como se indica en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3.** Granulometría para base

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
Normal	Alternativo	SBG-1	SBG-2
37.5mm	1 1/2"	100	-
25.0mm	1"	70-100	100
19mm	1/2"	60-90	70-100
9.50mm	3/8"	45-75	50-80
4.75mm	Nº 4	30-60	35-65
2.00mm	Nº 10	20-45	20-45
425mm	Nº 40	10-30	10-30
75mm	Nº 200	5-15	5-15

#### 4.11 MEZCLA DENSA EN CALIENTE (M.D.C.)

Los agregados pétreos y el llenante mineral para la elaboración de mezclas densas en caliente deberán satisfacer los requisitos de calidad impuestos para ellos por el aparte 400.2.1 del artículo 400. El material por suministrar para la elaboración del cemento asfáltico será de penetración 60-70 de acuerdo con las características de la mezcla o del proyecto que cumpla los requisitos de calidad establecidos por la Norma INVIAS (Art. 400). El conjunto de agregado grueso,

agregado fino y llenante mineral deberá ajustarse a alguna de las gradaciones de la tabla 4.4.

Para la colocación de la capa de rodadura en concreto asfáltico se preverá la mezcla densa en caliente tipo MDC-2, elaborada y suministrada por la planta asfáltica Conalcreto ubicada en la localidad de Pilcuán, cuyas características concernientes a la misma se indican en el anexo 8.

**Tabla 4.4.** Granulometría para mezcla asfáltica

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
Normal	Alterno	MDC-1	MDC-2	MDC-3
25.0mm	1"	100	-	-
19.0mm	3/4"	80-100	100	-
12.5mm	1/2"	65-75	80-100	-
9.50mm	3/8"	60-77	70-88	100
4.75mm	Nº 4	43-54	51-68	65-87
2.00mm	Nº 10	29-45	38-52	43-61
425mm	Nº 40	14-25	17-28	16-29
180mm	Nº 80	8-17	8-17	9-10
75mm	Nº 200	4-8	4-8	5-10

#### 4.12 PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado fino y grueso. Las losas se deben construir con un concreto que garantice como mínimo una resistencia a la flexión o módulo de rotura MR, el cual se debe cumplir mediante un control de selectividad, calidad y cantidad en el suministro de los materiales que se utilicen en la elaboración de la mezcla de concreto.

Para la elaboración de la mezcla de concreto hidráulico, se utilizarán materiales de agregado grueso (triturado) y fino (arena) provenientes de la mina ubicada en la localidad de Pilcuán, cuyos agregados son cantos rodados obtenidos del Río

Guáitara y cuyas características granulométricas, desgaste, peso específico, etc., se indican en el anexo 3, los cuales cumplen con los requisitos establecidos por el INVIAS.

## **CAPITULO V**

### **DISEÑO DEL PAVIMENTO**

#### **5.5 INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se indica la metodología utilizada mediante la aplicación de métodos para el diseño de estructuras tanto para pavimentos flexibles como rígidos. Para el diseño de un pavimento flexible se hará uso del método AASHTO para posteriormente realizar el chequeo del diseño por el método RACIONAL y en el diseño del pavimento rígido se utilizará el método de la PÓRTLAND CEMENT ASSOCIATION (P.C.A.).

Los métodos anteriormente relacionados sustentan sus resultados en procesos analíticos, experimentales y racionales, cuyos criterios generales de diseño se basan en la observación del desempeño y en el cálculo de los esfuerzos y deformaciones y la determinación de las propiedades elásticas y visco-elásticas de los materiales que conformaran la estructura para el caso de los pavimentos flexibles y el análisis de erosión de la subrasante, como también el de fatiga, bombeo y el escalonamiento en las losas de concreto hidráulico para los pavimentos rígidos.

#### **5.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE**

Los criterios generales de diseño de los pavimentos flexibles, se basan en el control de dos tipos esfuerzos y de deformaciones: La deformación de tracción en la base de la carpeta y la deformación de compresión vertical en la capa de la subrasante, de ahí que el diseño de pavimentos flexibles está enfocado hacia la utilización de métodos analíticos o racionales teniendo en cuenta los materiales que conforman las capas de la estructura de pavimento, con el fin de considerar el

efecto dinámico de las solicitaciones reales impuestas por las cargas de los vehículos.

## 5.2.1 Diseño de la estructura por el método AASHTO

**5.2.1.1 Variables de diseño.** Las variables de diseño consideradas en el dimensionamiento de los pavimentos flexibles son las siguientes:

**5.2.1.1.1 Tránsito.** El número de ejes equivalentes de una carga de referencia igual a 8,2 toneladas y que circularán por la vía en estudio en el carril de diseño, durante el período de diseño obtenido en el capítulo II es de:

$$N' = 1.246.818 \text{ Ejes equivalentes de 8.2 Toneladas}$$

**5.2.1.1.2 Serviciabilidad.** En el proceso para el diseño de la estructura de un pavimento flexible se debe determinar la curva de deterioro sobre la misma debido a la acción combinada del tránsito y del clima. El deterioro se expresa en función del índice de serviciabilidad presente, el cual se obtiene a partir de medidas de rugosidad y del deterioro del pavimento tales como parcheo, fisuras y deformaciones en su estructura.

$$\text{Serviciabilidad inicial } (P_o) = 4,2$$

$$\text{Serviciabilidad final } (P_f) = 2,0$$

$$\text{Pérdida de Serviciabilidad: } \Delta\text{PSI} = P_o - P_f = 2,2$$

**5.2.1.1.3 Confiabilidad.** Es la probabilidad de que el sistema estructural que conforma el pavimento cumpla su función prevista, dentro de su vida útil bajo las condiciones que tienen lugar en ese lapso de tiempo.

Normalmente la confiabilidad en carreteras clasificadas como colectoras de tipo rural se considera entre el 75% y el 95% según recomendación hecha por la AASHTO, por lo tanto se asume un valor de confiabilidad del 90% para lo cual se obtiene un Error Standard  $S_o=0.49$  y una Desviación Normal Standard  $Z_r=-1,283$ , esto debido a que se contempla de que existen errores en los conteos de tránsito realizado.

**5.2.1.1.4 Resistencia de la subrasante.** La caracterización de la subrasante, se hace por medio del ensayo triaxial dinámico mediante la determinación del módulo resiliente, sin embargo según la norma AASHTO T-274, en caso de no disponer del equipo de laboratorio necesario para realizar dicho ensayo; la obtención del módulo resiliente se hace en base a otros ensayos como el C.B.R., y según estudios de Heukelom y Klomp la correlación entre el C.B.R. y el módulo resiliente se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Módulo Resiliente (Mr)} = 1500 * \% \text{ C.B.R. (PSI)}$$

$$\text{Mr} = 100 * \% \text{ C.B.R. (Kg/cm}^2\text{)}$$

Con base en la información obtenida a través de los estudios de suelos realizados en los sondeos y apiques a profundidades similares, se determinan diferentes valores de C.B.R., los cuales permiten determinar que la subrasante encontrada posee una capacidad de resistencia y soporte de aceptables condiciones, sin embargo, se presenta una situación particular en el diseño de la estructura para la vía en estudio, en la cual se propone utilizar como plataforma de apoyo un afirmado existente para la estructura de pavimento a diseñar.

Este afirmado existente en la vía a intervenir, que sin duda, aportará cierta capacidad de soporte e incremento de resistencia a la subrasante encontrada, ya que como lo confirman los resultados de los ensayos realizados al material, con una humedad y compactación controlada se obtiene una densidad de 1,739 gr/cm<sup>3</sup>, cuyo valor garantiza un C.B.R. de 14.60%.

En ese orden de ideas y teniendo en cuenta el análisis estratigráfico, humedades naturales, granulometrías y límites de Atterberg y las unidades homogéneas de diseño obtenidas de esta evaluación se adopta como C.B.R. de diseño un valor de 14.60 %, valor a utilizar en el diseño de la estructura de pavimento y el cual además permite determinar los correspondientes módulos de cada una de las capas que conforman la estructura de pavimento, lo anterior apoyados en el conocimiento que se tiene acerca de un parámetro el cual establece que el C.B.R., del conjunto (subrasante-mejoramiento), debe desarrollar como mínimo un C.B.R. del 5% o que el módulo resiliente del conjunto debe incrementarse entre 1.5 a 2.5 veces el módulo resiliente de la subrasante débil, adoptando un nivel de confianza (N.C.)= 50%, de ahí que el módulo resiliente de la subrasante sería:

$$\text{Mr. Sbte} = 1500 * 3,45\% = 5175 \text{ PSI}$$

**5.2.1.1.5 Propiedades de los materiales que conforman la estructura del pavimento flexible.** Se plantea inicialmente diseñar una estructura típica la cual está constituida por una subbase granular, base granular y carpeta asfáltica, la caracterización de las capas granulares que conforman la estructura de un pavimento se realiza por medio del módulo resiliente o del C.B.R., sin embargo en el método AASHTO, mediante la determinación del coeficiente de aporte estructural  $a_i$ , permite convertir su espesor en un número estructural, siendo este la medida de la capacidad relativa del material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

**5.2.1.1.5.1 Subbase granular.** Considerando como valor mínimo permitido por el INVIAS un C.B.R.= 30%, para la capa de subbase y utilizando la figura N° 2.7 "Variación del coeficiente  $a_3$  con diferentes parámetros de resistencia de la subbase ", se obtiene el coeficiente estructural y el módulo resiliente de la subbase así:

$$C_{\text{sub-base}} = 0,11 \quad \text{Mr. Sbg} = 15000 \text{ P.S.I. (Ver gráfico 5.2)}$$

**5.2.1.1.5.2 Base granular.** Igualmente tomando como valor mínimo permitido por el INVIAS un C.B.R.= 100%, para la capa de base y utilizando la figura N° 2.6 "Variación del coeficiente  $a_2$  con diferentes parámetros de resistencia de la base ", se obtiene el coeficiente estructural y el módulo resiliente de la base así:

$$C_{\text{base}} = 0,14 \quad \text{Mr. Bg} = 30000 \text{ P.S.I. (Ver gráfico 5.1)}$$

### **5.2.1.1.5.3 Carpeta asfáltica**

**Determinación de la temperatura de la mezcla.** Para establecer la temperatura de la mezcla asfáltica para la vía en estudio, inicialmente se asume un espesor de carpeta asfáltica de 10mm y con el registro de la temperatura media ambiente (W-MAAT) para el Municipio de Guaitarilla la cual es de 14,5°C, según información obtenida del HIMAT y utilizando el diagrama RT, el cual relaciona la temperatura ambiente y la temperatura de la mezcla se determino la temperatura de la mezcla ( $T_{\text{mix}}$ ).

$$\text{Espesor de mezcla asumido} = 10\text{mm} \quad T_{\text{mix}} = 22.5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{Ver gráfico 5.3})$$

**Características de la mezcla asfáltica.** El manual de la SHELL califica las mezclas asfálticas mediante uno códigos los cuales están en función de la rigidez, condiciones de fatiga y la penetración del asfalto, por lo tanto considerando estas condiciones se construirá una carpeta asfáltica la cual estará constituida por una mezcla asfáltica cuyas características de módulo de elasticidad dinámico y leyes de fatiga son las siguientes: Mezclas densas de concreto asfáltico con porcentajes moderados de vacíos, alta rigidez (**S1**) y mayor resistencia a la fatiga (**F1**), Penetración del asfalto envejecido **50mm** para cementos asfálticos 60-70.

Una vez caracterizado el asfalto y definida la similitud de la mezcla con los correspondientes códigos y mediante la utilización de la curva maestra recomendada por la SHELL, la cual permite determinar el stiffness de la mezcla en función de su temperatura y para frecuencias de sollicitación de carga de 10 Hertz que corresponde a velocidades de circulación estimadas entre 50 y 60Km/h, se determina el módulo dinámico (**Edin**) para las condiciones de servicio de la carpeta asfáltica, cuyo valor es:

$$\mathbf{Edin = 3,8E+0.9 Nw/m^2 = 38.000 Kg/cm^2}$$

**Código de la mezcla = S1F1-50** (ver figura 5.4)

Con el módulo dinámico de la mezcla asfáltica obtenida en P.S.I. y utilizando la figura No.5.5 "**Coefficiente  $\alpha_1$  en función del módulo resiliente del concreto asfáltico**", se determina el coeficiente estructural del concreto asfáltico.

$$\alpha_1 = 0,46$$

$$Edin = 542.857 \text{ PSI (Ver gráfico 5.5)}$$

**5.2.1.1.6 Coeficiente de drenaje.** Los coeficientes de drenaje se determinan en función de su calidad y del porcentaje de tiempo en que el pavimento está

expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, durante las épocas de invierno ocurridas en el año.

El método AASHTO tiene en cuenta la influencia del agua en la resistencia y el potencial expansivo de la subrasante, como también la resistencia de las capas que conforman la estructura del pavimento, por lo tanto se deben evaluar las condiciones de humedad y densidad de la subrasante recopilando la información climática que contengan datos relacionados con las intensidades de lluvias, precipitaciones, temperatura ambiente de la región, etc., lo que permitirá además determinar el comportamiento que tendrá la mezcla asfáltica cuando este en uso. Siendo entonces los factores de drenaje recomendados por la AASHTO solo para capas granulares, los que influyen en la variación de los coeficientes estructurales de cada una de las capas y los cuales hacen referencia a la medida de la calidad del drenaje la cual se determina por el tiempo de permanencia del agua en la estructura del pavimento y la capacidad de este drenaje para perder o evacuar hasta un nivel de saturación del 50%, así la calidad del drenaje se califica como se indica en la tabla N° 5.1.

**Tabla N° 5.1.** Calidad del drenaje

<b>Tiempo de evacuación</b>	<b>Calidad del drenaje</b>
Dos horas	Excelente
Un día	Bueno
Una semana	Aceptable
Un mes	Pobre
No drena	Muy pobre

$$\% \text{ Tiempo} = \frac{\text{Tiempo de máxima precipitación}}{\text{Tiempo total del año}} * 100\%$$

Calidad del Drenaje	% De tiempo en que la estructura está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1.0 %	1.0 - 5.0 %	5.0 - 25.0 %	> 25.0 %
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	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

En el Municipio de Guaitarilla relativamente se consideran dos períodos de intensas lluvias en el año, que corresponden generalmente a los meses de marzo-abril y octubre-noviembre para un total de cuatro (4) meses que en porcentaje representa el 33% del total de los meses del año, período en el cual la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación. Por otro lado se considera que la estructura drenara el agua en un periodo máximo de un día, por lo cual se le estima que la calidad del drenaje es **BUENO**, por lo tanto se obtiene un coeficiente de drenaje para capas granulares de:

$$m_2 \text{ y } m_3 = 1$$

5.2.1.1.7 **Calculo del número estructural.** El número estructural es un valor abstracto que representa la resistencia total de la estructura del pavimento para unas condiciones particulares de tránsito, serviciabilidad, confiabilidad y resistencia y es igual a la sumatoria del producto de los espesores de cada capa ( $H_i$ ) por su coeficiente estructural ( $\alpha_i$ ) y por su coeficiente de drenaje ( $m_i$ ).

Mediante la utilización del algoritmo AASHTO se obtiene el número estructural para cada una de las capas que conforman la estructura de un pavimento flexible, para luego determinar los espesores de las capas del estructura en consideración, figura 5,1.

**Figura 5.1.** Determinación del Número Estructural

Modified AASHTO Flexible Pavement Equation

Inputs

St. Normal Deviate (Zr)	1.283	Initial Serviceability (Po)	4.2
Overall St. Deviation (So)	0.49	Terminal Serviceability (Pt)	2.0
No. of Application (wt18)	1246818	Soil Resilient Modulus (Mr)	5175

Execute

Reset

Main Menu

Structural Number (SN)

SN = 3.962895

$$SN_3 \text{ (Subrasante)} = 3,96$$

$$SN_2 \text{ (Subbase)} = 2,74$$

$$SN_1 \text{ (Base)} = 2,13$$

**5.2.1.1.8 Determinación de los espesores de las capas.** Para determinar los espesores de las capas que conformarán la estructura del pavimento se utiliza el método de protección de capa o análisis por componentes en el que se debe chequear que los espesores obtenidos cumplan los mínimos espesores recomendados por la AASHTO en función del número de ejes equivalentes, los cuales se indican en la tabla No.5.2.

**Tabla N° 5.2.** Espesores de las capas granulares

<b>ESPEORES MÍNIMOS</b>		
<b>N*10<sup>6</sup></b>	<b>C.A. (plg)</b>	<b>B.G. (plg)</b>
< 0.05	1.0 ó TSD	4.0
0.05 - 0.15	2.0	4.0
0.15 - 0.50	2.5	4.0
0.50 - 2.00	3.0	6.0
2.00 - 7.00	3.5	6.0
> 7.00	4.0	6.0

**5.2.1.1.8.1 Procedimiento.** Una vez obtenido el número estructural para cada una de las capas (**SN<sub>3</sub>, SN<sub>2</sub>, SN<sub>1</sub>**), mediante la utilización del algoritmo AASHTO, se determinan los espesores de la capa de rodadura y de la capa de base granular respectivamente y se chequea si los mismos cumplen con los espesores mínimos recomendados por la AASHTO, si cumple esta condición se calcula el nuevo número estructural para la capa en consideración y seguidamente se continua con las demás capas, este proceso de cálculo se indica a continuación:

$$* H_1 \geq SN_1/a_1$$

$$SN_{real} = a_1 * H_1 \geq SN_1$$

$$* H_2 \geq \frac{SN_2 - SN_{1real}}{a_2 * m_2}$$

$$SN_{2real} = SN_{1real} + a_2 * H_2 * m_2 \geq SN_2$$

$$* H_3 \geq \frac{SN_3 - SN_{2real}}{a_3 * m_3}$$

$$SN_{3real} = SN_{2real} + a_3 * H_3 * m_3 \geq SN_3$$

### 5.2.1.1.9 Alternativa de diseño

#### 5.2.1.1.9.1 Espesor de la carpeta asfáltica

$$SN_1 = a_1 * H_1$$

$$H_1 = SN_1 / a_1 = 4,63 \text{ Plg}$$

Para un tránsito equivalente de 1.246.818, el espesor mínimo recomendado por la AASHTO para la carpeta asfáltica es de 3.0", por lo tanto el espesor calculado de 10,76cm, cumple, sin embargo por procesos constructivos se adopta un espesor de carpeta de 12cm.

$$H_1 = 12 \text{ cm}$$

$$H_1 = 4,80 \text{ Plg}$$

$$SN_{1\text{real}} = H_1 * a_1 \geq SN_1$$

$$2,21 > 2.13 \quad \text{OK!}$$

#### 5.2.1.1.9.2 Espesor de la base granular

$$SN_2 = SN_1 * a_2 * m_2 * H_2$$

$$H_2 = (SN_2 - SN_{1\text{real}}) / a_2 * m_2 = 3,80 \text{ Plg}$$

Para un tránsito equivalente de 1.246.818, el espesor mínimo recomendado por la AASHTO para bases granulares es de 6", por lo tanto el espesor calculado de 3,80" no cumple por lo que se adopta el espesor mínimo.

$$H_2 = 15\text{cm}$$

$$H_2 = 6\text{Plg}$$

$$\text{SN}_{2\text{real}} = \text{SN}_{1\text{real}} + a_2 * D_2 * m_2 \geq \text{SN}_2$$

$$3,05 > 2.74 \text{ OK!}$$

### 5.2.1.1.9.3 Espesor de la subbase granular

$$\text{SN}_3 = \text{SN}_2 * a_3 * m_3 * H_3$$

$$H_3 = (\text{SN}_3 - \text{SN}_{2\text{real}}) / a_3 * m_3 = 8,29\text{Plg}$$

$$H_3 = 21\text{cm} = 8,42\text{Plg}$$

$$\text{SN}_{3\text{real}} = \text{SN}_{1\text{real}} + a_3 * D_3 * m_3 \geq \text{SN}_3$$

$$3,97 > 3,96 \text{ OK!}$$

El método AASHTO, no contempla recomendación alguna con respecto a espesores mínimos en subbases granulares para un determinado número de ejes equivalentes, sin embargo como se puede verificar, el cálculo obtenido entrega un espesor de 16.3cm, y que por procesos constructivos se sugiere un espesor de subbase igual a 16cm, además con el fin de disminuir costos en la construcción de la estructura de pavimento diseñada y para dar aprovechamiento del material de afirmado existente en la vía el cual ha logrado una consolidación debido al tráfico que por la vía ha circulado se propone entonces utilizar dicha capa de mejoramiento como plataforma de apoyo en un espesor promedio de H= 24cm, y los 16cm, restantes del material de afirmado se deberán escarificar, seleccionar y

retirar los sobre tamaños de las partículas mayores a 2" para que dicho material cumpla como material de subbase de acuerdo con las especificaciones exigidas por el INVIAS para estos casos. Una vez realizada esta actividad se proyecta completar la capa de base y la carpeta asfáltica de la estructura diseñada.

**5.2.1.1.9.4 Modelo estructural.** La figura 5.2, es la modelación estructural obtenida para el diseño del pavimento flexible, mediante la utilización del método AASHTO:

**Figura 5.2.** Modelo Estructural método AASHTO



**5.2.1.1.10 Efectos ambientales.** La guía de diseño de la AASHTO tiene en cuenta los efectos que sobre el comportamiento de un pavimento tienen los factores ambientales. Por lo tanto es determinante en el diseño de pavimentos flexibles establecer con verdadero acierto la influencia que tienen los cambios de temperatura y humedad en la resistencia, durabilidad y capacidad de soporte que tienen los materiales que conforman las diferentes capas de la estructura de pavimento incluida la subrasante, otro aspecto importante es el potencial expansivo de la subrasante, ya que su efecto se ve reflejado en la pérdida de la calidad de la capa de rodadura y su serviciabilidad.

Para el caso de la vía en estudio las condiciones de humedad que presenta la subrasante, se encuentran bajo límites en general controlables como lo

comprueban los estudios estratigráficos realizados a todo lo largo de la vía, sin embargo en los sectores donde se presentan algunos contenidos considerables de humedad natural y escorrentías se contempla el diseño de obras de drenaje como el caso de filtros. Con relación a las condiciones ambientales las mismas se mantienen sobre límites tolerables, ya que es una región con intensidades de lluvia y calor moderadas.

**5.2.2 Verificación de la estructura por el método racional.** Los métodos racionales para el diseño de pavimentos flexibles parten de la modelación de una estructura, la cual queda definida por el conocimiento de sus espesores y por las características elástico-dinámicas de cada una de las capas componentes de la estructura.

Una vez definido el modelo de la estructura mediante la aplicación del método AASHTO, se realiza a continuación el chequeo del diseño de la estructura de pavimento flexible mediante la utilización del Método Racional, con el cual básicamente se deben determinar los valores de esfuerzos y deformaciones presentados en los diferentes puntos de interés de la estructura los cuales no deben superar los valores admisibles. Estos valores están definidos con base en el tránsito expresado en el número de ejes equivalentes de referencia igual a 8.2 toneladas y utilizando las leyes de fatiga que relacionan la deformación a tracción en la carpeta asfáltica ( $\epsilon_t$ ) y la deformación a compresión ( $\epsilon_z$ ) conjuntamente con el esfuerzo vertical a compresión ( $\sigma_t$ ) sobre la subrasante.

En la metodología racional empleada para la verificación del diseño de pavimentos flexibles se consideran las siguientes etapas:

**5.2.2.1 Determinación de la variable tránsito.** En la evaluación de la variable tránsito, además del número de repeticiones de carga es importante conocer las características del eje de diseño (simple, tandem o tridem), magnitud

de la carga por eje y por llanta, presión de inflado de las llantas, área de contacto y separación entre llantas.

Número de ejes ( <b>N'</b> )	=	1.246.818,00
Magnitud de carga ( <b>P</b> )	=	8,20Ton
Magnitud de carga por rueda ( <b>P/4</b> )	=	2,05Ton
Presión de contacto ( <b>Q</b> ) = 80.000 P.S.I.	=	5,60kg/cm <sup>2</sup>
Radio de carga ( <b>a</b> )	=	10,80cm
Separación entre llantas ( <b>3a</b> )	=	32,40cm

**5.2.2.2 Determinación de la variable clima.** Los cambios de temperatura determinan que la temperatura media anual del aire para el Municipio de Guaitarilla es de  $W\text{-MAAT}=14,5^{\circ}\text{C}$ , con este valor de temperatura estimado y el espesor de carpeta obtenido en el método AASHTO cuyo valor es de 12 cm., se determinó que la temperatura de la mezcla es de  $T_{\text{mix}}=22.5^{\circ}\text{C}$ .

$$W\text{-MAAT}= 14,5^{\circ}\text{C} \quad \text{ESPEJOR CARPETA} = 12\text{cm} \quad T_{\text{MIX}} = 22.5^{\circ}\text{C}$$

**5.2.2.3 Determinación de las características de los materiales por correlaciones.** La caracterización de los materiales viales básicamente implica la determinación de los siguientes tres parámetros: Módulos elásticos, Relación de Poisson, Leyes de fatiga o comportamiento de los materiales.

Definido el C.B.R. de diseño en el capítulo III del presente estudio, los módulos de las capas pueden determinarse adoptando criterios de organismos internacionales que tienen reconocida aceptación, de ahí que el módulo resiliente de la subrasante se determina mediante la utilización de la expresión recomendada por la guía AASHTO 2002 y la SHELL así:

$$M_r. S_{\text{bte}} = 100 * C.B.R. = 100 * 3,45\% = 345\text{Kg/cm}^2$$

El módulo resiliente de las capas granulares depende del estado de esfuerzos al que están sometidas y a las características mecánicas del material sobre el que se apoya por lo que según la **SHELL**, el módulo de las capas se puede calcular en función del módulo del material de apoyo y del espesor de la respectiva capa, tal determinación se obtiene mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\text{Módulo Resiliente (Mr}_i) = 0.206 * H_i^{0.45} * Mr_i$$

El módulo resiliente para el material de afirmado granular existente en la vía es:

$$\text{Mr. Afirmado} = 0.206 * H^{0.45} * Mr. Sbte = 0.206 * 190^{0.45} * 345 = \mathbf{754Kg/cm^2}$$

El módulo resiliente para la subbase granular es:

$$\text{Mr. Subbase} = 0.206 * H^{0.45} * Mr. Sbte = 0.206 * 210^{0.45} * 853 = \mathbf{1725Kg/cm^2}$$

El módulo resiliente para la base granular es:

$$\text{Mr. Base} = 0.206 * H^{0.45} * Mr. Sbte = 0.206 * 150^{0.45} * 1725 = \mathbf{3388Kg/cm^2}$$

Como se ha determinado con anterioridad, de acuerdo a las condiciones climáticas y temperaturas de servicio el Módulo dinámico (**Edin**) de la mezcla asfáltica deberá tener como condición mínima de composición las características de una mezcla densa en caliente tipo MDC-2 de alta rigidez y mayor resistencia a la fatiga, es decir una mezcla tipo **S1F1-50** para una frecuencia de 10 Hertz que será la utilizada como capa de rodadura.

Por lo tanto el módulo dinámico de la mezcla asfáltica será

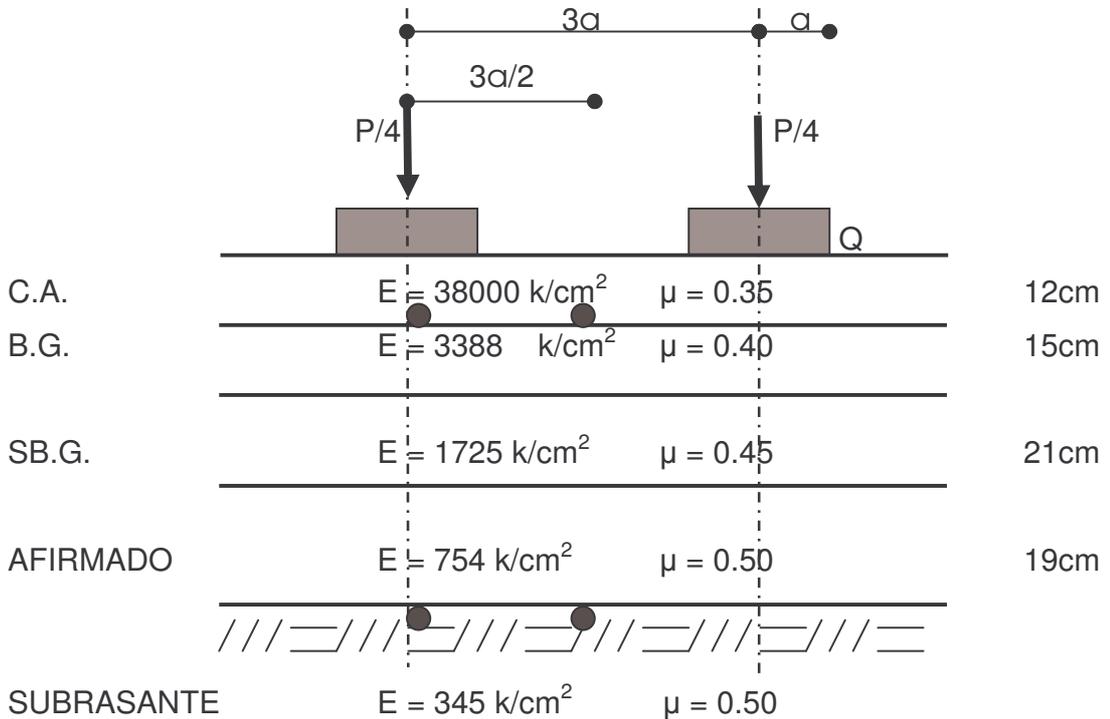
$$\mathbf{Edin= 38.000 Kg/cm^2}$$

Con respecto a los coeficientes de Poisson ( $\mu$ ), estos se asumirán de acuerdo con las características de los materiales granulares que se emplearán en la construcción de las diferentes capas que conformaran la estructura del pavimento así:

Subrasante ( $\mu$ ) = 0.50  
 Base granular ( $\mu$ ) = 0.40  
 Carpeta asfáltica ( $\mu$ ) = 0.35

**5.2.2.4 Determinación del modelo estructural.** La figura 5.3, contempla la disposición de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento con sus correspondientes módulos resilientes, relaciones de Poisson y espesores, como también las características del eje de carga de referencia.

**Figura 5.3.** Características y espesores de las capas



## 5.2.2.5 Análisis de esfuerzos y deformaciones

**5.2.2.5.1 Cálculo de esfuerzos y deformaciones.** Una vez definido el modelo estructural con las correspondientes características de las capas que integran la estructura propuesta, seguidamente se procede a calcular los valores de esfuerzos y deformaciones que se presentan en los diferentes puntos de interés de la estructura mediante la utilización de los programas DEPAV y BISAR.

### DATOS:

N´	= 1.246.818
P	= 8,20 Ton Eje estándar S.R.D.
P/4	= 2,05Ton
Q	= 5,60k/cm <sup>2</sup>
α	= 10,80cm
3α	= 32,40cm
M <sub>din</sub> Carpeta Asfáltica	= 38000k/cm <sup>2</sup>
Mr. Base Granular	= 3388k/cm <sup>2</sup>
Mr. Subbase Granular	= 1725k/cm <sup>2</sup>
Mr. Afirmado	= 754k/cm <sup>2</sup>
Mr. Subrasante	= 345k/cm <sup>2</sup>

Carpeta Asfáltica	H = 12cm	μ = 0,35
Base Granular	H = 15cm	μ = 0,40
Subbase Granular	H = 21cm	μ = 0,45
Afirmado	H = 19cm	μ = 0,45
Subrasante		μ = 0,50

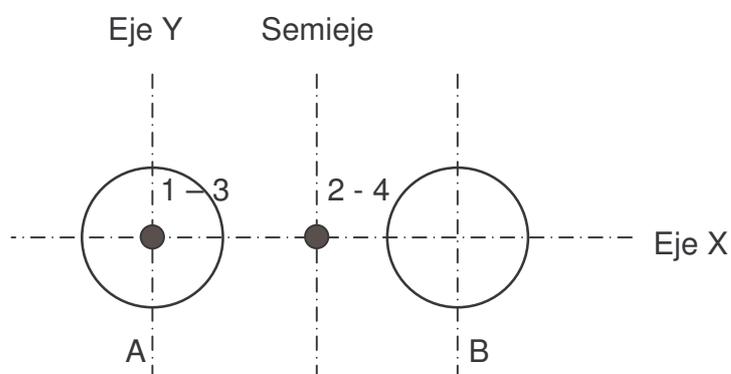
En la utilización del programa BISAR se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones (tablas 5.3.A y 5.3.B)

- **Distribución de cargas.**

**Tabla N° 5.3.A.** Distribución de cargas

CARGA	X (cm.)	Y (cm.)
A	0	0
B	32,4	0

- **Puntos de análisis de esfuerzos y deformaciones**



**Tabla N° 5.3.B.** Coordenadas para los puntos de análisis

PUNTO	TENSIÓN			COMPRESIÓN		
	X (cm.)	Y (cm.)	Z (cm.)	X (cm.)	Y (cm.)	Z (cm.)
1	0	0	11,99			
2	16,2	0	11,99			
3				0	0	67,01
4				16,2	0	67,01

**Resultados de los esfuerzos y deformaciones calculadas.** Los siguientes resultados (tabla 5.3.C), cuyos valores de esfuerzos y deformaciones en los sitios de interés de la estructura están relacionados directamente con el dimensionamiento y comportamiento futuro de la misma, obtenidos mediante la aplicación del software BISAR y DEPAV.

**Tabla N° 5.3.C. Resultados obtenidos con BISAR y DEPAV**

PUNTO	DEFORMACIONES POR BISAR		DEFORMACIONES POR DEPAV	
	TRACCIÓN	COMPRESIÓN	TRACCIÓN	COMPRESIÓN
1	1,826E-04		1,830E-04	
2		3,380E-04		3,390E-04

Como se puede comprobar los resultados de los esfuerzos y deformaciones obtenidas mediante la utilización de los programas BISAR Y DEPAV son similares, por lo tanto se adopta los valores entregados por el programa DEPAV.

La deformación por tracción ( $\epsilon_t$ ) en la fibra inferior de la carpeta asfáltica es

$$\epsilon_t = 1,83 \text{ E-04}$$

La deformación por compresión ( $\epsilon_z$ ) en la parte superior de la subrasante es

$$\epsilon_z = 3,39 \text{ E-04}$$

El esfuerzo vertical por compresión ( $\sigma_z$ ) en la parte superior de la subrasante es

$$\sigma_z = 0,125 \text{ E-01}$$

**5.2.2.5.2 Cálculo de esfuerzos y deformaciones admisibles.** Con base en el tránsito de diseño expresado en el número de reiteraciones de ejes de referencia (8,2 toneladas), y utilizando las leyes de fatiga que relacionan la deformación de tracción en la carpeta asfáltica y la deformación y el esfuerzo de compresión vertical en la subrasante con el número de repeticiones se definen los valores admisibles de dichos esfuerzos y deformaciones.

Adoptando los criterios de la SHELL, el parámetro para el control de la deformación por fatiga a tracción ( $\epsilon_t$ ), en la fibra inferior de la carpeta asfáltica se obtiene mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\epsilon_t = (0,856 * Vb + 1,08) * (E)^{-0.36} * (N'/K)^{-0.2}$$

Donde:

- Vb** : Volumen de asfalto en %
- E** : Módulo de la mezcla (Nw/m<sup>2</sup>)
- K** : Coeficiente de Callage =  $k_1 * k_2 * k_5$
- N'** : Número de repeticiones de carga

**5.2.2.5.2.1 Determinación del coeficiente de Callage.** El coeficiente de Callage relaciona el número de aplicaciones de carga reales expresado en ejes de 8,2 toneladas y el número de aplicaciones de carga en un ensayo de laboratorio en un equipo dinámico. La siguiente Tabla propuesta por la SHELL, sugiere valores para la estimación de dicho coeficiente tabla 5.4.

**Tabla 5.4.** Coeficiente de Callage - Método SHELL 78

Auto reparación de pequeñas fisuras. Diferentes estados de tensiones.	<b>k<sub>1</sub></b>	Mezclas abiertas y % bajo de asfalto 2.0	Mezclas densas ricas en asfalto 10.0
Distribución lateral de carga	<b>k<sub>2</sub></b>	Para cualquier tipo de mezcla 2.5	
Diferentes temperaturas de trabajo de la mezcla a lo largo del día y del año.	<b>k<sub>3</sub></b>	Espesores pequeños y temperaturas bajas 1.0	Espesores altos y temperaturas altas 0.33

De acuerdo con las características de la mezcla previamente determinadas, la cual se considera como una mezcla densa en caliente el  $k_1 = 10$ ;  $k_2 = 2,5$  y como el espesor de la carpeta se considera con un alto de (H = 11 cm.), el  $k_3 = 0,33$ , por lo tanto el coeficiente de Callage tiene un valor de:

$$K = k_1 * k_2 * k_3 = 10 * 2,5 * 0,33 = 8,25$$

Estimando un volumen de asfalto en la mezcla de  $V_b = 13\%$ , se tiene que la deformación por fatiga a tracción en la fibra inferior de la carpeta es:

$$\epsilon_t = (0,856 * 13 + 1,08) * (3,8 * 10^9)^{-0,36} * (1,246,818 / 8,25)^{-0,2} = 4,00E-04$$

Así mismo según la SHELL, para determinar la deformación a compresión por ahuellamiento ( $\epsilon_z$ ), en la fibra superior de la subrasante para un nivel de confianza (N.C.)= 90% se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$\epsilon_z = 0,018 * N^{-0,25} = 0,018 * 1,246,818^{-0,25} = 5,39E-04$$

El esfuerzo vertical de compresión ( $\epsilon_z$ ), sobre la subrasante se obtiene según la C.R.R. mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_z = \frac{0,9607 * (C.B.R.)^{1,2}}{N^{0,229}} = \frac{0,9607 * 3,45^{1,2}}{1,246,818^{0,229}} = 0,17$$

**5.2.2.5.3 Comparación de las solicitaciones calculadas con las solicitaciones admisibles.** A continuación se realiza la comparación entre las deformaciones y esfuerzos obtenidos en los puntos de interés de la estructura de pavimento **VS** las deformaciones y esfuerzos admisibles establecidos por las leyes de fatiga de los materiales y que se constituyen básicamente en los parámetros que definen el comportamiento estructural y funcional de un pavimento flexible.

En la Carpeta Asfáltica : **1,83 E-04 < 4,00 E-04 OK !**

En la Subrasante : **3,39 E-04 < 5,39 E-04 OK !**

$$0,125 < 0,17$$

Lo anterior permite concluir que el diseño planteado cumple de acuerdo con las comparaciones de los parámetros de control relacionados con los valores de los esfuerzos y deformaciones, por cuanto los valores calculados son menores a los admisibles, además el diseño lo controla la subrasante por ser estos valores más cercanos a los admisibles.

**5.2.2.5.4 Cálculo de consumos en sollicitación crítica.** Debido a la acción repetida de cargas, el tránsito genera fatiga y ahuellamiento en la carpeta asfáltica y subrasante respectivamente por lo que es necesario determinar el cálculo de estos consumos, razón por lo cual el método SHELL recomienda que el control de estos consumos se calcule mediante la utilización de las siguientes expresiones:

**Consumo por fatiga.** De la formula  $\epsilon_t = (0,856 * V_b + 1,08) * (E)^{-0,36} * (N/K)^{-0,2}$ ; se despeja N, valor que permite determinar el número total de sollicitaciones críticas en la carpeta asfáltica.

$$N = (10^{(\log \epsilon_t / (0,856 * V_b + 1,08)) * (E)^{-0,36} / -0,2}) * 10$$

Donde:

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \mathbf{1,83E-04} \\ V_b &= \mathbf{13\%} \\ E &= \mathbf{3,80E+09 \text{ Nw/m}^2} \end{aligned}$$

Reemplazando se tiene que:

$$N = (10^{(\log 1,83E-04 / ((0,856 * 13\% + 1,08) * (3,80E+09)^{-0,36}) / -0,2)}) * 10 = \mathbf{75.397.454}$$

$$\text{Consumo por Fatiga} = \frac{\text{NÚMERO DE EJES EQUIVALENTESES}}{\text{NÚMERO DE SOLICITACIONES CRÍTICAS}}$$

$$\text{Consumo por Fatiga} = \frac{1.246.818}{75.397.454} = 1,65\%$$

$$\text{Consumo por fatiga} = 1,65\% < 100\% \quad \text{OK!}$$

Para un nivel de confianza (N.C) del 90% de la fórmula  $\epsilon_z = 0.018 * N^{-0.25}$ , se obtiene N, cuyo valor es el número total de solicitaciones críticas en la subrasante.

$$N = 10^{(\text{Log } \epsilon_z / (0,018 / -0.25))}$$

Donde:

$$\epsilon_z = 3,39\text{E-}04$$

Reemplazando se tiene que:

$$N = 10^{(\log 3,39\text{E-}04 / -0.25)} = 7.948.611$$

$$\text{Consumo por Ahuellamiento} = \frac{\text{NÚMERO DE EJES EQUIVALENTESES}}{\text{NÚMERO DE SOLICITACIONES CRÍTICAS}}$$

$$\text{Consumo por Ahuellamiento} = \frac{1.246.818}{7.948.611} = 15,69\%$$

$$\text{Consumo por Ahuellamiento} = 15,69\% < 100\% \quad \text{OK!}$$

Los anteriores cálculos permiten concluir que el diseño cumple, por cuanto los consumos obtenidos por fatiga y por ahuellamiento son menores al 100%.

En síntesis como se puede comprobar el diseño realizado por el método AASHTO y verificado por el método RACIONAL, cumple con todos los parámetros exigidos en el diseño de los pavimentos flexibles.

**5.2.2.6 Modelo definitivo de la estructura de pavimento asfáltico.** Una vez lograda la convergencia de los valores de esfuerzos y deformaciones calculados con los admitidos y cumpliendo con los criterios de la calidad, durabilidad, estabilidad y economía para el diseño de los pavimentos flexibles, queda definida la estructura definitiva para las condiciones de carga, tránsito, clima y materiales considerados dentro del dimensionamiento del presente diseño como se indica en la figura 5.4.

### ALTERNATIVA 1

**Figura 5.4** Modelo estructural definitivo

CARPETA ASFALTICA	$E = 38000\text{k/cm}^2$ $\mu = 0.35$	12cm
BASE GRANULAR	$E = 3388\text{k/cm}^2$ $\mu = 0.40$	15cm
SUBBASE GRANULAR	$E = 1725\text{k/cm}^2$ $\mu = 0.45$	21cm
AFIRMADO	$E = 754\text{k/cm}^2$ $\mu = 0.45$	19cm
SUBRASANTE	$E = 345\text{k/cm}^2$ $\mu = 0.50$	

### 5.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Para el diseño del pavimento rígido se dará aplicación al método de la P.C.A., cuyo parámetro de diseño se apoya en el análisis de fatiga, bombeo y escalonamiento en las losas de concreto y el análisis de erosión con el fin de poder controlar la erodabilidad de la subrasante. En el diseño de los pavimentos rígidos el análisis de fatiga reconoce que los pavimentos pueden fallar por fatiga del concreto, mientras que en el análisis de erosión fallan por bombeo, erosión de la fundación o de las juntas.

**5.3.1 Diseño de la estructura por el método de la Portland Cement Association.** Las siguientes son las variables a considera en el diseño de la estructura de un pavimento rígido:

**5.3.1.1 Periodo de diseño.** El período de diseño ya determinado en el capitulo II del presente estudio se considera para n=20 años.

**5.3.1.2 Tránsito**

**5.3.1.2.1 Espectro de cargas por eje.** De acuerdo a la distribución porcentual de cargas para cada eje realizado en el capítulo II del presente estudio, las siguientes son las magnitudes de carga para cada tipo de vehículo, las cuales se utilizaran al momento de aplicar el método de la P.C.A., para el diseño de la estructura de pavimento tabla 5.5.

**Tabla 5.5.** Espectros de carga por eje

CARGA SIMPLE (Tpn)	REPETICIONES ESPERADAS	CARGA TANDEM (Ton)	REPETICIONES ESPERADAS	CARGA TRIDEM (Ton)	REPETICIONES ESPERADAS
10	96232	20,80	6874	23,92	6874
7,28	329939	20,72	323065		
7,2	0	20,40	0		
6,5	173855				
6	219959				
3,5	173855				
2,5	123727				

**5.3.1.2.2 Factor de Seguridad de Carga (F.S.C.).** Debido a que la vía estará sometida a un tráfico de peso y frecuencia media se considera un factor de seguridad de carga F.S.C.=1.1, de ahí que las cargas nominales se verán incrementadas por éste factor.

### **5.3.1.3 Módulo de Reacción de la Subrasante**

**5.3.1.3.1 Determinación de los materiales que conformarán el soporte de la placa de pavimento.** Con base en los ensayos de C.B.R. realizados, se determinó que la capacidad portante y resistencia de la subrasante encontrada es de aceptables condiciones, ya que los C.B.R. obtenidos son mayores al 3% y que para el caso de los pavimentos rígidos la subrasante deberá como condición garantizar un apoyo uniforme y permanente a la estructura de pavimento a construir, además se contempla aprovechar el material de afirmado existente en todo el trayecto de la vía a pavimentar, ya que las condiciones de consolidación ganadas durante todo este transcurrir del tiempo debido al tráfico que circula por la vía, sin duda ofrece un aporte estructural al pavimento a construir, además contribuirá a disminuir de manera significativa los costos en la construcción de la estructura a elegir que resulte del diseño realizado.

A fin de determinar el aporte estructural del material de afirmado existente en la vía, buscando la distribución y disipación de los esfuerzos generados por los vehículos a través de los espesores de la capas que conforman la estructura de pavimento y en base a las características propias del material de afirmado encontrado en el sitio de la vía en estudio, se determina a continuación los módulos combinados del mejoramiento y base, los cuales servirán de soporte a la placa de concreto a construir.

#### **5.3.1.3.1.1 Cálculo de la resistencia del conjunto mejoramiento-subrasante.**

Una vez realizados los ensayos correspondientes de granulometría y compactación a la muestra del material de afirmado existente en la vía cuyo espesor promedio es de  $H=40$  cm., se puede confirmar que dicho material se puede utilizar como capa de mejoramiento, por cuanto cumple con las especificaciones exigidas por el INVIAS para estos casos, así entonces inicialmente se propone la utilización de este afirmado como un material de

reemplazo, sin embargo se debe precompactar toda la longitud de la vía a pavimentar con equipo pesado tipo rodillo vibratorio de acuerdo con la humedad óptima de compactación, para obtener la densidad máxima de acuerdo con los ensayos de proctor realizado al material, esto con el fin de eliminar posibles zonas blandas que no tengan la suficiente compactación exigida para este tipo de materiales.

Definido El C.B.R. de diseño en el capítulo III del presente estudio, y mediante la utilización de la expresión recomendada por la guía AASHTO 2002, se determina el módulo resiliente de la subrasante encontrada:

$$E_2 \text{ Sbte} = 100 * \text{C.B.R.} = 100 * 3,45\% = 345,00 \text{ kg/cm}^2$$

Como se aclaró anteriormente, se plantea inicialmente la utilización del material de afirmado existente en la vía como capa de mejoramiento, el cual desarrolla un C.B.R. de conjunto mejoramiento-subrasante mayor al 4% o un módulo resiliente del material de reemplazo y que por sus características físico-mecánicas se estima es mayor (1.5 a 2.5 veces) al de la subrasante, por lo tanto utilizando el modelo IVANOV, expresión aplicada para el cálculo del módulo para materiales utilizados como reemplazo de subrasantes, se determina el módulo resiliente del conjunto **Mejoramiento-Subrasante**, así:

$$E_{\text{cjo}} = E_2 / [1 - (2/\pi) * (1 - (1/n^{3.5})) * \text{ArcTg} ((n * h_1)/(2 * \alpha)]$$

Donde:

$$n = (E_1/E_2)^{0.6}$$

$$E_1 = \text{Módulo capa de mejoramiento (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_2 = \text{Módulo de la subrasante (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$h_1 = \text{Espesor de la capa de mejoramiento (m)}$$

$$\alpha = 0,108; \text{ radio del área de contacto}$$

Arc Tg: en radianes

A continuación se calcula el módulo resiliente del material granular que actualmente es utilizado como afirmado, el cual tiene características no plásticas y cumple con las especificaciones mínimas exigidas por las Normas INVIAS para este tipo de materiales como lo confirman los resultados de los ensayos realizados al material, para lo cual se utiliza la expresión recomendada por la SHELL para materiales granulares, adoptando el espesor promedio de mejoramiento encontrado en el sitio  $H=40$  cm., así:

$$Mr. \text{ mejoramiento} = 0.206 * 200^{0.45} * 100 = 771 \text{kg/cm}^2$$

El siguiente paso es determinar el módulo resiliente del conjunto **Mejoramiento-Subrasante**, el cual debe cumplir con las condiciones establecidas para este tipo de materiales utilizados como reemplazos.

$$E_1 \text{ Conjunto} = 345 / [1 - (2/\pi) * (1 - (1/(1.38^{3.5}))) * \text{ArcTg} ((1.38 * 0.2)/(2 * 0.108))]$$

$$E_1 \text{ Conjunto} = 566 \text{kg/cm}^2$$

$$n = (E_1/E_2)^{0.4} = (771/345)^{0.4} = 1,380$$

A continuación se verifica si el módulo resiliente del conjunto obtenido, cumple con las condiciones mínimas establecidas para estos casos:

a-. Se debe utilizar un material de mejoramiento que entregue un valor de C.B.R. del conjunto Cincuenta (50) veces mayor al de la subrasante, es decir que el C.B.R. del conjunto (mejoramiento-subrasante) debe ser mayor al 5,2%, condición que se cumple, ya que el módulo resiliente del conjunto cuyo valor calculado de  $566 \text{ k/cm}^2$  entrega por correlación un C.B.R = 7%.

b-. Por experiencias se conoce que un material granular utilizado como mejoramiento, desarrolla su módulo resiliente a una constante k entre 1,5 a 2,5 veces el módulo de la subrasante en función de su espesor, por lo cual el material de afirmado encontrado en el sitio cuyo espesor promedio es de E=40 cm., estima su módulo 2,0 veces el de la subrasante, esta condición como se comprueba en la determinación del módulo resiliente al material de afirmado también se cumple.

Obtenido el módulo resiliente del conjunto Mejoramiento-Subrasante, por correlación se obtiene el módulo de reacción del conjunto K= 45 Mpa/m.

**5.3.1.3.1.2 Cálculo de la resistencia del conjunto base-mejoramiento-subrasante.** Con el fin de garantizar un apoyo uniforme a la placa de concreto y como complemento al afirmado propuesto como mejoramiento, se plantea un espesor de base granular triturada y que igualmente cumpla con las especificaciones de las Normas INVIAS, asumiendo entonces un espesor de base e=15cm, la cual aportará cierta resistencia y controlará el fenómeno del bombeo y considerando las recomendaciones del método de la P.C.A., que permite asignar cierta capacidad estructural e incrementar el valor del módulo de reacción del conjunto total de apoyo (base-mejoramiento-subrasante), se obtiene de la **tabla 5.6**, para este caso particular un valor en el módulo de reacción de **60 Mpa/m**.

**Tabla 5.6.** Efecto de subbases sin tratar en el valor del modulo de reacción

MODULO k SUBRASANTE		MODULO K DE SUBBASE/SUBRASANTE							
		100mm		150mm		225mm		300mm	
Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci
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

**5.3.2 Diseño del espesor de losa.** Una vez obtenidos los parámetros necesarios que permiten determinar los espectros de carga para cada eje y el módulo de reacción de la superficie que servirá de apoyo a la placa de concreto rígido a construir, seguidamente mediante la utilización del programa BS-PCA, se determina el dimensionamiento de la estructura de pavimento. La revisión del espesor de la placa de concreto rígido se hace bajo los análisis de FATIGA Y EROSIÓN, resultados suministrados por el software (Ver Anexo 10).

Los siguientes son los parámetros de entrada necesarios en la utilización del programa BS-PCA, para el diseño de la estructura de pavimento en concreto rígido:

- Periodo de diseño:  $n = 20$  años.
- Modulo de reacción de la subrasante: Con un CBR de diseño= 3,45%, se obtiene un módulo de reacción de la subrasante  $K = 3,2 \text{ Kg/cm}^3$ .
- El módulo del conjunto mejoramiento-subrasante  $K = 6,2 \text{ Kg/cm}^3$ , dicho K de conjunto está conformado por:

Material de mejoramiento granular de espesor  $E = 20\text{cm}$ .

- El módulo del conjunto total es  $K = 7,3 \text{ Kg/cm}^3$ , dicho K de conjunto está conformado por:

subbase granular de espesor  $E = 20\text{cm}$ .

Material de mejoramiento granular de espesor  $E = 210\text{cm}$ .

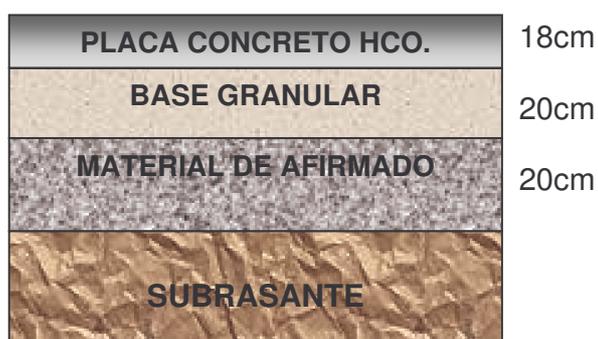
- La mezcla a utilizar en la construcción de las losas de concreto debe garantizar una resistencia a la flexión cuyo módulo de rotura ( $M_r$ ) es = 570 P.S.I. que corresponde a un concreto de  $40 \text{ Kg/cm}^2$  o  $4,0 \text{ Mpa}$ .

- El pavimento se construirá con bordillos laterales y juntas con pasadores para la transferencia de carga por lo que en el diseño se deben considerar dichas condiciones.

De los resultados obtenidos, se observa que la estructura propuesta y conformada por: - Una placa de concreto de E=18cm, con un módulo de rotura MR = 4,0 Mpa, soportada sobre una subbase granular de E= 20cm, y un mejoramiento de E=20cm, cumple con los parámetros básicos establecidos para el diseño de pavimentos rígidos por el método de la P.C.A., por cuanto los consumo de fatiga y erosión son menores a los valores admisibles establecidos en el 100%, incluso se presenta una reserva de diseño en el caso de que eventual y arbitrariamente se presenten cargas superiores a las contempladas en el diseño.

**5.3.2.1 Modelo de la estructura propuesta.** La figura 5.5, indica la disposición de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento rígido y que se propone como alternativa de solución para la vía en estudio.

**Figura 5.5** Modelo estructural para pavimento rígido



### 5.3.3 Modulación de las losas de concreto

**5.3.3.1 Diseño de Juntas.** Además de los esfuerzos generados por el tráfico, el pavimento debe controlar esfuerzos causados por los fenómenos de contracción, expansión y los gradientes de temperatura y humedad propios del concreto los cuales se controlan con una adecuada modulación, programación y construcción de juntas en las losas de concreto, para lo cual se consideran los siguientes criterios en el diseño de juntas:

- a. Relación de la máxima dimensión con el espesor: - Máximo 25 veces el espesor para bases granulares. - Máximo 20 veces el espesor para bases rígidas.
- b. Factor de esbeltez =  $L/a < 1.5$
- c. Radio relativo de rigidez: - Esta en función del módulo de elasticidad del concreto, espesor de la losa, módulo de Poisson y módulo de reacción de la subrasante.

#### **DATOS:**

Espesor de losa (e) = 18,00cm

Ancho de calzada = 6,80m

a. - Máxima dimensión de la losa (L): Como la característica de la base sobre la cual se construirá la losa de concreto es de tipo granular entonces la longitud de la losa se determina mediante la siguiente expresión:

$$L = 25 * e = 25 * 0,18 = 4,50m$$

b. - A continuación se determina el número de losas que se propone construir en función del ancho útil que tiene para la vía y la máxima dimensión o longitud de la losa:

$$\text{Numero de losas} = \frac{\text{Ancho de calzada}}{\text{Longitud de la losa}} = \frac{6,80}{4,50} = 1.51 \text{ losas} = 2 \text{ losas}$$

c. - Una vez determinado el número de losas en función del ancho de calzada que se tiene, a continuación se verifica si la máxima dimensión de la placa de concreto cumple con la condición o factor de esbeltez ( $L/a < 1,5$ ) establecida así:

$$\text{Ancho de losas} = \frac{\text{Ancho de calzada}}{\text{Numero de losas}} = \frac{7,00}{2,00} = 3.40\text{m}$$

Con el factor de esbeltez ( $L/a < 1,5$ ) se verifica si la máxima dimensión de la losa calculada con el parámetro  $L = 25 * e$ , cumple con esta condición.

$$L/a < 1,5 \text{ despejando se tiene que: } L = a * 1,5 = 3,4 * 1,5 = 5,1$$

Entonces se concluye que 5,1 es el valor limitante para la máxima longitud que debe tener la losa de concreto; por lo tanto se comprueba que para la vía en estudio el largo de la losa de concreto calculado cumple.

En síntesis las dimensiones para las losas de concreto a construir serán de:

$$\text{LARGO} = 4,50\text{m}; \text{ ANCHO} = 3,4\text{m}; \text{ ESPESOR} = 0,18\text{m}$$

**5.3.3.2 Selección de pasadores.** La transferencia de cargas es la capacidad que tiene una junta de transferir algo de carga de un lado de la junta a otro lo cual permite garantizar un buen comportamiento en el pavimento a largo plazo, ya que disminuye las deflexiones, reduce el escalonamiento, el descascamiento y las fisuras de esquina. En vías de tránsito pesado, la trabazón

de agregados puede ser insuficiente para alcanzar una buena transferencia de carga, por lo tanto se recomienda la utilización de barras de acero conocidas como dovelas, ya que permiten el aumento mecánico de la transferencia de carga entre las losas de concreto.

Acogiendo recomendaciones de la P.C.A., para el presente estudio se elige para los pasadores lisos un diámetro de  $\varnothing = 7/8"$ ; dicha selección esta en función del espesor de placa cuya longitud de la varilla será de 35cm, espaciadas cada 30cm, entre centro de varilla. Para las varillas de anclaje se selecciona una varilla corrugada de  $\varnothing = 1/2"$ , de longitud 0.85m espaciadas cada 120cm, entre centros de varillas, las mismas no se deben colocar a menos de 40cm, de la junta transversal.

**Tabla 5.7.** Características de barras de anclaje corrugadas

ESPESOR DE LOSA (cm)	BARRAS DE D=9,5mm (3/8")			BARRAS DE D=12,7mm (1/2")			BARRAS DE D=15,mm (5/8")					
	LONGITUD (cm)	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS (cm)			LONGITUD (cm)	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS (cm)			LONGITUD (cm)	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS (cm)		
		carril	carril	carril		carril	carril	carril		carril	carril	carril
		de	de	de		de	de	de		de	de	de
	3,05m	3,35m	3,65m		3,05m	3,35m	3,65m		3,05m	3,35m	3,65m	
Acero de $f_y = 1.875 \text{ k/cm}^2$ (40.000 psi)												
15	45	80	75	65	60	120	120	120	70	120	120	120
17,5		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20		60	55	50		105	100	90		120	120	120
22,5		55	50	45		95	85	80		120	120	120
25		45	45	40		85	80	70		120	120	110
Acero de $f_y = 2.800 \text{ k/cm}^2$ (60.000 psi)												
15	65	120	110	100	85	120	120	120	100	120	120	120
17,5		105	95	85		120	120	120		120	120	120
20		90	80	75		120	120	120		120	120	120
22,5		80	75	65		120	120	120		120	120	120
25		70	65	60		120	115	110		120	120	120

**NOTAS:**

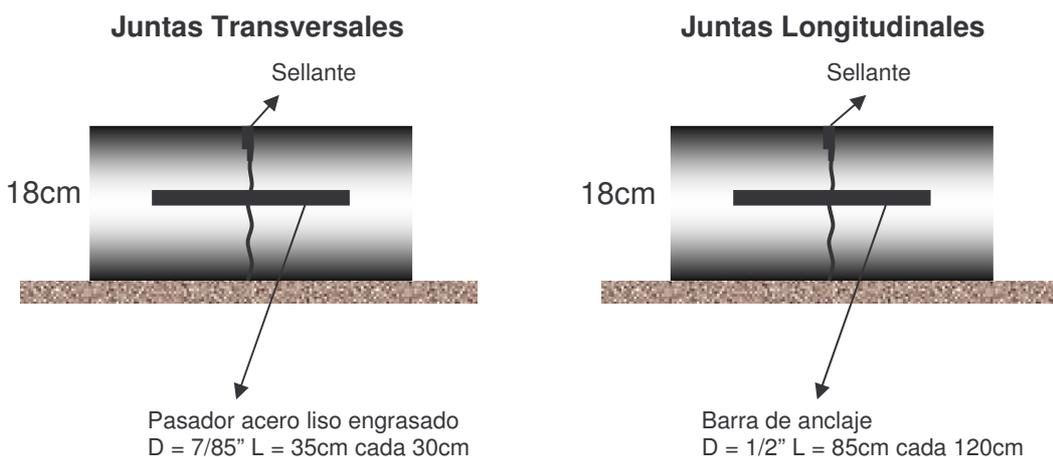
- 1 - Cuando se empleen barras de acero liso, las longitudes dadas en la tabla se multiplican por 1.5
  - 2 - Los valores de la tabla se han calculado con base en un valor de "a" de  $24.5 \text{ k/cm}^2$
- a: esfuerzo de trabajo por adherencia

**Tabla 5.8.** Requisitos mínimos para pasadores de acero en juntas de pavimento

ESPESOR DEL PAVIMENTO (cm)	DIAMETRO DEL PASADOR		LONGITUD TOTAL(cm)	SEPARACIÓN ENTRE CENTROS(cm)
	(cm)	(plg)		
10	1,27	1/2	25	30
11 - 13	1,59	5/8	30	30
14 - 15	1,91	3/4	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

A continuación en la figura 5.6, se indica de manera gráfica las dimensiones y la disposición del refuerzo que se debe utilizar para la transferencia de cargas y anclaje de las losas de las diferentes juntas que se deben programar de acuerdo con las necesidades que se presenten en el sitio al momento de la construcción de las losas de concreto.

**Figura 5.6.** Disposición del refuerzo en juntas



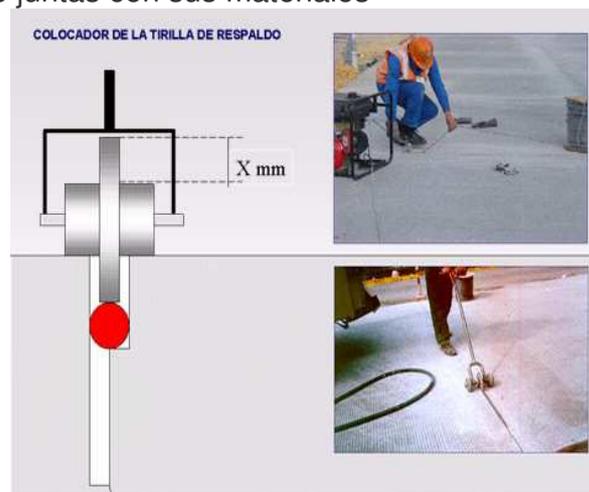


**5.3.3.4 Selladores de juntas.** Además de contribuir a evitar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles dentro de las juntas, los selladores también disminuyen el potencial de corrosión de las barras de refuerzo, mediante la reducción de la penetración de la humedad, por lo anterior se deberá realizar el sellado de juntas con uno de los siguientes materiales propuesto.

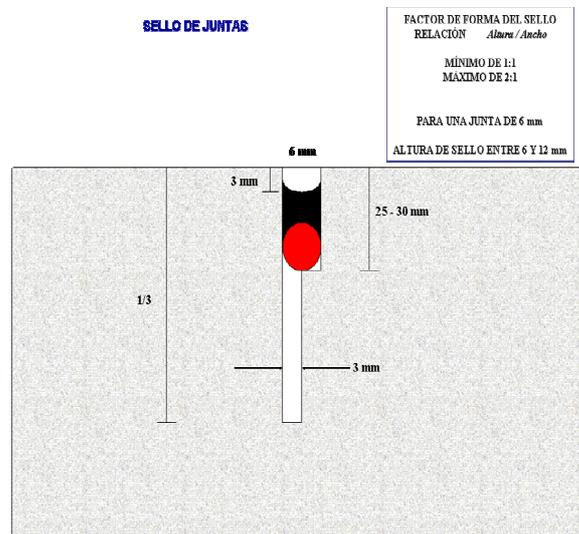
- Líquido vertido en caliente: Se debe asegurar siempre que el material de sello se prepare a las temperaturas recomendadas, pues su control exacto es importante para lograr las propiedades deseadas del sellador.
- Silicona: Los procedimientos de colocación son similares a los que se usan para los materiales vertidos en caliente, las siliconas requieren un tiempo de curado de unos 30 minutos, antes de la apertura al tráfico para que desarrolle la adherencia suficiente.

En la figura 5.8, se indica la manera como se debe colocar el cordón de respaldo con el correspondiente sello de junta de acuerdo con el material de sello escogido.

**Figura 5.8.** Sello de juntas con sus materiales<sup>2</sup>



<sup>2</sup> Diseño y Construcción de Pavimentos de Concreto  
Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC)



## 5.4 DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA, DRENAJE Y SUBDRENAJE

La vida útil de una vía y su estado de conservación están supeditados entre otros factores al drenaje y subdrenaje previstos en la etapa de diseño y complementados durante el proceso de mantenimiento vial, de ahí que la eficiente evacuación de las aguas tanto naturales como superficiales determinan la durabilidad de la vía y su nivel de servicio.

Existe un aspecto de gran importancia vital en la durabilidad y estabilidad de una estructura de pavimento y es la proyección, diseño y construcción de sistemas de defensa y drenaje, por tal razón se consideran los siguientes diseños para garantizar la durabilidad de la estructura de pavimento.

**5.4.1 Cunetas.** Con el fin de garantizar un adecuado manejo de las aguas superficiales y las cuales se originan por efectos del invierno o la escorrentía de aguas provenientes de las quebradas y las cuales descienden por las paredes de los taludes que circundan la vía, se debe contemplar la construcción de cunetas revestidas en concreto, por tal razón a continuación se propone el siguiente diseño

de cuneta, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y topográficas de la región.

El sistema de control de aguas superficiales básicamente serán cunetas revestidas en concreto. La efectividad del funcionamiento de este sistema dependerá de las condiciones hidrogeológicas y climáticas de la zona, por lo que se ha contemplado la determinación de las curvas de Intensidad-frecuencia-duración específicas del sector mediante el procesamiento de información del IDEAM recopilada de la estación El Paraíso.

El sistema de recolección deberá captar la escorrentía arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos de los posibles sitios de deslizamientos.

El diseño contempla primordialmente el cálculo de la ecuación de lluvias para el sitio, con estos parámetros se obtendrán los caudales máximos, para diferentes tiempos de retorno (10 - 20) años, para nuestro caso se tomará un tiempo de retorno de 20 años, tabla 5.8.

#### **5.4.1.1 Cálculo del caudal pluvial Q.** Título II Capítulo D4.RAS 2000

**5.4.1.1.1 Cálculo del caudal máximo.** Para calcular el caudal máximo para diferentes periodos de retorno, se emplea la formula racional entre otras dada por:

$$Q = C \times I \times A$$

Donde:

I =Intensidad en mm/hr.

A, B =Parámetros propios del lugar.

tc =Duración de la lluvia en minutos, para un tiempo igual al tiempo de concentración.

$$tc = 0.14464 \times \frac{L}{D_H^{0,20} \times A^{0,10}}$$

Donde:

tc =Tiempo de concentración en minutos.

A =Área de drenaje en m<sup>2</sup>.

D<sub>H</sub> =Caída promedio en m, desde la parte mas alta del área a drenar, hasta el punto de diseño.

L =Distancia en m, desde el punto de diseño y el punto de drenaje, que toma el tiempo mas largo en llegar a la sección de diseño.

**Tabla 5.9.** Elaboración del cuadro para la curva IDF

año	Pmax24h mm/24h	Pmax24h ordenado mm/24h	Intensidad				Tr años	Tr ordenada en años	P %
			d (min)=	d (min)=	d (min)=	d (min)=			
			5	10	15	20			
			i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)	i (mm/h)			
1968	262,0	262,0	185,262	131,000	106,961	92,631	41,0	1,03	2,4
1969	182,2	240,6	170,130	120,300	98,225	85,065	20,5	1,05	4,9
1970	129,2	239,3	169,211	119,650	97,694	84,605	13,7	1,08	7,3
1971	214,8	239,1	169,069	119,550	97,612	84,535	10,3	1,11	9,8
1972	157,4	214,8	151,887	107,400	87,692	75,943	8,20	1,14	12,2
1973	178,9	200,1	141,492	100,050	81,690	70,746	6,83	1,17	14,6
1974	197,6	198,8	140,573	99,400	81,160	70,286	5,86	1,21	17,1
1975	200,1	197,6	139,724	98,800	80,670	69,862	5,13	1,24	19,5
1976	165,5	196,9	139,229	98,450	80,384	69,615	4,56	1,28	22,0
1977	142,9	195,1	137,957	97,550	79,649	68,978	4,10	1,32	24,4
1978	163,1	188,8	133,502	94,400	77,077	66,751	3,73	1,37	26,8
1979	140,0	185,1	130,885	92,550	75,567	65,443	3,42	1,41	29,3
1980	153,4	182,4	128,976	91,200	74,464	64,488	3,15	1,46	31,7

1981	167,9	182,2	128,835	91,100	74,383	64,417	2,93	1,52	34,1
1982	159,8	181,9	128,623	90,950	74,260	64,311	2,73	1,58	36,6
1983	158,9	178,9	126,501	89,450	73,036	63,251	2,56	1,64	39,0
1984	185,1	174,4	123,319	87,200	71,199	61,660	2,41	1,71	41,5
1985	107,6	170,9	120,845	85,450	69,770	60,422	2,28	1,78	43,9
1986	239,3	167,9	118,723	83,950	68,545	59,362	2,16	1,86	46,3
1987	195,1	165,5	117,026	82,750	67,565	58,513	2,05	1,95	48,8
1988	240,6	163,2	115,400	81,600	66,626	57,700	1,95	2,05	51,2
1989	137,1	163,1	115,329	81,550	66,585	57,665	1,86	2,16	53,7
1990	157,5	159,8	112,996	79,900	65,238	56,498	1,78	2,28	56,1
1991	157,3	158,9	112,359	79,450	64,871	56,180	1,71	2,41	58,5
1992	140,1	157,5	111,369	78,750	64,299	55,685	1,64	2,56	61,0
1993	174,4	157,4	111,299	78,700	64,258	55,649	1,58	2,73	63,4
1994	153,1	157,3	111,228	78,650	64,217	55,614	1,52	2,93	65,9
1995	155,6	155,6	110,026	77,800	63,523	55,013	1,46	3,15	68,3
1996	188,8	153,4	108,470	76,700	62,625	54,235	1,41	3,42	70,7
1997	152,5	153,1	108,258	76,550	62,503	54,129	1,37	3,73	73,2
1998	239,1	152,5	107,834	76,250	62,258	53,917	1,32	4,10	75,6
1999	182,4	143,2	101,258	71,600	58,461	50,629	1,28	4,56	78,0
2000	196,9	142,9	101,046	71,450	58,339	50,523	1,24	5,13	80,5
2001	99,6	140,1	99,066	70,050	57,196	49,533	1,21	5,86	82,9
2002	143,2	140,0	98,995	70,000	57,155	49,497	1,17	6,83	85,4
2003	126,6	137,1	96,944	68,550	55,971	48,472	1,14	8,20	87,8
2004	181,9	129,2	91,358	64,600	52,746	45,679	1,11	10,25	90,2
2005	170,9	126,6	89,520	63,300	51,684	44,760	1,08	13,67	92,7
2006	198,8	107,6	76,085	53,800	43,928	38,042	1,05	20,50	95,1
2007	163,2	99,6	70,428	49,800	40,662	35,214	1,03	41,00	97,6

Prom	171,5	Prom(mm/h)	121,276	85,755	70,019	60,638		
D.est	35,27961	D.est.	24,946	17,64	14,403	12,473		
n	40	c	19,458	13,759	11,234	9,729		
Tr (años)	a	-110,049	-77,816	-63,537	-55,024	A	B	
3	i (mm/h)	127,614	90,237	73,678	63,807	1937,984	10,853	
5	i (mm/h)	139,235	98,454	80,387	69,617	2100,84	10,714	
10	i (mm/h)	153,837	108,779	88,818	76,918	2314,815	10,648	
15	i (mm/h)	162,075	114,604	93,574	81,037	2439,024	10,61	
20	i (mm/h)	167,843	118,683	96,904	83,921	2525,253	10,606	

**TR = 3 AÑOS**

i	d	d <sup>2</sup>	d/i	1/i
127,614	5	25	0,039	0,0078
90,237	10	100	0,111	0,0111
73,678	15	225	0,204	0,0136
63,807	20	400	0,313	0,0157
	50	750	0,667	0,0482
	2500			
	4			
A			1937,984	
B			10,853	

**TR = 5 AÑOS**

i	d	d <sup>2</sup>	d/i	1/i
139,235	5	25	0,036	0,0072
98,454	10	100	0,102	0,0102
80,387	15	225	0,187	0,0124
69,617	20	400	0,287	0,0144
	50	750	0,612	0,0442
	2500			
	4			
A			2100,84	
B			10,714	

**TR = 10 AÑOS**

i	d	d <sup>2</sup>	d/i	1/i
153,837	5	25	0,033	0,0065
108,779	10	100	0,092	0,0092
88,818	15	225	0,169	0,0113
76,918	20	400	0,26	0,013
	50	750	0,554	0,04
	2500			
	4			
A			2314,815	
B			10,648	

**TR = 15 AÑOS**

i	d	d <sup>2</sup>	d/i	1/i
162,075	5	25	0,031	0,0062
114,604	10	100	0,087	0,0087
93,574	15	225	0,16	0,0107

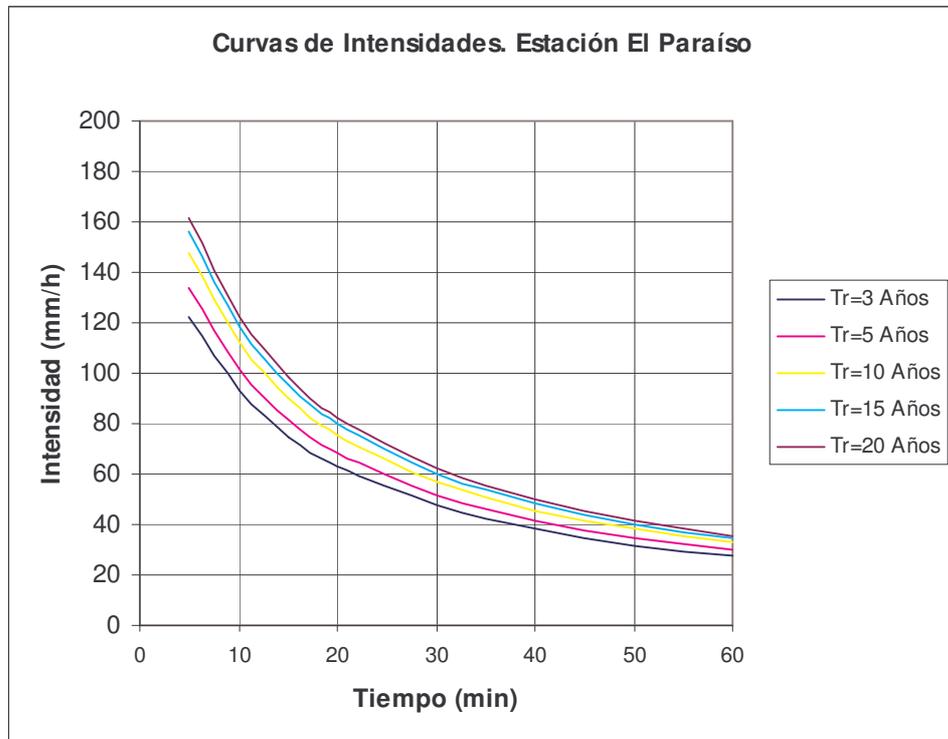
81,037	20	400	0,247	0,0123
	50	750	0,525	0,04
	2500			
	4			
A			2439,024	
B			10,61	

**TR = 20 AÑOS**

i	d	d <sup>2</sup>	d/i	1/i
167,843	5	25	0,03	0,006
118,683	10	100	0,084	0,0084
96,904	15	225	0,155	0,0103
83,921	20	400	0,238	0,0119
	50	750	0,507	0,04
	2500			
	4			
A			2525,253	
B			10,606	

Tr (Años)	ECUACIÓN DE LLUVIAS
3	$I = 1937,984 / (d+10,853)$
5	$I = 2100,840 / (d+10,714)$
10	$I = 2314,815 / (d+10,648)$
15	$I = 2439,024 / (d+10,610)$
20	$I = 2525,253 / (d+10,606)$

**Figura 5.9.** Curvas de intensidad – frecuencia – duración



**Tabla 5.10.** Ecuaciones de las curvas Intensidad - Frecuencia - Duración

Tr (Años)	A	B	Duración de la lluvia (Minutos)							
			5	10	15	20	30	40	50	60
3	1937,984	10,853	122,2	92,9	75,0	62,8	47,4	38,1	31,8	27,4
5	2100,840	10,714	133,7	101,4	81,7	68,4	51,6	41,4	34,6	29,7
10	2314,815	10,648	147,9	112,1	90,3	75,5	56,9	45,7	38,2	32,8
15	2439,024	10,610	156,2	118,3	95,2	79,7	60,1	48,2	40,2	34,5
20	2525,253	10,606	161,8	122,5	98,6	82,5	62,2	49,9	41,7	35,8

Tr (Años)	ECUACIÓN DE LLUVIAS
3	$I = 1937,984 / (d + 10,853)$
5	$I = 2100,840 / (d + 10,714)$
10	$I = 2314,815 / (d + 10,648)$
15	$I = 2439,024 / (d + 10,610)$
20	$I = 2525,253 / (d + 10,606)$

Con la anterior información, se tiene las curvas de Intensidad - Frecuencia - Duración, igualmente se obtiene las ecuaciones para estas curvas para diferentes tiempos de retorno, que para nuestro caso se ha tomado la ecuación para un tiempo de retorno de 20 años, figura 5.9 y tabla 5.9.

Obtenida la ecuación IDF, para un tiempo de retorno de 20 años, se calculan los demás parámetros, para la determinación del caudal de diseño.

Para la obtención del Coeficiente de Escorrentía C, se consulta la norma RAS 2000, capítulo D.4.5, en donde se puede definir los coeficientes de escorrentía así:

Para una cobertura de la cuenca conformada por potreros y pastizales, en una zona ondulada y con un suelo limo arcilloso, el Coeficiente de Escorrentía se asume como  $C = 0,30$ .

El área a drenar se la ha tomado para una longitud promedio de 100m, esto es porque en este proyecto se ha dispuesto la ubicación de alcantarillas en una longitud que no sea mayor a esta distancia, con esto la escorrentía proveniente de esta área, tomara su cauce por estas alcantarillas y no saturará la cuneta siguiente a esta área, tabla 5.10.

**Tabla 5.11.** Cuadro para el cálculo del caudal de diseño Q

Punto	Abscisado	cota	Longitud del Tramo	Diferencia de Cotas	Pendiente (m/m)	Longitud Real	A (m <sup>2</sup> )	tc (min)
1	0	2635	100	5	0,05	100,12	25000	3,81
2	10	2635						
3	20	2634						
4	30	2634						
5	40	2633						
6	50	2633						
7	60	2632						

8	70	2632						
9	80	2631						
10	90	2631						
11	100	2630						

Punto	Abscisado	cota	C	I (mm/h)	I (m/seg)	Q m2/seg
1	0	2635	0,30	175,15	4,87E-05	0,36
2	10	2635				
3	20	2634				
4	30	2634				
5	40	2633				
6	50	2633				
7	60	2632				
8	70	2632				
9	80	2631				
10	90	2631				
11	100	2630				

Con la obtención de Q, se hace la utilización del programa H CANALES, para que el arroje el diseño de la cuneta para este sector

Datos de Entrada

Caudal Q (m<sup>2</sup>/seg) = 0.36

Ancho de la Solera = 0.00

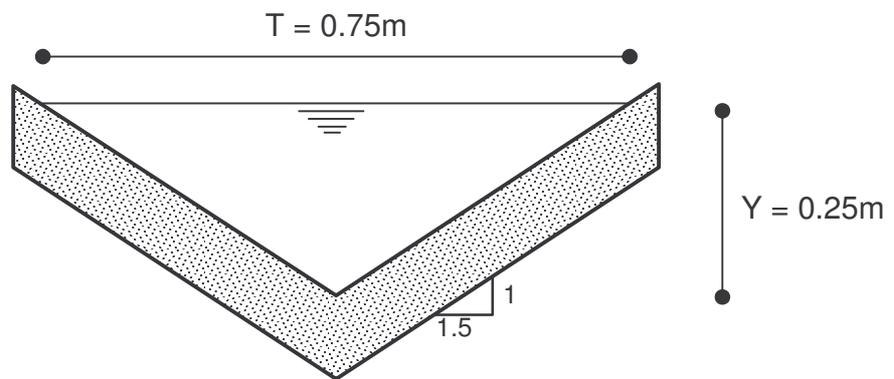
Pendiente (m/m) = 0.05

Talud de cuneta Z = 1.50

## DISEÑO DE CUNETA

Velocidad (m/seg)	Tirante normal Y (m)	Espejo de agua T (m)
3,81	0,25	0,75

Figura 5.10. Cuneta revestida en concreto



**5.4.2 Filtros.** Debido a los altos contenidos de humedad natural que poseen los diferentes estratos que conforman la subrasante, como lo confirman los estudios de suelos realizados se propone la construcción de filtros tipo francés, los cuales sin duda garantizarán la captación y evacuación de las aguas subterráneas garantizando así la estabilidad y durabilidad de la estructura de pavimento a construir.

Para el diseño de los filtros, se tiene en cuenta los siguientes parámetros importantes:

**5.4.2.1 Tubería.** La tubería instalada en el filtro deberá tener perforaciones que cumplan la siguiente norma:

D85F = Abertura del tamiz que deja pasar el 85% en el material de filtro

El orificio de las perforaciones deberá ser menor o igual a:

$$\frac{D_{85F}}{2} = 10,685\text{mm}$$

Por lo tanto, la perforación de los huecos de la tubería serán de 10 mm o 1 cm, ubicados de acuerdo a como se detalla en los planos.

Su diámetro será de 100mm con una pendiente mínimo de 0.80%.

**5.4.2.2 Material granular para el filtro.** Para un buen funcionamiento del filtro se requiere que se cumpla los siguientes criterios:

- Criterio de retención: Asegurar que las partículas del suelo a proteger no pasen a través del filtro. Se busca que la fracción fina del suelo y la gruesa del material de filtro cumplan.

$$D_{15F} < 5 \times D_{85P}$$

$$D_{50F} < 25 \times D_{50P}$$

- Criterio de permeabilidad: El coeficiente de permeabilidad del material de filtro debe ser alto para permitir el flujo de agua en el mismo por lo que se debe cumplir lo siguiente:

$$D_{15F} > 5 \times D_{15P}$$

$$D_{15F} < 20 \times D_{15P}$$

- El material de filtro no debe ser susceptible a segregarse durante su colocación, por lo que se requiere que se cumpla la siguiente relación:

$$\frac{D_{85F}}{D_{15F}} < 5$$

- El porcentaje pasante en el tamiz 200 del material de filtro deberá ser menor del 5%.

D85F = Abertura del tamiz que deja pasar el 85% en el material de filtro

D50F = Abertura del tamiz que deja pasar el 50% en el material de filtro

D15F = Abertura del tamiz que deja pasar el 15% en el material de filtro

D85P = Abertura del tamiz que deja pasar el 85% en el material a proteger.

D50P = Abertura del tamiz que deja pasar el 50% en el material a proteger.

D15P = Abertura del tamiz que deja pasar el 15% en el material a proteger.

**5.4.2.3 Geotextil.** Se colocara un geotextil NO TEJIDO y su función primordial será de filtrar y drenar las posibles aguas freáticas.

Para el caso se dispondrá de un geotextil NT 1600 el que cumple con lo siguiente:

O15 mayor a : 5 x D15P = 0,80mm

O15 menor a : 5 x D85P = 126,00mm

O15 menor a : 25 x D50P = 12,50mm

O15, se define como el diámetro del orificio para el cual el 15% de los orificios son menores, sacado de la curva porométrica del geotextil tabla 5.11.

**Tabla 5.12.** Curva granulométrica del material granular de filtro

Tamiz (Plg)	Tamiz (mm)	% pasa
2	50,8	100
1,5	38,1	100
1	25,4	95,9
03-Abr	19,05	79
01-Feb	12,7	63,4
03-Ago	9,53	35,2
#4	4,76	26,5
#8	2,38	8,5

#### Características del material de filtro

D15F = 3,62mm    abertura que deja pasar el 15%

D50F = 11,20mm    abertura que deja pasar el 50%

D85F = 21,37mm    abertura que deja pasar el 85%

Características del material a proteger: (SUBRASANTE). Sacado de la curva granulométrica del estudio de suelos.

D15P = 0,16mm    abertura que deja pasar el 15%

D50P = 0,50mm    abertura que deja pasar el 50%

D85P = 25,20mm    abertura que deja pasar el 85%

a)    -    D15F < 5 x D85P    3.62 < 126 OK

D50F < 25 x D50P    11.2 < 12.5 OK

b)    -    D15F > 5 x D15P    3.62 > 0.80 OK

D15F < 20 x D15P    3.62 < 3.20 OK

c)    -     $\frac{D85F}{D15F} < 5$     5.90    OK

**5.4.2.4 Capacidad hidráulica del filtro.** La capacidad del filtro de 60 x 90cm., con tamaño máximo de agregado 2" dependiendo de la pendiente será: (tabla 5.12)

**Tabla 5.13.** Capacidad del filtro

Pendiente %	V (cm./seg)	Q (LPS)
0,5	0,375	2,02
1	0,75	4,05
1,5	1,125	6,07
2	1,5	8,1
2,5	1,87	10,12
3	2,25	12,15

**5.4.2.5 Conclusión y recomendación final.** SECCIÓN: La sección del filtro a construir será de 60 x 90cm.

MATERIAL GRANULAR: Triturado corriente de tamaño máximo 2" que cumpla todas las normas INVIAS y se encaje en la curva granulométrica descrita anteriormente, no debe tener fracción fina y estar limpio y libre de polvillo, el material pasante del tamiza N° 8 debe ser retirado.

Tubería perforada PVC diámetro 4" pendiente mínima de 0.80%

Geotextil NT 1600 traslapado y cocido en la parte superior.

**5.4.3 Muro de contención.** Debido a la cercanía de la vía hacia una vivienda familiar la cual se ubica en el lado izquierdo de misma, por debajo de la subrasante actual a una profundidad de 2,0m aproximadamente y por situaciones de inestabilidad que presenta la banca en el mismo tramo el cual corresponde a la abscisa K1+000 se debe realizar la construcción de un muro de contención el cual se propone de una altura promedio de 3,20m incluido la zarpa del muro, por lo tanto a continuación se realiza el diseño del muro en consideración.

### 5.4.3.1 Diseño estructural - muro de contención

#### 5.4.3.1.1 Información preliminar

Altura del vástago del muro	=	3,00m
Sobrecarga	=	2.100,00kg/m <sup>2</sup>
Tipo de material	=	Limo
Peso Unitario	=	1.900,00kg/m <sup>3</sup>
Ø	=	33,00°
Ø	=	0,58Rad
<i>f</i>	=	0,50
Coef. Presión activa	=	0,35
Presión de tierra	=	1.741,79kg
Cap. Portante Zapata corrida (0.60m)	=	0,80kg/cm <sup>2</sup>
<i>f</i> 'c	=	210,00kg/cm <sup>2</sup>
<i>f</i> <sub>y</sub>	=	4.200,00kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario concreto	=	2.400,00kg/m <sup>3</sup>
Franja de muro a analizar	=	1,00m

#### 5.4.3.1.2 Diseño preliminar

Profundidad de la zapata	=	1,00m
Altura Equivalente de sobrecarga	=	1,11m
Empuje total de tierra	=	1.741,79kg
Distancia desde la base	=	1,21m
Mu	=	3.589,14kg-m

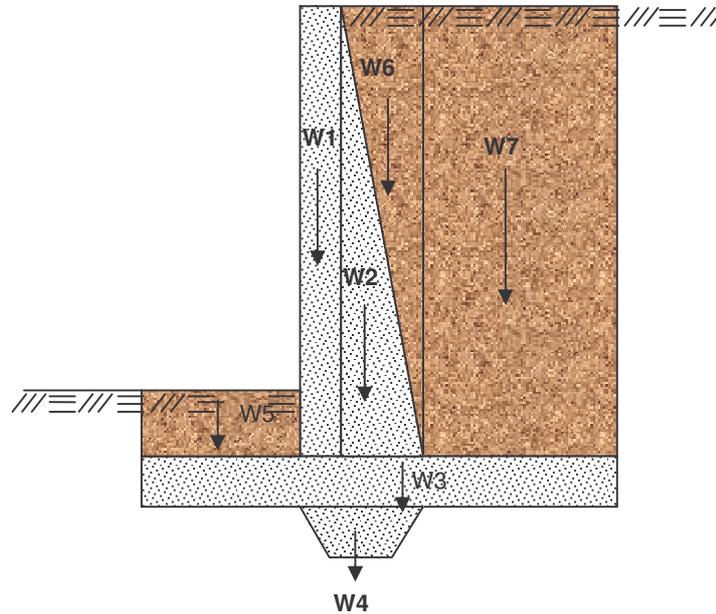
Cuantía de acero máxima	=	0,008
Altura efectiva requerida	=	10,86cm
Recubrimiento mínimo de protección	=	5,00cm
Ancho del muro en la base	=	21,00cm
Ancho del muro en la base (adoptado)	=	30,00cm
Ancho muro parte superior (adoptado)	=	15,00cm
Verificación del cortante en el cuerpo	=	1.108,72kg
Vu	=	1.884,82kg
ØVc	=	7.090,25kg
Longitud puntal	=	0,95m
Longitud talón	=	0,95m
Altura Cimentación	=	0,30m
Longitud tacón	=	0,30m
Altura tacón	=	0,15m

#### 5.4.3.1.3 Investigación de la estabilidad

**Tabla 5.14.** Peso de la estructura

	Peso (kg)	x (m)	Mr (kg-m)
W1	1.080,00	1,03	1.107,00
W2	540,00	1,15	621,00
W3	1.584,00	1,25	1.980,00
W4	108,00	1,10	118,80
W5	1.263,50	0,48	600,16
W6	427,50	1,00	427,50
W7	5.415,00	1,73	9.340,88
<b>S =</b>	<b>10.418,00</b>		<b>14.195,34</b>

**Figura 5.11.** Muro de Contención



La presión total de suelo sobre el plano ac es:

$$P = 1.741,79\text{kg}$$

$$y = 1,2\text{m}$$

Momento de Volcamiento  $M_o$ :

$$M_o = 2.111,26\text{kg}\cdot\text{m}$$

La distancia de la resultante desde el borde delantero:

$$a = 1,16\text{m}$$

La resultante se ubica en el tercio central. La correspondiente presión máxima de suelo en el puntal es:

$$q_1 \text{ (Puntal externa)} = 3.961,55\text{kg}/\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} q \text{ (Puntal interna)} &= 4.679,01\text{kg/m}^2 \\ q_2 \text{ (Talón externo)} &= 5.509,36\text{kg/m}^2 \end{aligned}$$

El Factor de seguridad contra volcamiento:

$$\mathbf{F.S.V. = 6,72 > 1,50}$$

El factor de seguridad contra deslizamiento:

$$\begin{aligned} \text{Fricción en el puntal} &= 2.665,34\text{kg} \\ \text{Fricción en el talón y en el tacón} &= 3.183,86\text{kg} \\ \text{Presión tierra pasiva} &= \underline{1.282,50\text{kg}} \\ \mathbf{S} &= \mathbf{7.131,71\text{kg}} \end{aligned}$$

$$\mathbf{F.S.D. = 4,09 > 1,50}$$

Verificación de la presión de contacto con sobrecarga hasta el extremo del muro:

$$\begin{aligned} W &= 12.570,50\text{kg} \\ Mr &= 17.504,81\text{kg}\cdot\text{m} \\ Ar &= 1,22\text{m} \end{aligned}$$

Lo cual ubica a la resultante dentro del tercio medio:

$$\begin{aligned} q_1 \text{ (Puntal Externa)} &= 3.772,54\text{kg/m}^2 \\ q \text{ (Puntal Interna)} &= 5.498,23\text{kg/m}^2 \\ q_2 \text{ (Talón Externa)} &= 7.655,19\text{kg/m}^2 \end{aligned}$$

Estos valores son menores que la presión admisible:

$$q \text{ adm} = 8.000,00\text{kg/m}^2$$

#### 5.4.3.1.4 Refuerzo de cuerpo y talón

$$\begin{aligned} \text{Rec} &= 0,07\text{m} \\ h \text{ promedio} &= 0,23\text{m} \\ r &= 0,00 \\ \mathbf{As} &= \mathbf{6,46\text{cm}^2} \end{aligned}$$

Además del acero principal en el cuerpo del muro, se requiere refuerzo para controlar el agrietamiento por retracción de fraguado y temperatura:

$$\begin{aligned} r &= 0,002 \\ \mathbf{As \text{ retracción}} &= \mathbf{4,50\text{cm}^2} \end{aligned}$$

5.4.3.1.5 **Losa del puntal.** Determinación del momento para carga mayoradas en la cara externa del cuerpo del muro:

$$\begin{aligned} M_u &= 3.766,53\text{kg-m} \\ \text{Rec} &= 0,07\text{m} \\ h \text{ zapata} &= 0,30\text{m} \\ r &= 0,00 \\ \mathbf{As} &= \mathbf{7,59\text{cm}^2} \end{aligned}$$

Verificación de cortante a una distancia d:

q(dist. d de la cara del cuerpo principal) 5.092,32kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} V_u &= 4.194,10 \\ \emptyset V_c &= 1.5015,24 \\ \mathbf{\emptyset V_c > V_u} \end{aligned}$$

#### 5.4.3.1.6 Losa de talón

$$\begin{aligned} M_u &= 5.644,05\text{kg-m} \\ r &= 0,00 \\ \mathbf{As} &= \mathbf{7,59\text{cm}^2} \\ V_u &= 1.1882,22\text{kg} \\ \emptyset V_c &= 1.5015,24\text{kg} \\ &\mathbf{\emptyset V_c > V_u} \end{aligned}$$

Además del acero principal en el cuerpo del muro, se requiere refuerzo para controlar el agrietamiento por retracción de fraguado y temperatura:

$$\begin{aligned} r &= 0,0018 \\ \mathbf{As \text{ retracción}} &= \mathbf{4,14\text{cm}^2} \end{aligned}$$

## **CAPITULO VI**

### **ANÁLISIS DE COSTOS PARA CADA ALTERNATIVAS**

#### **6.2 ANÁLISIS DE COSTOS PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

En el presente capítulo se hace un análisis de costos para cada una de las alternativas propuestas como solución al mejoramiento de transitabilidad para la vía en estudio. De dicho análisis se realiza la correspondiente selección de la estructura de pavimento, la cual contemple una menor inversión presupuestal, así como un mantenimiento a más largo plazo.

**6.2.1 Análisis para la estructura de pavimento en concreto asfáltico.** La estructura de pavimento flexible esta conformada por:

- Carpeta Asfáltica tipo MDC-2 de espesor  $e=12\text{cm}$ .
- Base Granular tipo BG-1 de espesor  $e=15\text{cm}$ .
- Subbase Granular tipo SBG-1 de espesor  $e=21\text{cm}$ .
- Material de afirmado existente de espesor  $e=19\text{cm}$ .
- Subrasante.

**Tabla 6.1.** Valor de construcción pavimento flexible

ÍTEM	DETALLE	UND	CANT.	V/UNIT.	V/PARCIAL
<b>1</b>	<b>EXPLANACIONES</b>				
1,1	Conformación de calzada	M <sup>2</sup>	18.700	489	9.144.300
<b>2</b>	<b>SUBBASES Y BASE</b>				
2,1	Suministro e instalación base granular e=15cm.	M <sup>3</sup>	2.805	56.000	157.080.000
2,2	Escarificación y mejoramiento subbase granular del sitio e=21cm.	M <sup>3</sup>	3.927	20.000	78.540.000
<b>3</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				
3,1	Imprimación	M <sup>2</sup>	14.850	2.855	42.396.750
3,2	Suministro e instalación mezcla densa en caliente MDC-2	M <sup>3</sup>	1.782	525.000	935.550.000
<b>TOTAL COSTO BÁSICO</b>					<b>1.222.711.050</b>

**6.2.2 Análisis para la estructura de pavimento en concreto rígido.** La estructura de pavimento en concreto rígido esta conformada por:

- Losa en concreto rígido MR = 4,0Mpa espesor e=18cm.
- Subbase Granular tipo SBG-1 de espesor e=20cm.
- Material de afirmado existente de espesor e=20cm.
- Subrasante.

**Tabla 6.2.** Valor de construcción pavimento rígido

ÍTEM	DETALLE	UND	CANT.	V/UNIT.	V/PARCIAL
<b>1</b>	<b>EXPLANACIONES</b>				
1,1	Conformación de calzada	M <sup>2</sup>	18.700	489	9.144.300
<b>2</b>	<b>SUBBASES Y BASE</b>				
2,1	Suministro e instalación Subbase mejorada granular e=20cm.	M <sup>3</sup>	3.740	35.000	130.600.000
<b>3</b>	<b>PAVIMENTO RÍGIDO</b>				
3,1	Placa en concreto hidráulico e=18cm.	M <sup>2</sup>	14.850	65.200	968.220.000
<b>TOTAL COSTO BÁSICO</b>					<b>1.108.264.300</b>

### **ALTERNATIVA RECOMENDADA**

Un vez hecho el análisis de costos a cada una de la estructuras de pavimento diseñadas, se puede concluir que la estructura de pavimento recomendada es la de pavimento rígido por cuanto la misma requiere de una menor inversión al inicio de su construcción pero el mantenimiento de la misma se hará a largo tiempo.

La alternativa de pavimento rígido seleccionada plantea:

- Aprovechar el material de afirmado existente, por lo que se recomienda escarificar un espesor promedio de 15cm, con el fin de retirarse todos los sobre tamaños mayores a 2" con el fin de dar cumplimiento con los requisitos exigidos por el INVIAS, para la construcción de subbases con este tipo de materiales.
- Debido a la presencia de construcciones cercanas a la vía en estudio se deben respetar los niveles actuales de las mismas y así mismo se deberá tener en cuenta los niveles y cotas de trabajo que resulten de los diseños geométricos finales.

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES**

Una vez obtenidos los resultados de los datos relacionados con los valores de fatiga y erosión para la estructura de pavimento rígido propuesta bajo los parámetros considerados y los cuales están relacionados con los espectros de carga, espesor de las diferentes capas, módulos de rotura y la resistencia del apoyo global, se consideran las siguientes conclusiones:

- Con relación al tránsito total de diseño y el respectivo análisis de espectro de cargas para la vía en estudio, el mismo se hizo mediante conteos del flujo vehicular el cual está determinado de acuerdo con las características propias de la región.
- El diseño de la estructura de pavimento propuesta para la nueva vía se obtienen mediante un análisis y estudio, el cual se hace de forma minuciosa y detallada, teniendo en cuenta los tramos o sectores de las zonas a intervenir y los cuales con base en los estudios de suelos y los resultados de los C.B.R. realizados confirman la presencia de estratos de suelos valorados con una aceptable capacidad de resistencia y soporte.
- Los espesores de las capas de mejoramiento y subbase de la estructura propuesta tienen un análisis racional y coherente, ya que los mismos se consideran y proponen bajo criterios de que un material desarrolla su resistencia en función de lo que tenga en el soporte sobre el cual se coloca y la transición de resistencia entre las capas inferiores a las superiores debe ser de manera moderada, además el limitante del espesor del material de reemplazo no debe ser menor que el de la capa superior siguiente.

- La resistencia que deberá ofrecer el conjunto de apoyo para la estructura de pavimento propuesta, se obtiene mediante un análisis técnicamente soportable como se demuestra en los cálculos realizados y sustentados.
- Con relación a la capa de afirmado encontrado en la vía el mismo se propone como mejoramiento aclarando lo siguiente: Con base al diseño geométrico vertical que se realice se aclara que se debe mantener en lo posible el espesor de afirmado existente  $e=20\text{cm}$ , ya que se debe aprovechar las características de este material a fin de disminuir costos en la construcción de la estructura de pavimento propuesta.

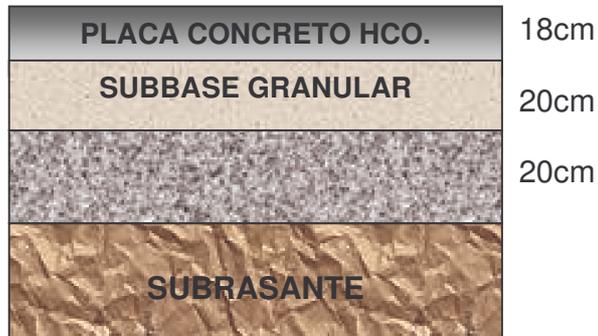
## **CAPITULO VIII**

### **RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN**

1. Con antelación a iniciar el proceso de construcción de la estructura de pavimento rígido, se debe realizar una precompactación con equipo pesado tipo compactador de rodillo liso vibratorio al material de afirmado existente en la vía, esto con el fin de garantizar una densidad uniforme a todo lo largo y ancho de la vía a pavimentar.
2. En la construcción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento rígido, se deben respetar los requerimientos mínimos exigidos para los materiales que se utilizan en la elaboración de las mismas para lo cual se deberá cumplir con las especificaciones estipuladas por el INVIAS.
3. Con base en todos los análisis y cálculos que se encuentran sustentados en el presente estudio, desde el punto de vista técnico y económico se recomienda la construcción de la estructura de pavimento rígido, por cuanto cumple para las condiciones de carga, tránsito, clima y materiales considerados dentro del dimensionamiento de los diseños planteados.
4. La sectorización realizada para la vía a construir tiene un análisis el cual tiene como base los estudios de suelos y ensayos realizados los cuales permiten plantear UNA UNIDAD DE DISEÑO, en la cual se recomienda la siguiente estructura de pavimento, figura 7.1.

## UNIDAD DE DISEÑO No.1

**Figura 7.1** Modelo estructural para pavimento rígido



5. Durante los trabajos de intervención de los tramos para la construcción de la vía se podrá definir con más exactitud las profundidades hasta la cuales se deberá llegar para escarificar y retirar los sobre tamaños mayores a 2" del material de afirmado existente para dar cumplimiento con los requerimientos exigidos por el INVIAS.
6. Los materiales granulares a utilizar en la elaboración y construcción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento diseñada, deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos por las normas INVIAS así:
  - El material utilizado como AFIRMADO debe cumplir con un C.B.R.> 10%.
  - El material granular triturado para la SUBBASE debe cumplir con un C.B.R.> 30%.
7. Debe cumplirse que el espesor mínimo de placa de concreto rígido el cual es de DIECIOCHO (18)cm en todos los sectores debe ser el espesor final de losa.

8. Se debe realizar un control a lo largo de todo el proceso constructivo con el fin de que el espesor de la losa sea el sugerido en este análisis.
9. Las placas de concreto cuyo espesor es  $E=18\text{cm}$  se deben construir con un concreto que garantice como mínimo una resistencia a la flexión o módulo de rotura  $MR=4,0\text{Mpa}$  el cual se debe cumplir mediante un control de selectividad, calidad y cantidad en el suministro de los materiales que se utilicen en la elaboración de la mezcla de concreto.
10. Con relación a la dimensión de los paños, aquellos que no cumplan con la relación  $L/A \leq 1.5$ , se deberá disponer de un refuerzo para los mismos colocándose una malla electro soldada de diámetro  $7,5\text{mm}$  espaciada cada  $20\text{cm}$  y la cual se colocará a  $2/3$  del espesor de la placa contados a partir del nivel final de la capa de la base granular.
11. Debido a que en el tramo comprendido entre el  $K0+ 000$  al  $K0+142$  se presentan altos contenidos de humedad como lo confirman los resultados de consistencia y con el fin de garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura de pavimento, se recomienda la construcción de un filtro tipo francés el cual se ubicará en el lado derecho de la vía y su sección será de Ancho =  $0,60\text{m}$  y Altura promedio =  $1,50\text{m}$  el filtro deberá estar conformado por un material granular limpio bien gradado tamaño máximo  $2"$  el cual estará envuelto en un geotextil NT-1600, el cual garantice la permeabilidad y la no colmatación del filtro y así captar las aguas generadas por la filtración de la mismas a través de los poros de los estratos de suelos cercanos al sector donde se construirá la vía.
12. Con relación al drenaje, se deben manejar pendientes longitudinales no menores al  $0.5\%$ , manejar un bombeo entre el  $2\%$  y el  $4\%$ , el cual debe conformarse desde la subrasante de tal manera que todas las capas tengan

un espesor uniforme y se eviten problemas si llueve durante la construcción; así mismo se deben construir inicialmente las obras de drenaje.

13. Después de que se ha realizado el rayado, para evitar la desecación de la superficie del concreto por los agentes atmosféricos se debe realizar un curado al las nuevas losas de concreto, ya sea mediante la utilización de agua o aditivos de concreto que garanticen y eviten la presencia de fisuras prematuras.
14. Se debe construir las alcantarillas necesarias y suficientes, además se recomienda realizar un mantenimiento periódico a todas las alcantarillas existentes, con el fin de evitar su obstrucción y que mantengan un óptimo funcionamiento, además de brindar seguridad al tránsito vehicular.
15. No se deben cambiar los diseños durante la ejecución de la obra sin antes consultar al diseñador inicial y sin los soportes y justificaciones técnicas y económicas que interponga la Interventoría de la obra y/o Contratista.
16. Una vez se viabilicen los recursos para la pavimentación de la vía, con antelación al inicio de su construcción se debe realizar un auscultamiento que permita evaluar el estado actual de redes de acueducto, alcantarillado, alumbrado y líneas telefónicas subterráneas, si las mismas existen en toda la longitud de la vía a pavimentar y se realice la correspondiente reposición, reubicación o profundización si es el caso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENAS Lozano, Hugo León. Teoría de los Pavimentos. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca.

BENAVIDES Bastidas, Carlos Alberto. Diseño Racional de Pavimentos Flexibles. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca.

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO. Diseño, Construcción y Mantenimiento de Pavimentos de Concreto. Segunda Edición. Medellín, Colombia.

MUÑOZ Ricaurte, Guillermo. Pavimentos de Concreto Asfáltico. Tercera Edición. San Juan de Pasto, 2005.

MUÑOZ Ricaurte, Guillermo. Pavimentos Rígidos. Primera Edición. Editorial Universitaria. Universidad de Nariño.

MONTENEGRO Fonseca, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Universidad Católica de Colombia.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**SONDEOS**

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 1 REFERENCIA K0 + 000 IZQUIERDA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>d</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1											
0,2											
0,3											
0,4											
0,5	Muestra 1. Profundidad 0.60 m	100,00	89,38	71,86	52,55	19,32	64,43			A-7-5	MH
0,6	Limo arcilloso orgánico color café, alta compresibilidad										
0,7	consistencia blanda										
0,8											
0,9											
1,0	Muestra 2. Profundidad 1.00 m	100,00	92,24	93,58	70,14	23,44	77,14			A-7-5	MH
1,1	Limo arcilloso color café claro, alta compresibilidad										
1,2	consistencia blanda										
1,3											
1,4	Muestra 3. Profundidad 1.40 m	100,00	95,97	79,44	55,67	23,78	70,41			A-7-5	MH
1,5	Limo arcilloso color café , alta compresibilidad										
	consistencia blanda										

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

## ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 2 REFERENCIA K0 + 250 DERECHA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1	Afirmando en mezcla de limos										
0,2											
0,3											
0,4											
0,5											
0,6	Muestra 1. Profundidad 0.60 m	100,00	80,67	56,62	49,43	7,19	53,42			A-5	MH
0,7	Limo orgánico color café, alta compresibilidad consistencia blanda										
0,8											
0,9											
1,0	Muestra 2. Profundidad 0.90 m	100,00	95,63	73,62	48,83	24,80	65,93			A-7-5	MH
1,1	Limo arcilloso color negro, alta compresibilidad consistencia blanda										
1,2											
1,3											
1,4											
1,5	Muestra 3. Profundidad 1.50 m	100,00	89,36	98,47	56,54	41,94	129,73			A-7-5	MH
	Limo arcilloso orgánico color negro, alta compresibilidad materia en descomposición, consistencia muy blanda										

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

## ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 3 REFERENCIA K0 + 500 CENTRO FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1											
0,2		Afirmado en mezcla de limos									
0,3											
0,4											
0,5	Muestra 1. Profundidad 0.60 m	100,00	73,93	47,78	33,97	13,81	40,17			A-7-5	ML
0,6	Limo arcilloso color café, baja compresibilidad										
0,7	consistencia blanda										
0,8											
0,9	Muestra 2. Profundidad 0.90 m	100,00	87,15	66,31	52,01	14,31	62,48			A-7-5	MH
1,0	Limo arcilloso color café vetas negras y oxidadas, baja										
1,1	compresibilidad, consistencia blanda										
1,2	Muestra 3. Profundidad 1.20 m	100,00	85,64	63,44	50,82	12,62	61,60			A-7-5	MH
1,3	Limo arcilloso color amarillo vetas negras y habanas, alta										
1,4	compresibilidad, consistencia blanda										
1,5	Muestra 4. Profundidad 1.60 m	100,00	84,92	83,50	50,27	33,23	78,71			A-7-5	MH
1,6	Limo arcilloso color habano, vetas oxidadas y negras, alta										
	compresibilidad, consistencia blanda										

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 4 REFERENCIA K0 + 750 IZQUIERDA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN										
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS									
0		0	0.60	Afirmado en mezcla de limos																
0,1												Muestra 1. Profundidad 0.90 m Limo arcilloso color café claro, baja compresibilidad consistencia blanda	100,00	87,98	46,00	32,93	13,07	35,91	A-7-5	ML
0,2																				
0,3																				
0,4																				
0,5																				
0,6																				
0,7																				
0,8	Muestra 2. Profundidad 1.30 m Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad consistencia blanda	100,00	91,12	70,79	52,37	18,42	60,89	A-7-5	MH											
0,9																				
1,0																				
1,1																				
1,2																				
1,3																				
1,4																				
1,5																				

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 5 REFERENCIA K1 + 000 CENTRO FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1											
0,2	Afirmado en mezcla de limos										
0,3											
0,4	Muestra 1. Profundidad 0.50 m	100,00	90,46	40,60	23,99	16,61	39,82			A-7-6	CL
0,5	Arcilla color café, baja plasticidad										
0,6	consistencia media										
0,7											
0,8											
0,9											
1,0											
1,1	Muestra 2. Profundidad 1.10 m	100,00	91,39	50,86	39,19	11,67	30,49			A-7-5	MH
1,2	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad										
1,3	consistencia media										
1,4											
1,5											

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 6 REFERENCIA K1 + 250 DERECHA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>d</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1											
0,2											
0,3											
0,4											
0,5											
0,6											
0,7	Muestra 1. Profundidad 0.70 m	100,00	94,79	78,36	63,20	15,17	77,07			A-7-5	MH
0,8	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad										
0,9	consistencia blanda										
1,0											
1,1											
1,2											
1,3	Muestra 2. Profundidad 1.30 m	100,00	97,91	78,78	66,71	12,07	66,41			A-7-5	MH
1,4	Limo arcilloso color café, alta compresibilidad										
1,5	consistencia blanda										

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 7 REFERENCIA K1 + 500 CENTRO FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1	Afirmado en mezcla de limos										
0,2											
0,3											
0,4	Muestra 1. Profundidad 0.40 m	99,10	78,27	30,00	26,15	3,86	25,39			A-4	ML
0,5	Limo color habano vetas oxidas y negras, baja compresibil.										
0,6	consistencia media										
0,7											
0,8											
0,9											
1,0											
1,1											
1,2	Muestra 2. Profundidad 1.10 m	100,00	88,55	48,09	33,90	14,19	36,45			A-7-5	ML
1,3	Limo arcilloso color habano vetas oxidas y negras, baja										
1,4	compresibilidad, consistencia media										
1,5											

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 8 REFERENCIA K1 + 750 IZQUIERDA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	J <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1											
0,2											
0,3											
0,4	Muestra 1. Profundidad 0.40 m	100,00	85,65	51,97	40,26	11,71	43,34			A-7-5	MH
0,5	Limo arcilloso color café, alta compresibilidad										
0,6	consistencia blanda										
0,7											
0,8											
0,9											
1,0	Muestra 2. Profundidad 1.00 m	100,00	91,83	63,55	44,11	19,44	61,72			A-7-5	MH
1,1	Limo arcilloso color café claro, vetas oxidas, habanas y										
1,2	negras; alta compresibilidad, consistencia blanda										
1,3											
1,4											
1,5											

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 9 REFERENCIA K2 + 000 CENTRO FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5	 <p>Afirmado en mezcla de limos</p> <p>Muestra 1. Profundidad 0.80 m Limo arcilloso color café, baja compresibilidad consistencia blanda</p>	100,00	85,81	42,11	31,50	10,61	33,91			A-7-5	ML

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 10 REFERENCIA K2 + 250 DERECHA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	J <sub>h</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1	Afirmado en mezcla de limos										
0,2											
0,3											
0,4											
0,5											
0,6											
0,7	Muestra 1. Profundidad 0.70 m	100,00	93,28	78,29	59,45	18,84	55,05			A-7-5	MH
0,8	Limo arcilloso color amarillo vetas café y negras, alta compresibilidad, consistencia blanda										
0,9											
1,0											
1,1											
1,2	Muestra 2. Profundidad 0.70 m	100,00	90,39	45,23	35,80	9,43	38,35			A-5	ML
1,3	Limo color café vetas oxidas, baja compresibilidad consistencia blanda										
1,4											
1,5											

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

## ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT-4 ESQUINAS SONDEO 11 REFERENCIA K2 + 500 CENTRO FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>n</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1	Afirmado en mezcla de limos										
0,2											
0,3											
0,4											
0,5											
0,6	Muestra 1. Profundidad 0.60 m	100,00	85,53	39,71	32,98	6,74	34,74			A-4	ML
0,7	Limo color café de baja compresibilidad										
0,8	consistencia blanda										
0,9											
1,0											
1,1	Muestra 2. Profundidad 1.20 m	100,00	91,57	27,68	25,55	2,13	25,82			A-4	ML
1,2	Limo color habano vetas oxidas, baja compresibilidad										
1,3	consistencia blanda										
1,4											
1,5	Muestra 3. Profundidad 1.50 m	100,00	94,00	53,16	44,10	9,06	49,75			A-5	MH
	Limo color café rojizo, alta compresibilidad										
	consistencia blanda										

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

**ANEXO 2**  
**APIQUES**

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT - 4 ESQUINAS APIQUE 1 REFERENCIA K0 + 250 DERECHA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>n</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1											
0,2											
0,3											
0,4											
0,5	0,48 Muestra 1. Profundidad 0.60 m	100,00	81,46	56,17	49,08	7,08	52,89			A-5	MH
0,6	Limo orgánico color café, alta compresibilidad										
0,7	consistencia blanda										
0,8											
0,9	0,88 Muestra 2. Profundidad 1.10 m	100,00	95,20	72,36	49,00	23,36	65,74	0,81	1,59	A-7-5	MH
1,0	Limo arcilloso color negro, alta compresibilidad										
1,1	consistencia media										
1,2											
1,3											
1,4											
1,5	1,50										

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT - 4 ESQUINAS APIQUE 2 REFERENCIA K0 + 500 CENTRO FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	ϕ <sub>d</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0											
0,1											
0,2											
0,3											
0,4											
0,5	Muestra 1. Profundidad 0.55 m	100,00	70,23	48,85	34,83	14,02	63,65			A-7-5	ML
0,6	Limo arcilloso color café, baja compresibilidad										
0,7	consistencia blanda										
0,8											
0,9	Muestra 2. Profundidad 1.00 m	100,00	86,13	67,22	52,73	14,49	75,59	0,37	1,46	A-7-5	MH
1,0	Limo arcilloso color café vetas negras y oxidas, baja										
1,1	compresibilidad, consistencia blanda										
1,2											
1,3											
1,4											
1,5											

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT - 4 ESQUINAS APIQUE 3 REFERENCIA K1 + 000 CENTRO FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>s</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5	 <p>Afirmado en mezcla de limos</p> <p>Muestra 1. Profundidad 1.00 m Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad consistencia firme</p>	100,00	90,61	49,35	38,28	11,07	30,43	1,15	1,62	A-7-5	ML

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### ESTRATIGRAFÍA Y RESULTADOS

PROYECTO PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO SOLICITA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN GIRARDOT - 4 ESQUINAS APIQUE 4 REFERENCIA K1 + 750 IZQUIERDA FECHA Mar-08

ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL %	LP %	IP %	W <sub>n</sub> %	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	ϕ <sub>d</sub> gr/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACIÓN	
		# 4	# 200							AASHTO	SUCS
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5	 <p>Afirmado en mezcla de limos</p> <p>▼ Ecurrimiento a 0.80 cm</p> <p>Muestra 1. Profundidad 1.20 m Limo arcilloso color café claro, vetas oxidas, habanas y negras; alta compresibilidad, consistencia blanda</p>	100,00	91,97	63,95	44,13	19,82	60,65	0,28	1,77	A-7-5	MH

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

**ANEXO 3**  
**GRANULOMETRÍA AFIRMADO, RECEBO, GRAVILLA Y ARENA**

## GRANULOMETRÍA INTEGRADA DE SUB-BASE

**PROYECTO** PAVIMENTACIÓN GIRARDOT - CUATRO ESQUINAS  
**LOCALIZACIÓN** MUNICIPIO DE GUAITARILLA  
**DESCRIPCIÓN** MATERIAL EXISTENTE COMO AFIRMADO  
**REFERENCIA** \_\_\_\_\_  
**SOLICITA** \_\_\_\_\_  
**FECHA** ABRIL DE 2008

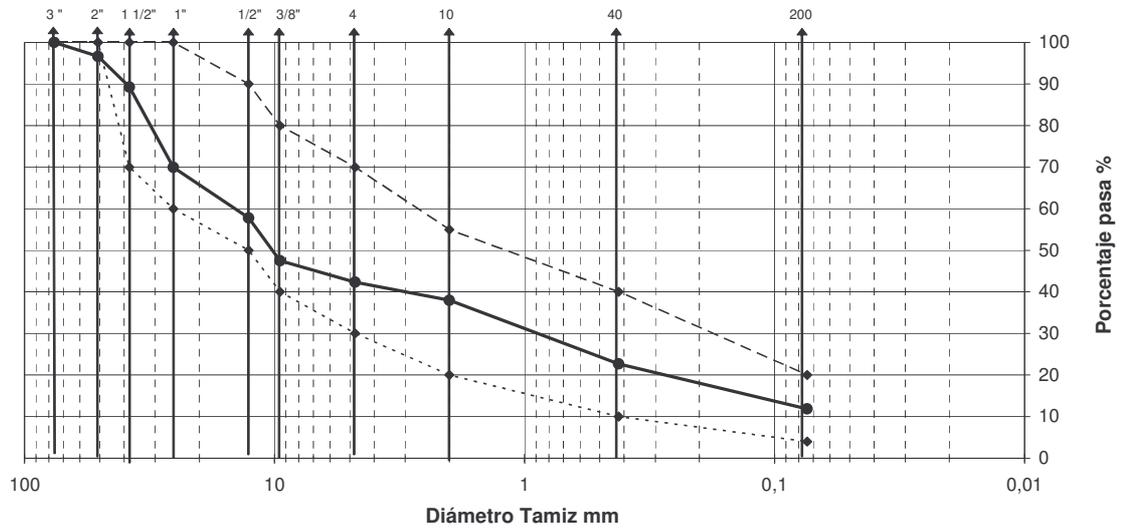
### GRADACION

Tamiz	Peso Reten Acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasa Parcial	% Pasa Integrado
3"	0,00	0,00	100,00	100,00
2"	445,0	3,33	96,67	96,67
1 1/2"	1436,0	10,75	89,25	89,25
1"	4012,0	30,04	69,96	69,96
1/2"	5636,0	42,21	57,79	57,79
3/8"	7010,0	52,50	47,50	47,50
4	160,9	10,86	89,14	42,34
10	297,2	20,07	79,93	37,97
40	773,7	52,24	47,76	22,69
200	1111,7	75,07	24,93	11,84
Pasa 200	369,3			

### PESO SECO TOTAL

Peso Seco Total 13353,6 grs  
 Peso Seco muestra 3/8" 1481,0 grs  
 Módulo de Finura 3,06  
 Coeficiente Uniformidad (Cu) \_\_\_\_\_  
 Diámetro efectivo \_\_\_\_\_ mm

### CURVA GRANULOMÉTRICA



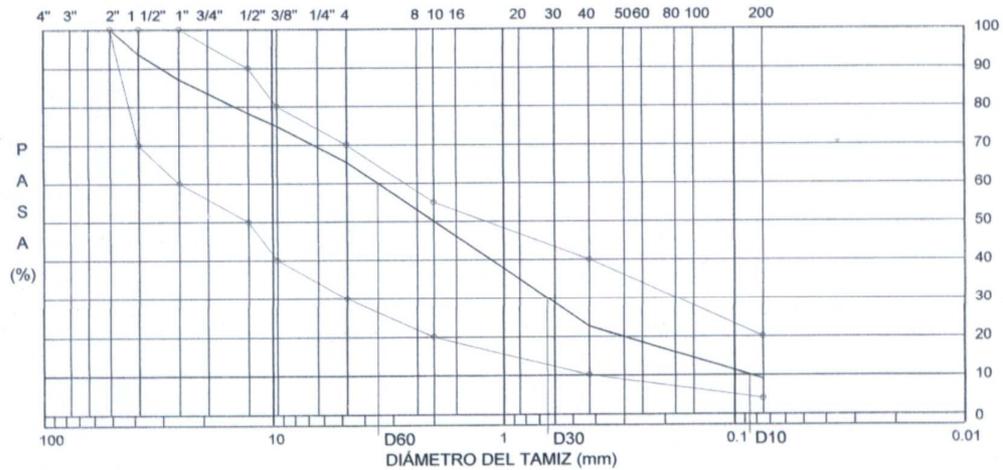
**OBSERVACIONES** Límite Líquido % NL  
 Límite Plástico % NP  
 Índice de Plasticidad % 0,00

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SUB-BASE (SBE-1)

PROYECTO Pavimentación vías urbanas de Túquerres      FECHA ENSAYO Marzo de 2008  
 REFERENCIA Muestra No 1      LOCALIZACIÓN La Chorrera  
 DESCRIPCIÓN Recebo



Tamiz No.	Peso Reten. Acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasa
2"	0	0,00	100,00
1 1/2"	858	6,25	93,75
1"	1772	12,92	87,08
1/2"	2987	21,77	78,23
3/8"	3451	25,15	74,85
4	4731	34,48	65,52
10	6845	49,89	50,11
40	10618	77,39	22,61
200	12492	91,05	8,95
Pasa 200	1227,50		

Peso muestra seca gr. 13719,5  
 Coeficiente de uniformidad CU 40,66  
 Coeficiente de curvatura CC 1,39  
 Diámetro efectivo D10 0,086  
 Módulo de finura 1,87

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido NL  
 Límite Plástico NP  
 Índice Plástico 0

OBSERVACIONES

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

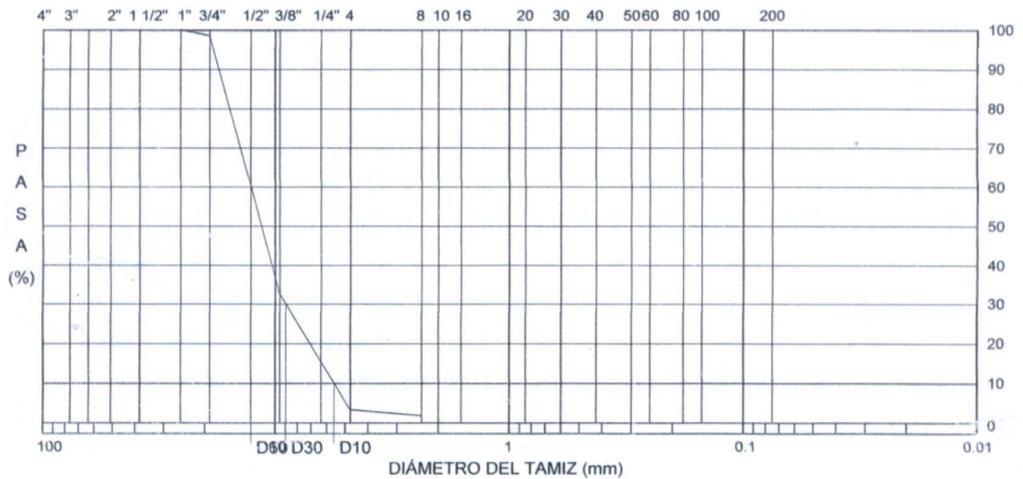
HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
Geotecnólogo

ADRIANA BENAVIDES CARDONA  
Ingeniera



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO Mantenimiento Integral Rumichaca - Mojarras FECHA ENSAYO Marzo de 2008  
 REFERENCIA Muestra No 1 LOCALIZACIÓN Pilcuan  
 DESCRIPCIÓN Gravilla pasa 3/4"



Tamiz No.	Peso Reten. Acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	0	0,00	100,00
3/4"	202	1,45	98,55
1/2"	5485	39,37	60,63
3/8"	9393	67,43	32,57
4	13469	96,68	3,32
8	13690	98,27	1,73
Pasa 8	241,00		

Peso muestra seca gr.	13931
Coficiente de uniformidad CU	2,27
Coficiente de curvatura CC	1,14
Diámetro efectivo D10	5,568
Módulo de finura	2,62

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido	NL
Límite Plástico	NP
Índice Plástico	0

### OBSERVACIONES

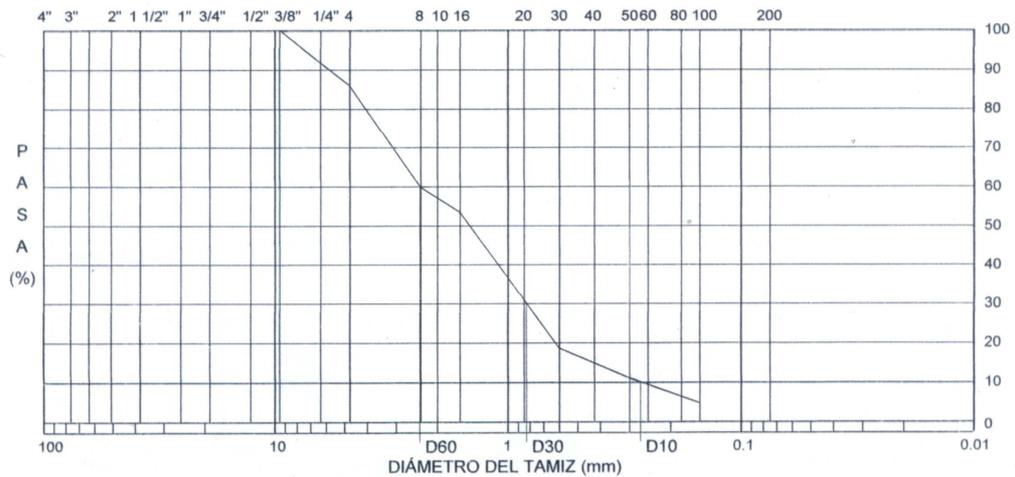
Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
Geotecnólogo



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO Mantenimiento Integral Rumichaca - Pasto FECHA ENSAYO Marzo de 2008  
 REFERENCIA Muestra No 1 LOCALIZACIÓN Muestra No 1  
 DESCRIPCIÓN Arena de la planta



Tamiz No.	Peso Reten. Acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasa
3/8"	0	0,00	100,00
4	150,07	14,05	85,95
8	429,57	40,22	59,78
16	497,03	46,54	53,46
30	869,37	81,40	18,60
50	950,53	89,00	11,00
100	1018,36	95,35	4,65
Pasa 200	49,66		

Peso muestra seca gr. 1068,02  
 Coeficiente de uniformidad CU 8,83  
 Coeficiente de curvatura CC 1,07  
 Diámetro efectivo D10 0,269  
 Módulo de finura 3,67

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido NL  
 Límite Plástico NP  
 Índice Plástico 0

### OBSERVACIONES

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
Geotecnólogo

**ANEXO 4**  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE AFIRMADO**

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN

<b>PROYECTO</b>	PAVIMENTACIÓN GIRARDOT - CUATRO ESQUINAS	<b>FECHA</b>	ABRIL DE 2008
<b>REFERENCIA</b>		<b>LOCALIZACIÓN</b>	GUAITARILLA
<b>DESCRIPCIÓN</b>	MATERIAL DE AFIRMADO	<b>SOLICITA</b>	

### DATOS DE COMPACTACIÓN

Punto No.	1	2	3	4	5
Molde No.	2	2	2	2	2
Volumen molde cm <sup>3</sup>	2104,18	2104,18	2104,18	2104,18	2104,18
Peso suelo húmedo + molde grs.	7100	7290	7350	7370	7173
Peso molde grs.	2960	2960	2960	2960	2960
Peso suelo húmedo grs.	4140	4330	4390	4410	4213
Peso unitario seco lb/pie <sup>3</sup>	114,350	117,146	117,119	115,749	108,221
Grado de saturación %					

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente No.	23	35	14	30	19
Peso húmedo + recipiente grs.	178,0	175,5	184,1	178,8	183,4
Peso seco + recipiente grs.	168,4	163,5	169,5	162,3	163,9
Peso recipiente grs.	37,2	38,03	38,06	34,74	37,23
Humedad %	7,32	9,56	11,11	12,94	15,39

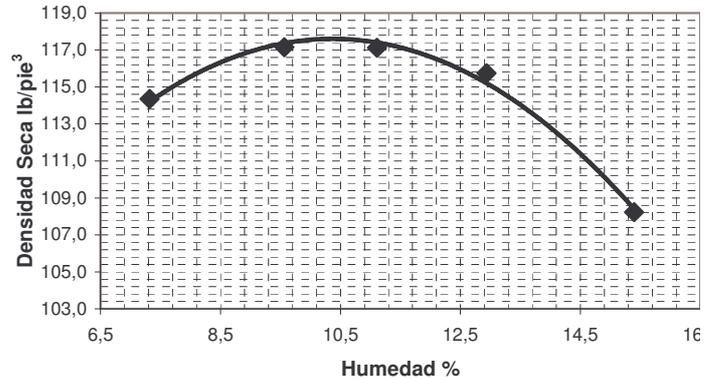
### COMPACTACIÓN DINÁMICA

Peso del martillo	<u>10</u> lb
Altura de Caída	<u>18</u> plg
No. de capas	<u>5</u>
No. de golpes por capa	<u>56</u>

**DENSIDAD MÁXIMA**      117,60 lb/pie<sup>3</sup>

**HUMEDAD ÓPTIMA**      10,37 %

### HUMEDAD vs. DENSIDAD SECA



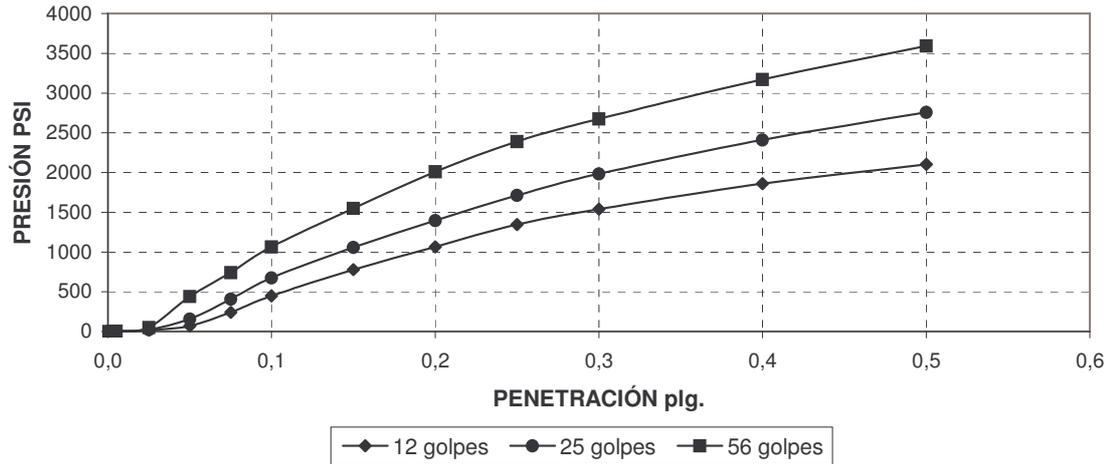
**OBSERVACIONES**      D.M. = 117.6 x 0.016033 = 1.885 gr/cm<sup>3</sup>

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

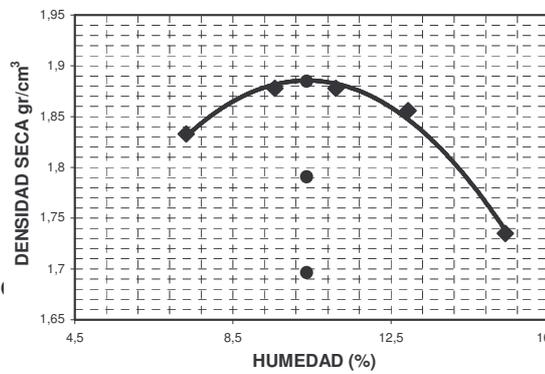
## ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO PAVIMENTACIÓN GIRARDOT - CUATRO ESQUINAS REFERENCIA

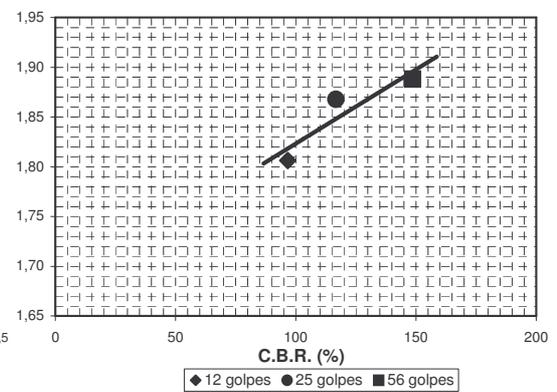
### PRESIÓN vs. PENETRACIÓN



### HUMEDAD vs. DENSIDAD SECA



### C.B.R. Vs. DENSIDAD SECA



$D_{m\acute{a}xima}$  : 1.885 gr/cm<sup>3</sup>

$W_{\acute{o}ptima}$  : 10.37 %

$D_{W\pm 5\%}$  : 1.739 gr/cm<sup>3</sup>

$CBR_{100\%Dm\acute{a}x}$  = 140,27 %

$CBR_{95\%Dm\acute{a}x}$  = 77,43 %

$CBR_{90\%Dm\acute{a}x}$  = 14,60 %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

**ANEXO 5**  
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE SONDEOS**

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	1	MUESTRA	1	PROFUND.	0.60 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso orgánico color café, alta compresibilidad			REFERENCIA	K0 + 000 IZQUIERDA
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

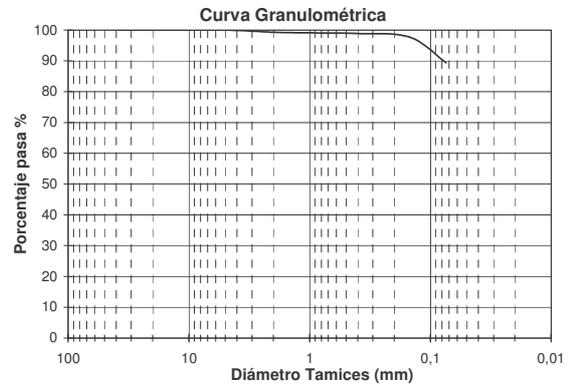
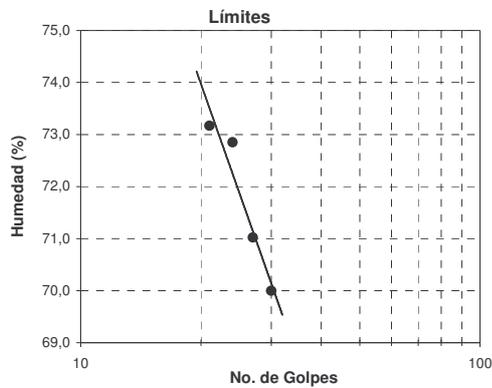
Recipiente N°		62	73
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	39,92	40,82
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	29,36	29,90
Peso recipiente (P3)	gr.	9,35	9,03
Humedad %		52,77	52,32

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	84	103	96	92
P1	33,71	32,18	31,30	29,37
P2	24,05	22,99	22,23	21,27
P3	10,25	10,05	9,78	10,20
Humedad %	70,00	71,02	72,85	73,17

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	0,00	0,00	0,00	100,00
10	1,13	0,72	0,72	99,28
16	0,25	0,16	0,88	99,12
40	0,35	0,22	1,11	98,89
100	1,86	1,19	2,29	97,71
200	13,03	8,33	10,62	89,38
Pasa 200	139,86	89,38	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>71,86</u>
Límite Plástico (%)	<u>52,55</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>19,32</u>
Pasa # 10 (%)	<u>99,28</u>
Pasa # 40 (%)	<u>98,89</u>
Pasa # 200 (%)	<u>89,38</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>296,20</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>56,74</u> grs
Recipiente No.	<u>1</u>
Peso Recip.	<u>38,9</u> grs
W natural	<u>64,43</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	1	MUESTRA	2	PROFUND.	1.00 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color café claro, alta compresibilidad			REFERENCIA	K0 + 000 IZQUIERDA
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

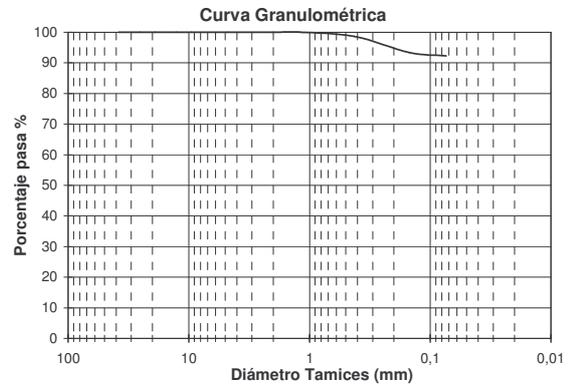
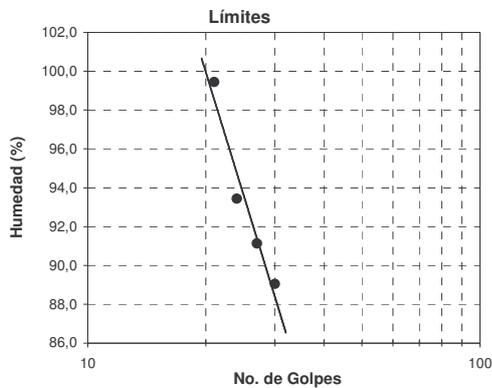
Recipiente N°		23	28
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	30,85	31,48
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	21,50	22,04
Peso recipiente (P3)	gr.	8,21	8,54
Humedad %		70,35	69,93

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	86	105	95	90
P1	30,76	31,02	32,25	31,99
P2	21,09	21,15	21,86	21,19
P3	10,23	10,32	10,74	10,33
Humedad %	89,04	91,14	93,44	99,45

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	1,53	1,36	1,36	98,64
100	5,93	5,26	6,61	93,39
200	1,29	1,14	7,76	92,24
Pasa 200	104,04	92,24	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	93,58
Límite Plástico (%)	70,14
Ind. Plasticidad (%)	23,44
Pasa # 10 (%)	100,00
Pasa # 40 (%)	98,64
Pasa # 200 (%)	92,24

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-7-5	MH

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	237,00 grs
P.S.D.L + R =	46,13 grs
Recipiente No.	6
Peso Recip.	37,21 grs
W natural	77,14 %

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO</b>	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	Mar-08
<b>SONDEO</b>	1	MUESTRA 3	<b>REFERENCIA</b>	K0 + 000 IZQUIERDA
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Limo arcilloso color café, alta compresibilidad		<b>LOCALIZACIÓN</b>	GIRARDOT-4 ESQUINAS
		PROFUND. 1.40 m		

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

#### LÍMITE PLÁSTICO

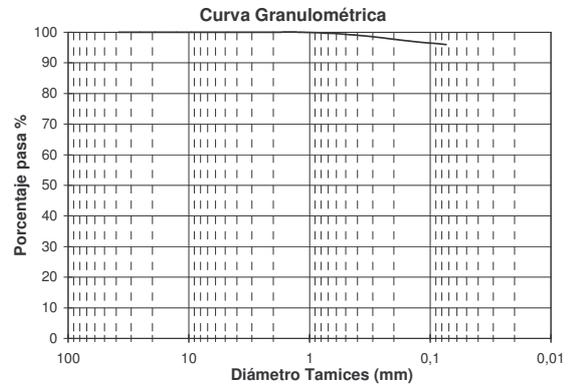
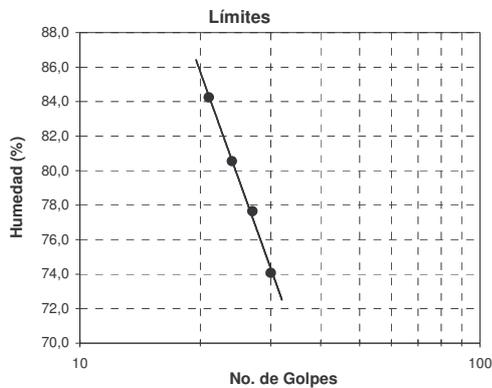
Recipiente N°		60	78
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		35,92	35,80
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		26,42	26,34
Peso recipiente (P3) gr.		9,40	9,30
Humedad %		55,82	55,52

#### LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	89	98	88	87
P1	32,07	31,63	29,59	29,89
P2	22,70	22,32	20,85	21,06
P3	10,05	10,33	10,00	10,58
Humedad %	74,07	77,65	80,55	84,26

### GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	1,08	0,92	0,92	99,08
100	2,36	2,00	2,92	97,08
200	1,31	1,11	4,03	95,97
Pasa 200	113,16	95,97	100,00	-



### RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>79,44</u>
Límite Plástico (%)	<u>55,67</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>23,78</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,08</u>
Pasa # 200 (%)	<u>95,97</u>

### CLASIFICACIÓN

<b>A.A.S.H.T.O.</b>	<b>U.S.C</b>
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

### PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>240,00</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>43,93</u> grs
Recipiente No.	<u>2</u>
Peso Recip.	<u>39,08</u> grs
W natural	<u>70,41</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO</b>	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	Mar-08
<b>SONDEO</b>	2	MUESTRA 1	PROFUND.	0.60 m
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Limo orgánico color café, alta compresibilidad		<b>REFERENCIA</b>	K0 + 250 DERECHA
			<b>LOCALIZACIÓN</b>	GIRARDOT-4 ESQUINAS

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

##### LÍMITE PLÁSTICO

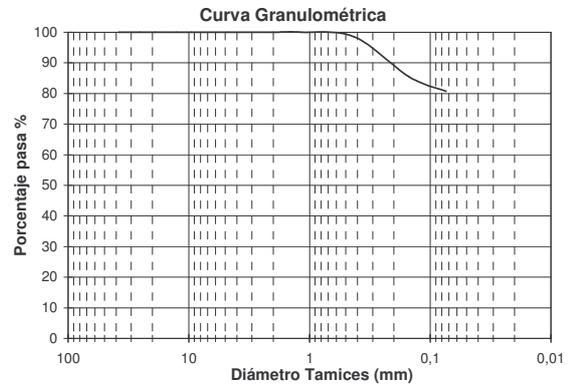
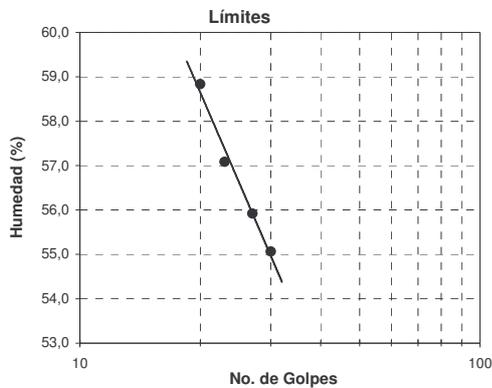
Recipiente N°		16	38
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		38,69	36,48
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		28,66	27,04
Peso recipiente (P3) gr.		8,11	8,18
Humedad %		48,81	50,05

##### LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	23	20
Recipiente N°	97	107	93	106
P1	30,71	31,29	30,54	30,58
P2	23,37	23,59	23,17	23,02
P3	10,04	9,82	10,26	10,17
Humedad %	55,06	55,92	57,09	58,83

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	2,51	1,51	1,51	98,49
100	21,72	13,09	14,60	85,40
200	7,84	4,73	19,33	80,67
Pasa 200	133,86	80,67	100,00	-



#### RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>56,62</u>
Límite Plástico (%)	<u>49,43</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>7,19</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>98,49</u>
Pasa # 200 (%)	<u>80,67</u>

#### CLASIFICACIÓN

<b>A.A.S.H.T.O.</b>	<b>U.S.C</b>
<u>A-5</u>	<u>MH</u>

#### PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>292,00</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>70,29</u> grs
Recipiente No.	<u>10</u>
Peso Recip.	<u>37,43</u> grs
W natural	<u>53,42</u> %

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	2	MUESTRA 2	PROFUND.	0.90 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color negro, alta compresibilidad		REFERENCIA	K0 + 250 DERECHA
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente N°		64	76
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		40,96	40,77
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		30,65	30,34
Peso recipiente (P3) gr.		9,24	9,27
Humedad %		48,16	49,50

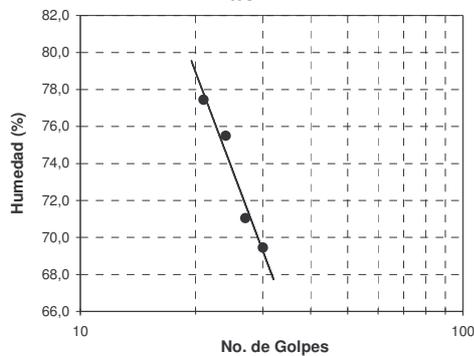
LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	86	91	100	101
P1	32,53	32,78	31,45	30,50
P2	23,39	23,48	22,36	21,71
P3	10,23	10,39	10,32	10,36
Humedad %	69,45	71,05	75,50	77,44

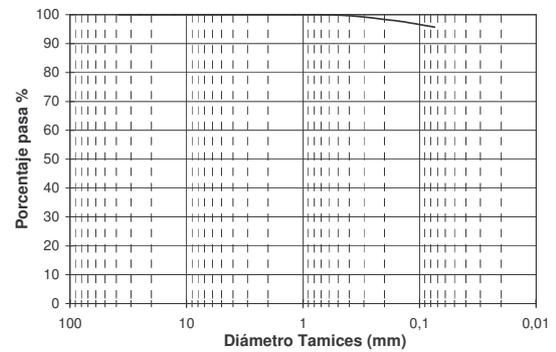
GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	0,53	0,32	0,32	99,68
100	3,28	1,97	2,29	97,71
200	3,46	2,08	4,37	95,63
Pasa 200	159,17	95,63	100,00	--

Límites



Curva Granulométrica



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>73,62</u>
Límite Plástico (%)	<u>48,83</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>24,80</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,68</u>
Pasa # 200 (%)	<u>95,63</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>314,20</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>45,79</u> grs
Recipiente No.	<u>35</u>
Peso Recip.	<u>38,03</u> grs
W natural	<u>65,93</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	2	MUESTRA 3	PROFUND.	1.50 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso orgánico, color negro, alta compresibilidad		REFERENCIA	K0 + 250 DERECHA
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

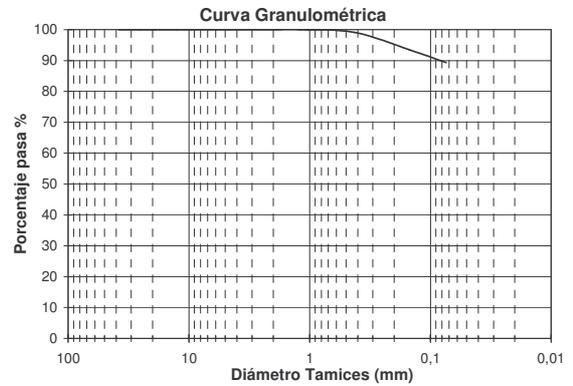
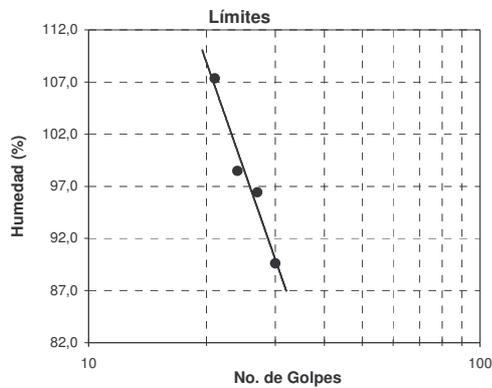
Recipiente N°		67	75
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	33,84	39,03
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	25,10	28,24
Peso recipiente (P3)	gr.	9,54	9,28
Humedad %		56,17	56,91

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	94	102	104	99
P1	30,36	32,39	29,99	31,78
P2	20,80	21,60	20,29	20,67
P3	10,13	10,41	10,44	10,32
Humedad %	89,60	96,43	98,48	107,34

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	0,93	0,86	0,86	99,14
100	6,12	5,66	6,52	93,48
200	4,45	4,12	10,64	89,36
Pasa 200	96,62	89,36	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	98,47
Límite Plástico (%)	56,54
Ind. Plasticidad (%)	41,94
Pasa # 10 (%)	100,00
Pasa # 40 (%)	99,14
Pasa # 200 (%)	89,36

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-7-5	MH

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	285,80 grs
P.S.D.L + R =	50,46 grs
Recipiente No.	33
Peso Recip.	37,42 grs
W natural	129,73 %

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	3	MUESTRA 1	PROFUND.	0.60 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color café, baja compresibilidad		REFERENCIA	K0 + 500 CENTRO
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

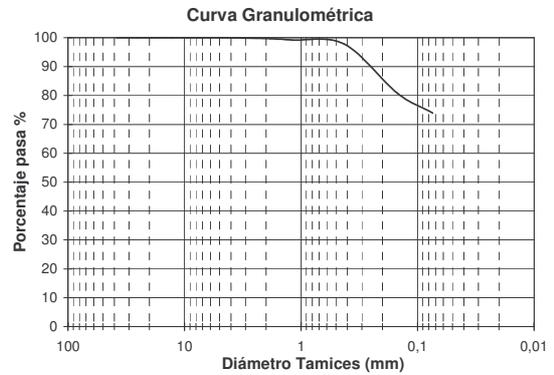
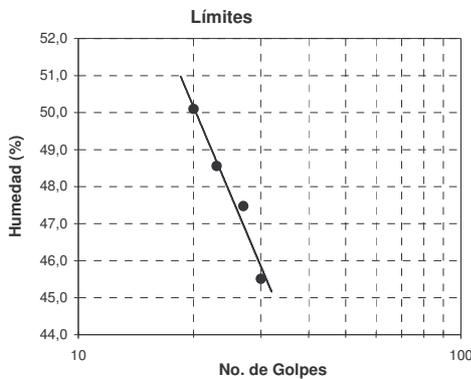
Recipiente N°		70	77
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	41,81	38,59
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	33,66	31,10
Peso recipiente (P3)	gr.	9,31	9,37
Humedad %		33,47	34,47

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	23	20
Recipiente N°	71	78	74	65
P1	31,54	32,63	32,17	32,54
P2	24,60	25,12	24,62	24,81
P3	9,35	9,30	9,07	9,38
Humedad %	45,51	47,47	48,55	50,10

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,58	0,32	0,32	99,68
16	0,93	0,52	0,84	99,16
40	2,49	1,39	2,23	97,77
100	30,39	16,98	19,21	80,79
200	12,28	6,86	26,07	73,93
Pasa 200	132,32	73,93	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>47,78</u>
Límite Plástico (%)	<u>33,97</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>13,81</u>
Pasa # 10 (%)	<u>99,68</u>
Pasa # 40 (%)	<u>97,77</u>
Pasa # 200 (%)	<u>73,93</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>ML</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>287,60</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>84,56</u> grs
Recipiente No.	<u>5</u>
Peso Recip.	<u>36,72</u> grs
W natural	<u>40,17</u> %

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	3	MUESTRA	2	PROFUND.	0.90 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad			REFERENCIA	K0 + 500 CENTRO
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

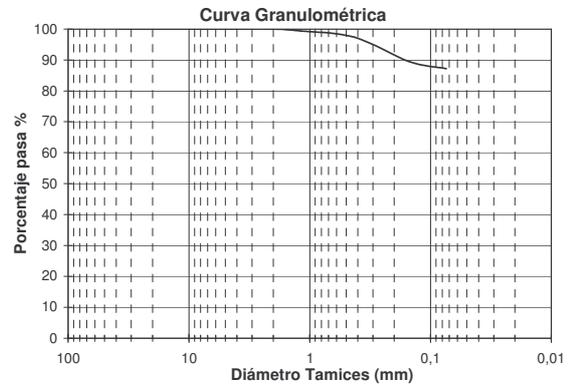
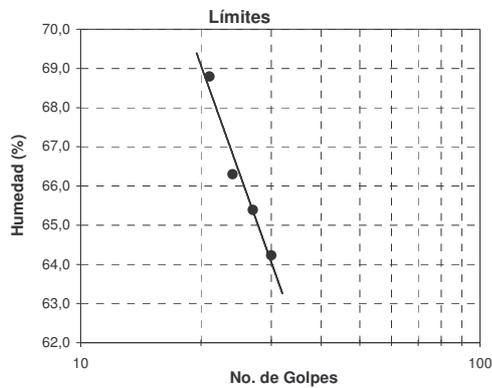
Recipiente N°		70	63
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	42,41	36,81
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	31,14	27,37
Peso recipiente (P3)	gr.	9,31	9,35
Humedad %		51,63	52,39

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	79	64	61	66
P1	32,92	31,27	29,11	29,78
P2	23,78	22,56	21,28	21,47
P3	9,55	9,24	9,47	9,39
Humedad %	64,23	65,39	66,30	68,79

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	0,84	0,61	0,61	99,39
40	2,84	2,05	2,66	97,34
100	10,95	7,91	10,57	89,43
200	3,15	2,28	12,85	87,15
Pasa 200	120,57	87,15	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>66,31</u>
Límite Plástico (%)	<u>52,01</u>
Ind. Plasticidad(%)	<u>14,31</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>97,34</u>
Pasa # 200 (%)	<u>87,15</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>262,70</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>55,99</u> grs
Recipiente No.	<u>15</u>
Peso Recip.	<u>37,91</u> grs
W natural	<u>62,48</u> %

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	3	MUESTRA	3	PROFUND.	1.20 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad			REFERENCIA	K0 + 500 CENTRO
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

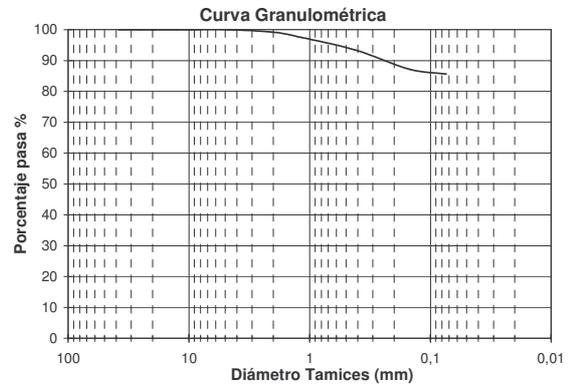
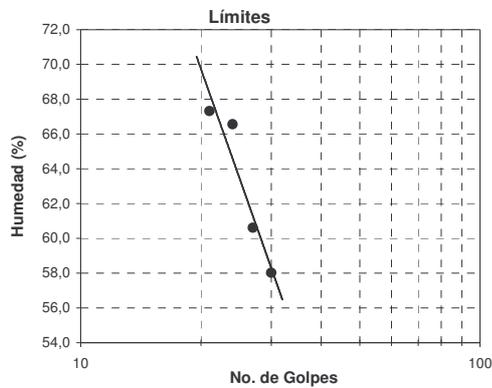
Recipiente N°		69	79
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	43,96	41,63
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	32,22	30,94
Peso recipiente (P3)	gr.	9,50	9,55
Humedad %		51,67	49,98

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	63	76	75	67
P1	31,41	30,92	31,35	32,58
P2	23,31	22,75	22,53	23,31
P3	9,35	9,27	9,28	9,54
Humedad %	58,02	60,61	66,57	67,32

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	0,00	0,00	0,00	100,00
10	1,37	0,83	0,83	99,17
16	2,65	1,61	2,44	97,56
40	6,73	4,09	6,53	93,47
100	10,45	6,35	12,87	87,13
200	2,44	1,48	14,36	85,64
Pasa 200	141,03	85,64	100,00	--



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>63,44</u>
Límite Plástico (%)	<u>50,82</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>12,62</u>
Pasa # 10 (%)	<u>99,17</u>
Pasa # 40 (%)	<u>93,47</u>
Pasa # 200 (%)	<u>85,64</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>305,30</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>62,88</u> grs
Recipiente No.	<u>3</u>
Peso Recip.	<u>39,18</u> grs
W natural	<u>61,60</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	3	MUESTRA	4	PROFUND.	1.60 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color habano, alta compresibilidad			REFERENCIA	K0 + 500 CENTRO
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente N°		61	66
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	39,19	33,37
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	29,32	25,29
Peso recipiente (P3)	gr.	9,47	9,39
Humedad %		49,72	50,82

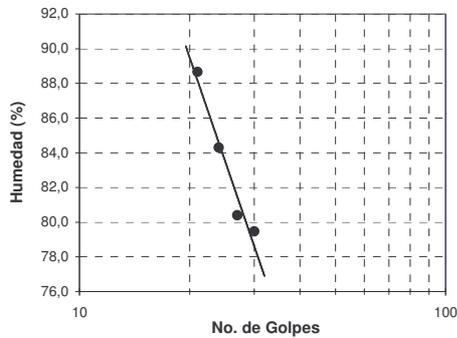
LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	60	72	80	82
P1	31,60	32,79	32,37	29,70
P2	21,77	22,29	21,79	20,16
P3	9,40	9,23	9,24	9,40
Humedad %	79,47	80,40	84,30	88,66

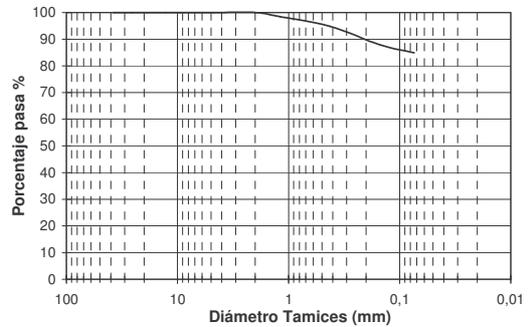
GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	2,06	1,56	1,56	98,44
40	4,73	3,59	5,16	94,84
100	9,23	7,01	12,17	87,83
200	3,83	2,91	15,08	84,92
Pasa 200	111,79	84,92	100,00	-

Límites



Curva Granulométrica



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>83,50</u>
Límite Plástico (%)	<u>50,27</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>33,23</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>94,84</u>
Pasa # 200 (%)	<u>84,92</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>272,60</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>58,00</u> grs
Recipiente No.	<u>36</u>
Peso Recip.	<u>37,34</u> grs
W natural	<u>78,71</u> %

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	4	MUESTRA	1	PROFUND.	0.90 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color café claro, baja compresibilidad			REFERENCIA	K0 + 750 IZQUIERDA
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

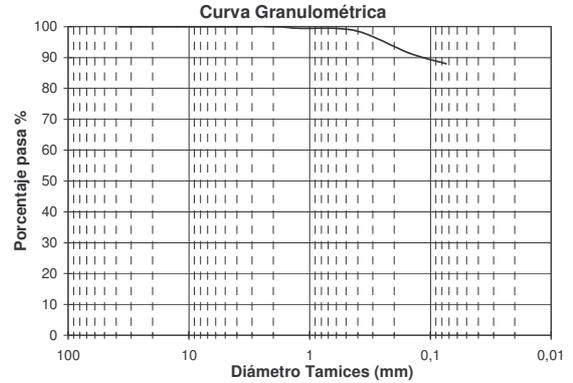
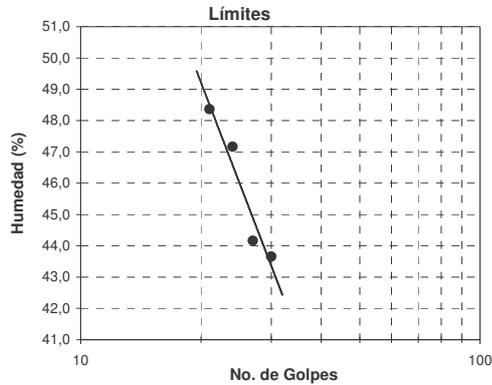
Recipiente N°		81	73
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	40,34	34,54
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	32,34	28,42
Peso recipiente (P3)	gr.	9,01	9,03
Humedad %		34,29	31,56

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	62	83	68	69
P1	31,53	30,51	31,87	31,71
P2	24,79	24,08	24,71	24,47
P3	9,35	9,52	9,53	9,50
Humedad %	43,65	44,16	47,17	48,36

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,04	0,55	0,55	99,45
40	1,25	0,66	1,21	98,79
100	13,86	7,35	8,56	91,44
200	6,51	3,45	12,02	87,98
Pasa 200	165,93	87,98	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	46,00
Límite Plástico (%)	32,93
Ind. Plasticidad (%)	13,07
Pasa # 10 (%)	100,00
Pasa # 40 (%)	98,79
Pasa # 200 (%)	87,98

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-7-5	ML

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	293,20 grs
P.S.D.L + R =	60,22 grs
Recipiente No.	13
Peso Recip.	36,88 grs
W natural	35,91 %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	4	MUESTRA	2	PROFUND.	1.30 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color amarillo. alta compresibilidad			REFERENCIA	K0 + 750 IZQUIERDA
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

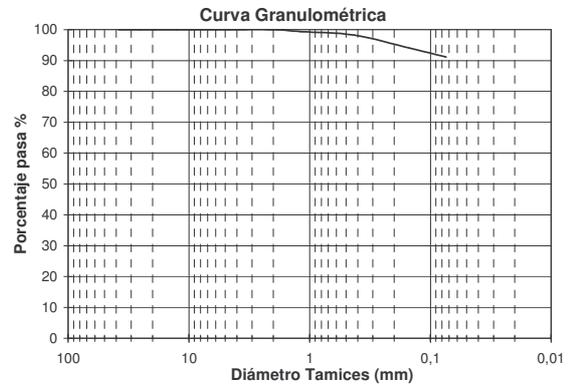
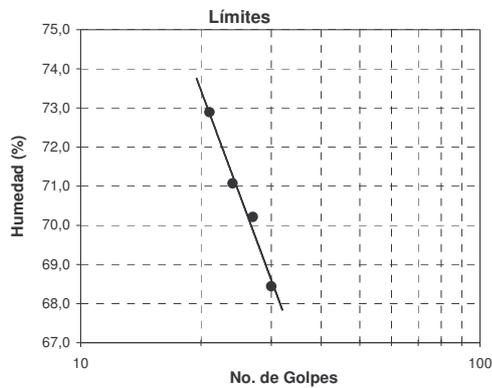
Recipiente N°		39	48
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	32,34	31,56
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	24,04	23,49
Peso recipiente (P3)	gr.	8,18	8,09
Humedad %		52,33	52,40

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	29	14	36	40
P1	32,22	30,03	30,79	30,43
P2	22,44	21,12	21,43	21,18
P3	8,15	8,43	8,26	8,49
Humedad %	68,44	70,21	71,07	72,89

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	0,59	0,64	0,64	99,36
40	1,03	1,12	1,76	98,24
100	3,92	4,25	6,01	93,99
200	2,65	2,87	8,88	91,12
Pasa 200	84,07	91,12	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>70,79</u>
Límite Plástico (%)	<u>52,37</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>18,42</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>98,24</u>
Pasa # 200 (%)	<u>91,12</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>185,40</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>45,41</u> grs
Recipiente No.	<u>34</u>
Peso Recip.	<u>36,97</u> grs
W natural	<u>60,89</u> %

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	5	MUESTRA 1	PROFUND.	0.50 m
DESCRIPCIÓN	Arcilla color café de baja plasticidad		REFERENCIA	K1 + 000 CENTRO
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

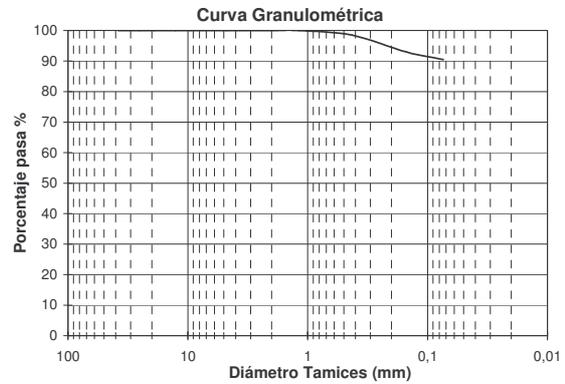
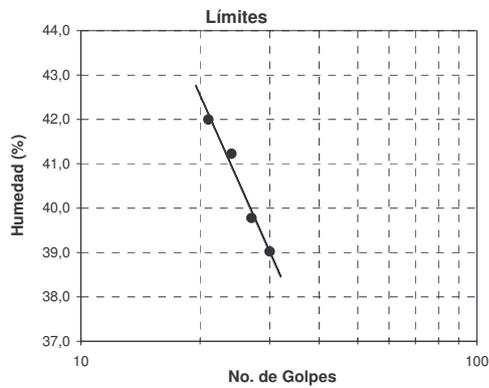
Recipiente N°		82	72
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	36,86	39,87
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	31,72	33,75
Peso recipiente (P3)	gr.	9,40	9,23
Humedad %		23,03	24,96

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	102	104	91	87
P1	32,00	32,05	32,04	29,65
P2	25,94	25,90	25,72	24,01
P3	10,41	10,44	10,39	10,58
Humedad %	39,02	39,78	41,23	42,00

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	1,96	1,56	1,56	98,44
100	6,93	5,53	7,09	92,91
200	3,07	2,45	9,54	90,46
Pasa 200	113,46	90,46	100,00	--



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	40,60
Límite Plástico (%)	23,99
Ind. Plasticidad (%)	16,61
Pasa # 10 (%)	100,00
Pasa # 40 (%)	98,44
Pasa # 200 (%)	90,46

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-7-6	CL

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	213,70 grs
P.S.D.L + R =	50,67 grs
Recipiente No.	32
Peso Recip.	38,33 grs
W natural	39,82 %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO</b>	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			<b>FECHA DE ENSAYO</b>	Mar-08
<b>SONDEO</b>	5	MUESTRA	2	PROFUND.	1.10 m
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad			<b>REFERENCIA</b>	K1 + 000 CENTRO
				<b>LOCALIZACIÓN</b>	GIRARDOT-4 ESQUINAS

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

##### LÍMITE PLÁSTICO

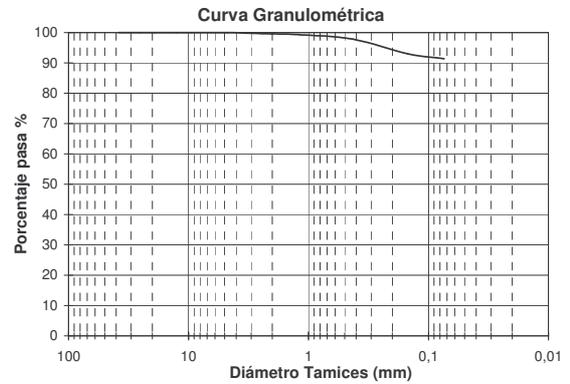
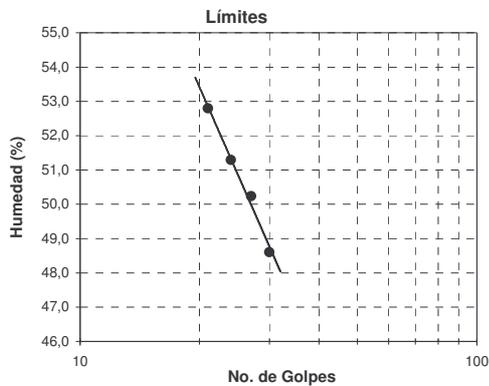
Recipiente N°		68	75
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		39,78	35,50
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		31,34	28,05
Peso recipiente (P3) gr.		9,53	9,28
Humedad %		38,70	39,69

##### LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	101	97	100	86
P1	30,57	32,02	34,27	31,79
P2	23,96	24,67	26,15	24,34
P3	10,36	10,04	10,32	10,23
Humedad %	48,60	50,24	51,30	52,80

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,84	0,42	0,42	99,58
16	0,56	0,28	0,69	99,31
40	3,02	1,50	2,19	97,81
100	9,73	4,82	7,01	92,99
200	3,23	1,60	8,61	91,39
Pasa 200	184,58	91,39	100,00	-



#### RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>50,86</u>
Límite Plástico (%)	<u>39,19</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>11,67</u>
Pasa # 10 (%)	<u>99,58</u>
Pasa # 40 (%)	<u>97,81</u>
Pasa # 200 (%)	<u>91,39</u>

#### CLASIFICACIÓN

<b>A.A.S.H.T.O.</b>	<b>U.S.C</b>
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

#### PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>299,80</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>53,88</u> grs
Recipiente No.	<u>29</u>
Peso Recip.	<u>36,25</u> grs
W natural	<u>30,49</u> %

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	6	MUESTRA 1	PROFUND.	0.70 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad		REFERENCIA	K1 + 250 DERECHA
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

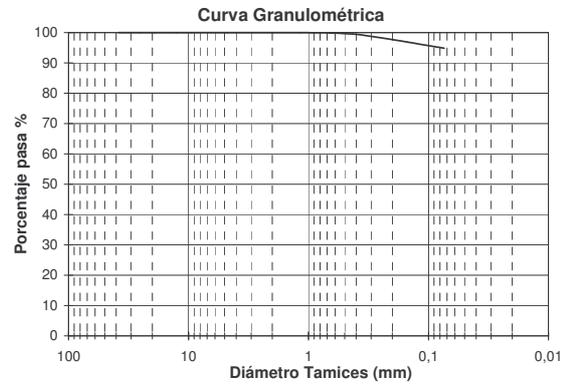
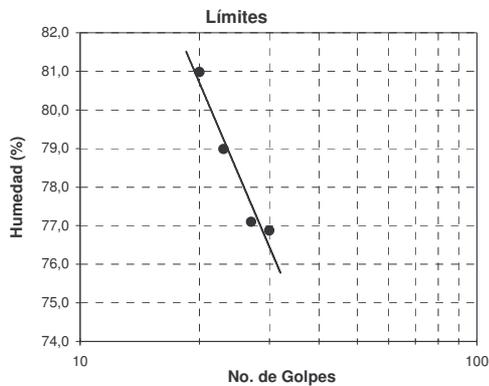
Recipiente N°		67	76
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	32,63	36,30
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	23,64	25,89
Peso recipiente (P3)	gr.	9,54	9,27
Humedad %		63,76	62,64

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	23	20
Recipiente N°	98	94	107	99
P1	31,06	31,40	31,71	29,83
P2	22,05	22,14	22,05	21,10
P3	10,33	10,13	9,82	10,32
Humedad %	76,88	77,10	78,99	80,98

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	0,64	0,46	0,46	99,54
100	3,73	2,67	3,13	96,87
200	2,91	2,08	5,21	94,79
Pasa 200	132,53	94,79	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>78,36</u>
Límite Plástico (%)	<u>63,20</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>15,17</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,54</u>
Pasa # 200 (%)	<u>94,79</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>285,80</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>46,02</u> grs
Recipiente No.	<u>31</u>
Peso Recip.	<u>38,24</u> grs
W natural	<u>77,07</u> %

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO</b>	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	Mar-08
<b>SONDEO</b>	6	MUESTRA 2	PROFUND.	1.30 m
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Limo arcilloso color café, alta compresibilidad		<b>REFERENCIA</b>	K0 + 250 DERECHA
			<b>LOCALIZACIÓN</b>	GIRARDOT-4 ESQUINAS

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

##### LÍMITE PLÁSTICO

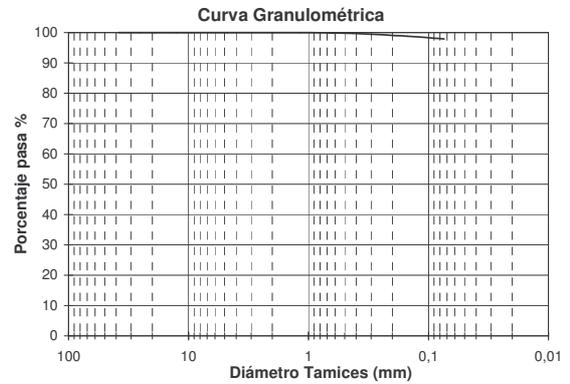
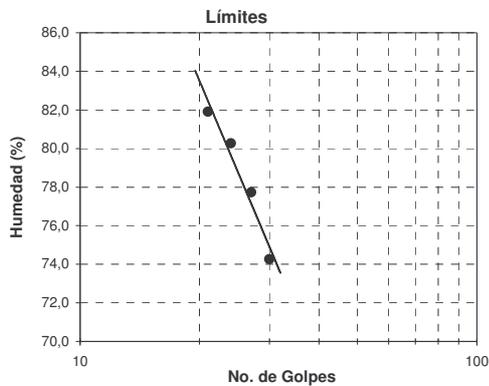
Recipiente N°		65	74
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		36,97	35,33
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		25,91	24,84
Peso recipiente (P3) gr.		9,38	9,07
Humedad %		66,91	66,52

##### LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	90	88	103	106
P1	31,19	33,55	29,79	34,00
P2	22,30	23,25	21,00	23,27
P3	10,33	10,00	10,05	10,17
Humedad %	74,27	77,74	80,27	81,91

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	0,32	0,25	0,25	99,75
100	1,23	0,97	1,22	98,78
200	1,11	0,87	2,09	97,91
Pasa 200	124,54	97,91	100,00	-



#### RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>78,78</u>
Límite Plástico (%)	<u>66,71</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>12,07</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,75</u>
Pasa # 200 (%)	<u>97,91</u>

#### CLASIFICACIÓN

<b>A.A.S.H.T.O.</b>	<b>U.S.C</b>
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

#### PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>248,90</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>40,15</u> grs
Recipiente No.	<u>19</u>
Peso Recip.	<u>37,23</u> grs
W natural	<u>66,41</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	7	MUESTRA 1	PROFUND.	0.40 m
DESCRIPCIÓN	Limo color habano, baja compresibilidad		REFERENCIA	K1 + 500 CENTRO
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

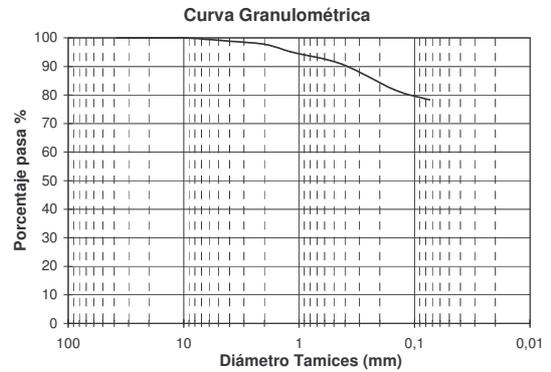
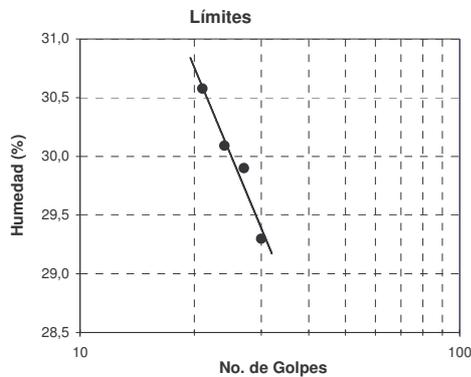
Recipiente N°		71	78
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		38,61	41,02
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		32,55	34,44
Peso recipiente (P3) gr.		9,35	9,30
Humedad %		26,12	26,17

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	85	84	92	105
P1	34,37	36,23	31,60	32,74
P2	28,90	30,25	26,65	27,49
P3	10,23	10,25	10,20	10,32
Humedad %	29,30	29,90	30,09	30,58

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	0,00	0,00	0,00	100,00
4	2,22	0,90	0,90	99,10
10	3,25	1,32	2,22	97,78
16	6,48	2,63	4,85	95,15
40	10,75	4,36	9,21	90,79
100	22,22	9,02	18,23	81,77
200	8,61	3,49	21,73	78,27
Pasa 200	192,86	78,27	100,00	--



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>30,00</u>
Límite Plástico (%)	<u>26,15</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>3,86</u>
Pasa # 10 (%)	<u>97,78</u>
Pasa # 40 (%)	<u>90,79</u>
Pasa # 200 (%)	<u>78,27</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-4</u>	<u>ML</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>346,10</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>91,36</u> grs
Recipiente No.	<u>23</u>
Peso Recip.	<u>37,16</u> grs
W natural	<u>25,39</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	7	MUESTRA	2	PROFUND.	1.10 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color habano, baja compresibilidad			REFERENCIA	K1 + 500 CENTRO
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

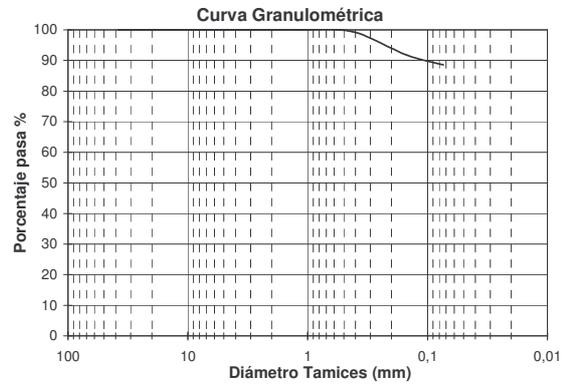
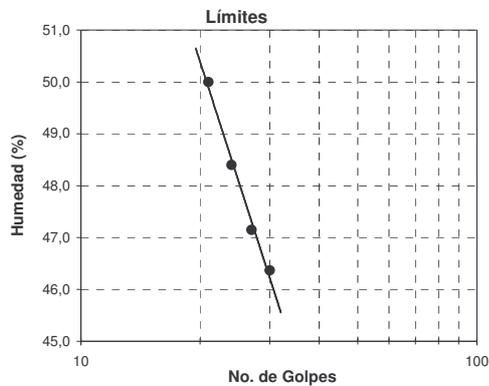
Recipiente N°		64	66
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	38,02	39,89
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	30,78	32,12
Peso recipiente (P3)	gr.	9,24	9,39
Humedad %		33,61	34,18

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	96	95	93	89
P1	33,74	29,06	32,52	30,03
P2	26,15	23,19	25,26	23,37
P3	9,78	10,74	10,26	10,05
Humedad %	46,37	47,15	48,40	50,00

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	1,10	0,58	0,58	99,42
100	14,37	7,64	8,22	91,78
200	6,08	3,23	11,45	88,55
Pasa 200	166,63	88,55	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	48,09
Límite Plástico (%)	33,90
Ind. Plasticidad (%)	14,19
Pasa # 10 (%)	100,00
Pasa # 40 (%)	99,42
Pasa # 200 (%)	88,55

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-7-5	ML

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	294,60 grs
P.S.D.L + R =	59,72 grs
Recipiente No.	26
Peso Recip.	37,82 grs
W natural	36,45 %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	8	MUESTRA 1	PROFUND.	0.40 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color café, alta compresibilidad		REFERENCIA	K1 + 750 IZQUIERDA
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

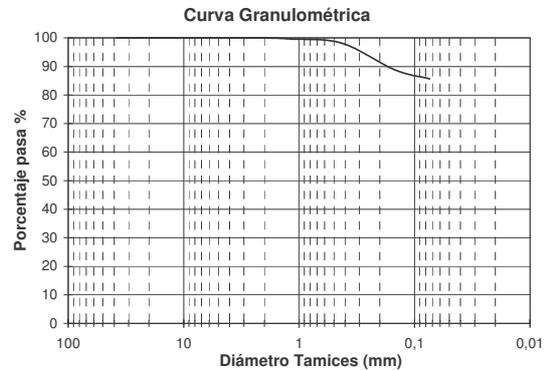
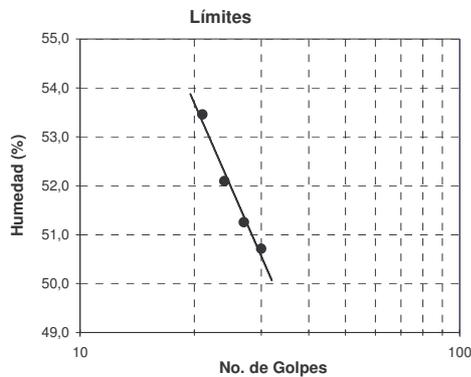
Recipiente N°		77	79
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		38,75	37,07
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		30,14	29,34
Peso recipiente (P3) gr.		9,37	9,55
Humedad %		41,45	39,06

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	61	63	70	69
P1	31,64	31,66	32,17	30,80
P2	24,18	24,10	24,34	23,38
P3	9,47	9,35	9,31	9,50
Humedad %	50,71	51,25	52,10	53,46

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	0,84	0,39	0,39	99,61
40	3,26	1,49	1,88	98,12
100	20,14	9,23	11,11	88,89
200	7,05	3,23	14,35	85,65
Pasa 200	186,81	85,65	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	51,97
Límite Plástico (%)	40,26
Ind. Plasticidad (%)	11,71
Pasa # 10 (%)	100,00
Pasa # 40 (%)	98,12
Pasa # 200 (%)	85,65

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-7-5	MH

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	350,40 grs
P.S.D.L + R =	69,34 grs
Recipiente No.	20
Peso Recip.	37,78 grs
W natural	43,34 %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO	FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	8 MUESTRA 2 PROFUND. 1.00 m	REFERENCIA	K1 + 750 IZQUIERDA
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color café claro, alta compresibilidad	LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

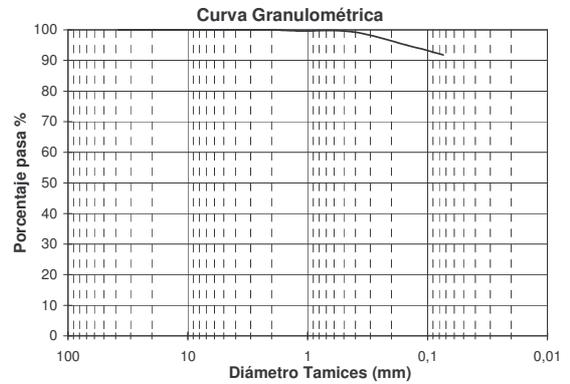
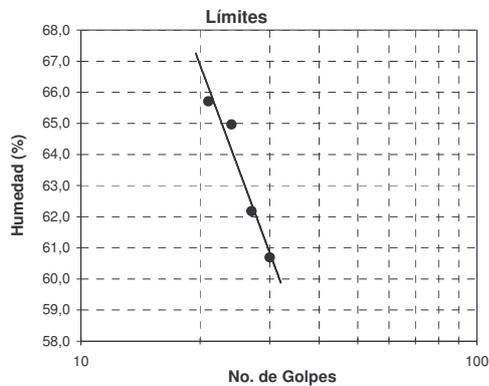
Recipiente N°		23	48
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		33,05	34,27
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		25,53	26,17
Peso recipiente (P3) gr.		8,21	8,09
Humedad %		43,42	44,80

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	14	38	28	25
P1	30,75	29,62	32,18	28,51
P2	22,32	21,40	22,87	20,50
P3	8,43	8,18	8,54	8,31
Humedad %	60,69	62,18	64,97	65,71

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	0,79	0,37	0,37	99,63
40	0,59	0,28	0,65	99,35
100	9,13	4,31	4,96	95,04
200	6,80	3,21	8,17	91,83
Pasa 200	194,60	91,83	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>63,55</u>
Límite Plástico (%)	<u>44,11</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>19,44</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,35</u>
Pasa # 200 (%)	<u>91,83</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>381,10</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>56,28</u> grs
Recipiente No.	<u>25</u>
Peso Recip.	<u>38,4</u> grs
W natural	<u>61,72</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	9	MUESTRA	1	PROFUND.	0.80 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color café, baja compresibilidad			REFERENCIA	K2 + 000 CENTRO
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

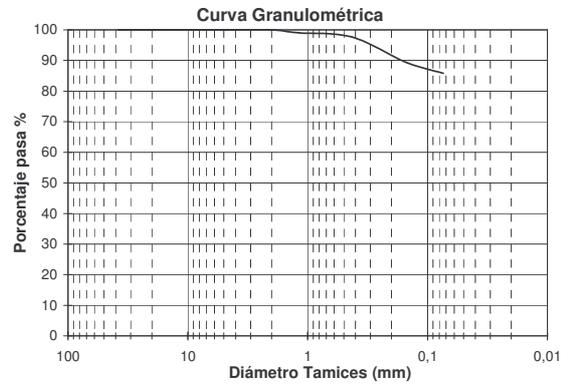
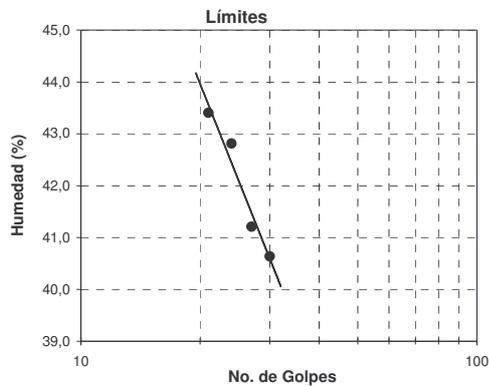
Recipiente N°		62	73
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	43,40	42,90
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	35,28	34,75
Peso recipiente (P3)	gr.	9,35	9,03
Humedad %		31,32	31,69

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	83	80	60	81
P1	33,40	33,57	32,65	31,51
P2	26,50	26,47	25,68	24,70
P3	9,52	9,24	9,40	9,01
Humedad %	40,64	41,21	42,81	43,40

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,53	0,94	0,94	99,06
40	2,35	1,44	2,37	97,63
100	13,58	8,31	10,68	89,32
200	5,74	3,51	14,19	85,81
Pasa 200	140,25	85,81	100,00	--



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>42,11</u>
Límite Plástico (%)	<u>31,50</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>10,61</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>97,63</u>
Pasa # 200 (%)	<u>85,81</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>ML</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>253,70</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>58,86</u> grs
Recipiente No.	<u>28</u>
Peso Recip.	<u>34,83</u> grs
W natural	<u>33,91</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	10	MUESTRA	1	PROFUND.	0.70 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad			REFERENCIA	K2 + 250 DERECHA
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente N°		18	34
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	38,26	33,69
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	26,93	24,20
Peso recipiente (P3)	gr.	7,89	8,22
Humedad %		59,51	59,39

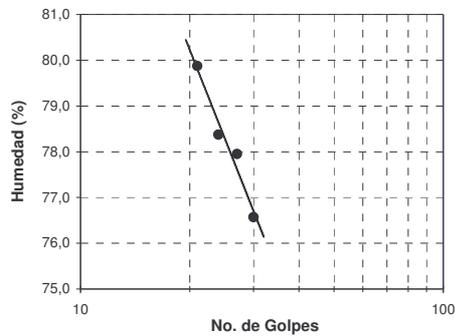
LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	33	27	30	35
P1	30,34	32,07	29,29	30,92
P2	20,83	21,64	20,05	20,64
P3	8,41	8,26	8,26	7,77
Humedad %	76,57	77,95	78,37	79,88

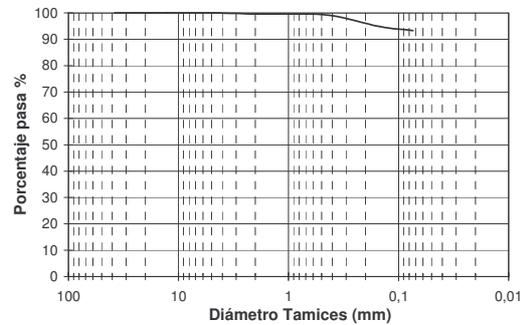
GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,42	0,36	0,36	99,64
16	0,08	0,07	0,43	99,57
40	0,54	0,47	0,90	99,10
100	4,86	4,22	5,13	94,87
200	1,83	1,59	6,72	93,28
Pasa 200	107,37	93,28	100,00	-

Límites



Curva Granulométrica



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>78,29</u>
Límite Plástico (%)	<u>59,45</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>18,84</u>
Pasa # 10 (%)	<u>99,64</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,10</u>
Pasa # 200 (%)	<u>93,28</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>213,20</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>42,74</u> grs
Recipiente No.	<u>30</u>
Peso Recip.	<u>34,74</u> grs
W natural	<u>55,05</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	10	MUESTRA 2	PROFUND.	1.20 m
DESCRIPCIÓN	Limo color café, baja compresibilidad		REFERENCIA	K2 + 250 DERECHA
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

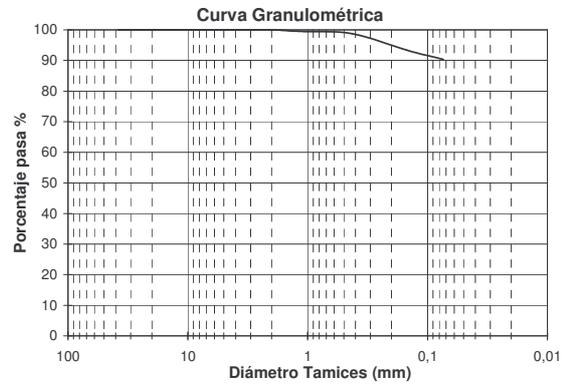
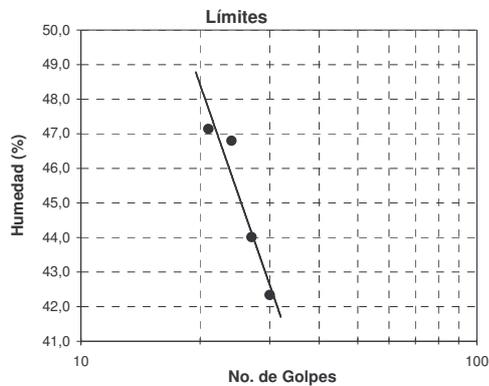
Recipiente N°		20	31
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	36,28	36,12
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	28,94	28,56
Peso recipiente (P3)	gr.	8,19	7,69
Humedad %		35,37	36,22

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	47	43	26	24
P1	30,76	33,26	32,39	32,68
P2	24,16	25,65	24,65	24,84
P3	8,57	8,36	8,11	8,21
Humedad %	42,33	44,01	46,80	47,14

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	0,64	0,51	0,51	99,49
40	0,96	0,77	1,28	98,72
100	6,74	5,38	6,66	93,34
200	3,70	2,95	9,61	90,39
Pasa 200	113,27	90,39	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>45,23</u>
Límite Plástico (%)	<u>35,80</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>9,43</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>98,72</u>
Pasa # 200 (%)	<u>90,39</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-5</u>	<u>ML</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>211,70</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>50,70</u> grs
Recipiente No.	<u>11</u>
Peso Recip.	<u>38,34</u> grs
W natural	<u>38,35</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	11	MUESTRA 1	PROFUND.	0.60 m
DESCRIPCIÓN	Limo color café, baja compresibilidad		REFERENCIA	K2 + 500 CENTRO
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

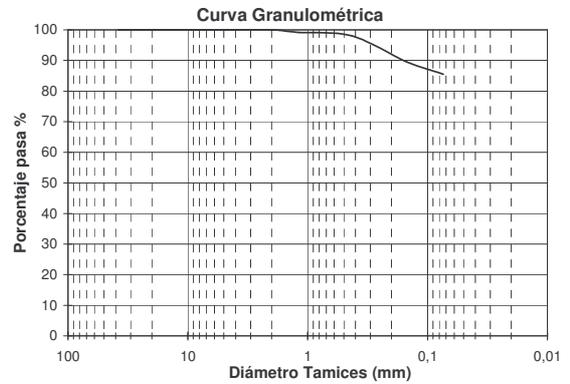
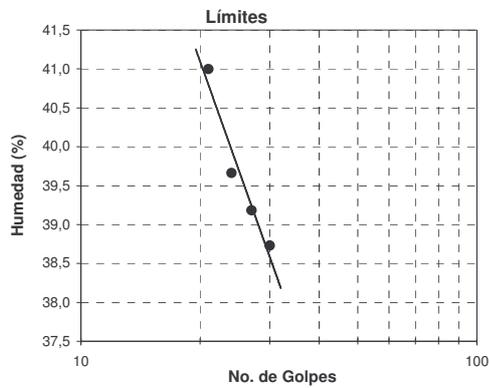
Recipiente N°		16	32
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	33,63	37,22
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	27,38	29,90
Peso recipiente (P3)	gr.	8,11	8,06
Humedad %		32,43	33,52

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	40	36	39	29
P1	32,74	29,04	31,42	31,33
P2	25,97	23,19	24,82	24,59
P3	8,49	8,26	8,18	8,15
Humedad %	38,73	39,18	39,66	41,00

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,13	0,87	0,87	99,13
40	1,50	1,15	2,01	97,99
100	11,05	8,46	10,48	89,52
200	5,21	3,99	14,47	85,53
Pasa 200	111,69	85,53	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	39,71
Límite Plástico (%)	32,98
Ind. Plasticidad (%)	6,74
Pasa # 10 (%)	100,00
Pasa # 40 (%)	97,99
Pasa # 200 (%)	85,53

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-4	ML

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	213,20 grs
P.S.D.L + R =	56,74 grs
Recipiente No.	18
Peso Recip.	37,26 grs
W natural	34,74 %

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO</b>	<u>PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO</u>	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<u>Mar-08</u>
<b>SONDEO</b>	<u>11 MUESTRA 2 PROFUND. 1,20 m</u>	<b>REFERENCIA</b>	<u>K2 + 500 CENTRO</u>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<u>Limo color habano, baja compresibilidad</u>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<u>GIRARDOT-4 ESQUINAS</u>

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

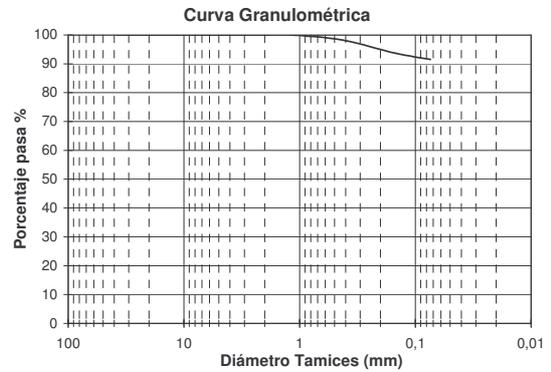
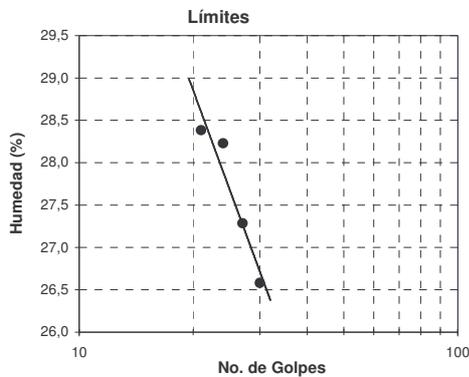
Recipiente N°		65	80
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		43,58	44,85
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		36,80	37,42
Peso recipiente (P3) gr.		9,38	9,24
Humedad %		24,73	26,37

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	87	86	100	104
P1	31,39	31,13	30,08	32,92
P2	27,02	26,65	25,73	27,95
P3	10,58	10,23	10,32	10,44
Humedad %	26,58	27,28	28,23	28,38

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	3,24	1,74	1,74	98,26
100	8,53	4,59	6,33	93,67
200	3,91	2,10	8,43	91,57
Pasa 200	170,29	91,57	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>27,68</u>
Límite Plástico (%)	<u>25,55</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>2,13</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>98,26</u>
Pasa # 200 (%)	<u>91,57</u>

CLASIFICACIÓN

<u>A.A.S.H.T.O.</u>	<u>U.S.C</u>
<u>A-4</u>	<u>ML</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>271,40</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>53,13</u> grs
Recipiente No.	<u>12</u>
Peso Recip.	<u>37,42</u> grs
W natural	<u>25,82</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
SONDEO	11	MUESTRA	3	PROFUND.	1.50 m
DESCRIPCIÓN	Limo color café rojizo, alta compresibilidad			REFERENCIA	K2 + 500 CENTRO
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

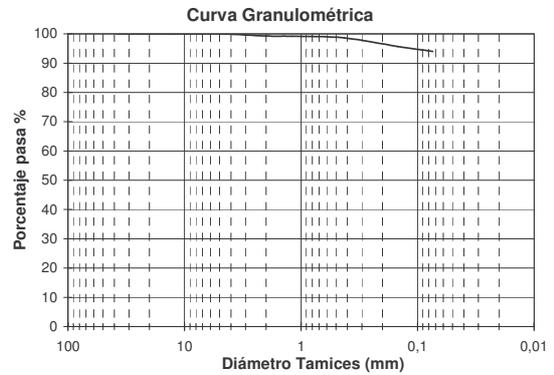
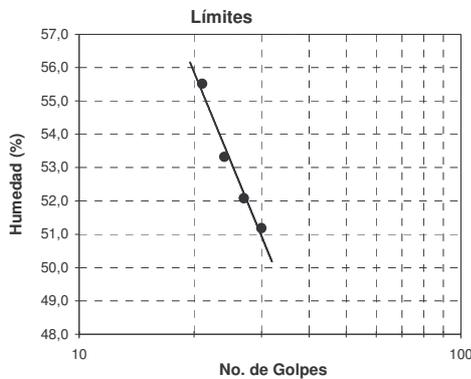
Recipiente N°		81	83
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	41,26	41,94
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	31,52	31,89
Peso recipiente (P3)	gr.	9,01	9,52
Humedad %		43,27	44,93

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	97	107	101	102
P1	31,78	32,10	31,58	29,43
P2	24,42	24,47	24,20	22,64
P3	10,04	9,82	10,36	10,41
Humedad %	51,18	52,08	53,32	55,52

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,12	0,11	0,83	99,17
40	0,61	0,54	1,37	98,63
100	3,33	2,93	4,30	95,70
200	1,93	1,70	6,00	94,00
Pasa 200	106,67	94,00	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>53,16</u>
Límite Plástico (%)	<u>44,10</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>9,06</u>
Pasa # 10 (%)	<u>99,28</u>
Pasa # 40 (%)	<u>98,63</u>
Pasa # 200 (%)	<u>94,00</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>208,00</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>45,13</u> grs
Recipiente No.	<u>14</u>
Peso Recip.	<u>38,06</u> grs
W natural	<u>49,75</u> %

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

**ANEXO 6**  
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE APIQUES**

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO</b>	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	Mar-08
<b>APIQUE</b>	1	MUESTRA	1	PROFUND. 0.60 m
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Limo color café, alta compresibilidad		<b>REFERENCIA</b>	K0 + 250 DERECHA
			<b>LOCALIZACIÓN</b>	GIRARDOT-4 ESQUINAS

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

##### LÍMITE PLÁSTICO

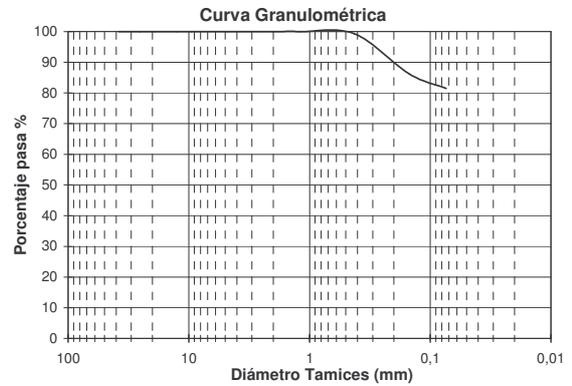
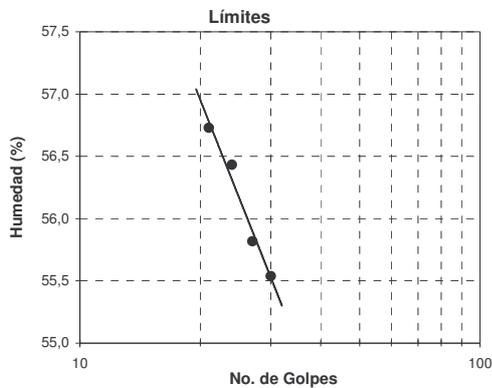
Recipiente N°		18	41
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		38,76	36,51
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		28,68	27,09
Peso recipiente (P3) gr.		7,89	8,13
Humedad %		48,48	49,68

##### LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	98	106	94	68
P1	30,69	31,33	30,56	30,61
P2	23,42	23,75	23,19	22,98
P3	10,33	10,17	10,13	9,53
Humedad %	55,54	55,82	56,43	56,73

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	1,17	0,72	0,72	99,28
100	21,42	13,12	13,83	86,17
200	7,68	4,70	18,54	81,46
Pasa 200	133,03	81,46	100,00	-



#### RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>56,17</u>
Límite Plástico (%)	<u>49,08</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>7,08</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,28</u>
Pasa # 200 (%)	<u>81,46</u>

#### CLASIFICACIÓN

<b>A.A.S.H.T.O.</b>	<b>U.S.C</b>
<u>A-5</u>	<u>MH</u>

#### PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>288,00</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>69,50</u> grs
Recipiente No.	<u>11</u>
Peso Recip.	<u>38,34</u> grs
W natural	<u>52,89</u> %

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>PROYECTO</b>	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	Mar-08	
<b>APIQUE</b>	1 MUESTRA	2 PROFUND.	1.10 m	<b>REFERENCIA</b>	K0 + 250 DERECHA
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Limo arcilloso color negro, alta compresibilidad		<b>LOCALIZACIÓN</b>	GIRARDOT-4 ESQUINAS	

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

##### LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente N°		65	75
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		41,03	40,79
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		30,67	30,38
Peso recipiente (P3) gr.		9,38	9,28
Humedad %		48,66	49,34

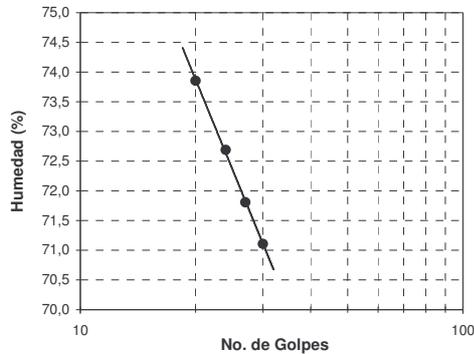
##### LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	20
Recipiente N°	87	92	101	103
P1	32,55	32,81	31,48	30,53
P2	23,42	23,36	22,59	21,83
P3	10,58	10,20	10,36	10,05
Humedad %	71,11	71,81	72,69	73,85

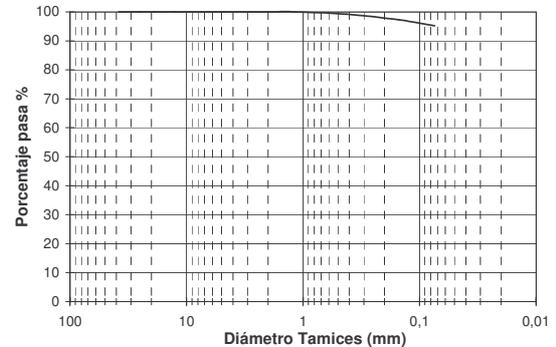
#### GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	-	-	-	-
16	0,00	0,00	0,00	100,00
40	1,35	0,80	0,80	99,20
100	3,37	2,01	2,81	97,19
200	3,35	1,99	4,80	95,20
Pasa 200	159,93	95,20	100,00	-

Límites



Curva Granulométrica



#### RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>72,36</u>
Límite Plástico (%)	<u>49,00</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>23,36</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>99,20</u>
Pasa # 200 (%)	<u>95,20</u>

#### CLASIFICACIÓN

<b>A.A.S.H.T.O.</b>	<b>U.S.C</b>
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

#### PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>315,78</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>45,72</u> grs
Recipiente No.	<u>36</u>
Peso Recip.	<u>37,34</u> grs
W natural	<u>65,74</u> %

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO	FECHA DE ENSAYO	Mar-08
APIQUE	2 MUESTRA 1 PROFUND. 0.55 m	REFERENCIA	K0 + 500 CENTRO
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color café, baja compresibilidad	LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

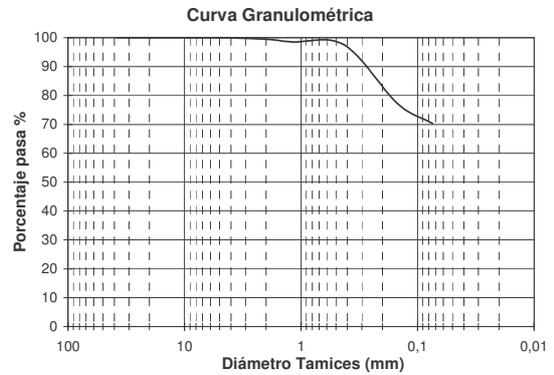
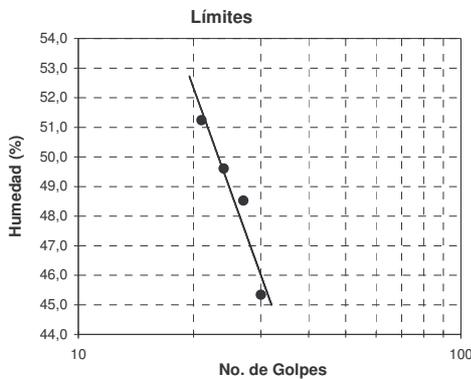
Recipiente N°		71	77
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		41,85	38,69
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		33,63	30,96
Peso recipiente (P3) gr.		9,35	9,37
Humedad %		33,86	35,80

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	72	79	75	66
P1	31,54	32,63	32,17	32,59
P2	24,58	25,09	24,58	24,73
P3	9,23	9,55	9,28	9,39
Humedad %	45,34	48,52	49,61	51,24

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	0,00	0,00	0,00	100,00
10	0,82	0,53	0,53	99,47
16	1,40	0,91	1,44	98,56
40	1,67	1,08	2,53	97,47
100	31,12	20,22	22,74	77,26
200	10,81	7,02	29,77	70,23
Pasa 200	108,12	70,23	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	48,85
Límite Plástico (%)	34,83
Ind. Plasticidad (%)	14,02
Pasa # 10 (%)	99,47
Pasa # 40 (%)	97,47
Pasa # 200 (%)	70,23

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
A-7-5	ML

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	289,30 grs
P.S.D.L + R =	83,56 grs
Recipiente No.	7
Peso Recip.	37,38 grs
W natural	63,65 %

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO		FECHA DE ENSAYO	Mar-08
APIQUE	2	MUESTRA 2	PROFUND.	1.00 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color negro, alta compresibilidad		REFERENCIA	K0 + 500 CENTRO
			LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

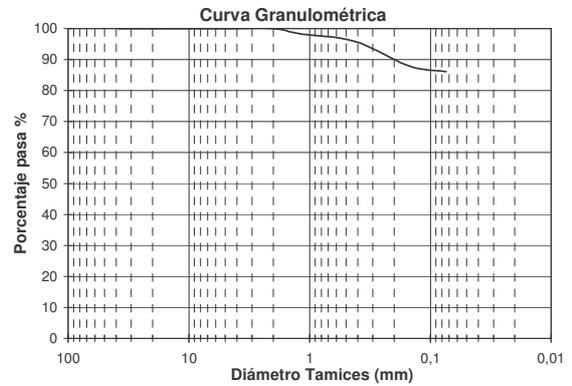
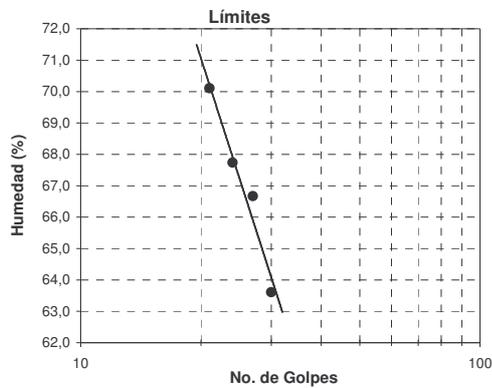
Recipiente N°		72	65
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	42,46	36,89
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	31,10	27,30
Peso recipiente (P3)	gr.	9,23	9,38
Humedad %		51,94	53,52

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	80	65	62	68
P1	32,98	31,33	29,16	29,79
P2	23,75	22,55	21,16	21,44
P3	9,24	9,38	9,35	9,53
Humedad %	63,61	66,67	67,74	70,11

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	2,22	1,71	1,71	98,29
40	3,08	2,37	4,08	95,92
100	10,47	8,06	12,15	87,85
200	2,24	1,73	13,87	86,13
Pasa 200	111,81	86,13	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>67,22</u>
Límite Plástico (%)	<u>52,73</u>
Ind. Plasticidad(%)	<u>14,49</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>95,92</u>
Pasa # 200 (%)	<u>86,13</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>265,30</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>55,68</u> grs
Recipiente No.	<u>16</u>
Peso Recip.	<u>37,35</u> grs
W natural	<u>75,59</u> %

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
APIQUE	3	MUESTRA	1	PROFUND.	1.00 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color amarillo, baja compresibilidad			REFERENCIA	K1 + 000 CENTRO
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

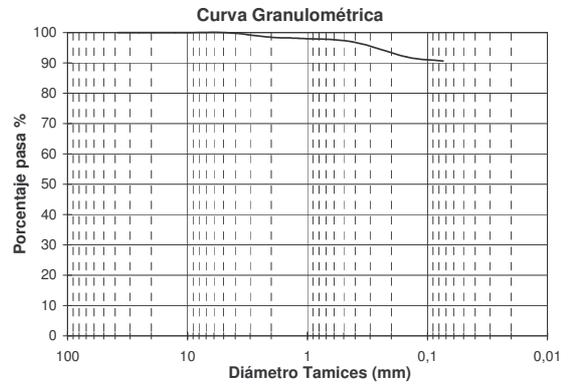
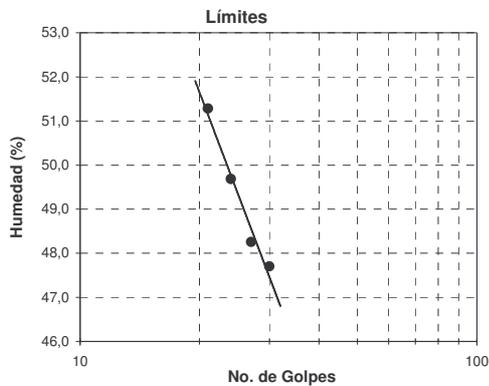
Recipiente N°		69	73
Peso mtra. húm. + recip (P1)	gr.	39,81	35,56
Peso mtra. seca + recip (P2)	gr.	31,38	28,25
Peso recipiente (P3)	gr.	9,50	9,03
Humedad %		38,53	38,03

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	100	98	102	82
P1	30,57	32,02	34,27	31,79
P2	24,03	24,96	26,35	24,20
P3	10,32	10,33	10,41	9,40
Humedad %	47,70	48,26	49,69	51,28

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	0,00	0,00	0,00	100,00
10	3,15	1,53	1,53	98,47
16	0,76	0,37	1,90	98,10
40	2,32	1,13	3,03	96,97
100	10,33	5,03	8,06	91,94
200	2,73	1,33	9,39	90,61
Pasa 200	186,08	90,61	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>49,35</u>
Límite Plástico (%)	<u>38,28</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>11,07</u>
Pasa # 10 (%)	<u>98,47</u>
Pasa # 40 (%)	<u>96,97</u>
Pasa # 200 (%)	<u>90,61</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>ML</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>302,61</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>54,13</u> grs
Recipiente No.	<u>30</u>
Peso Recip.	<u>34,74</u> grs
W natural	<u>30,43</u> %

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO			FECHA DE ENSAYO	Mar-08
APIQUE	4	MUESTRA	1	PROFUND.	1,20 m
DESCRIPCIÓN	Limo arcilloso color amarillo, alta compresibilidad			REFERENCIA	K1 + 750 IZQUIERDA
				LOCALIZACIÓN	GIRARDOT-4 ESQUINAS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE PLÁSTICO

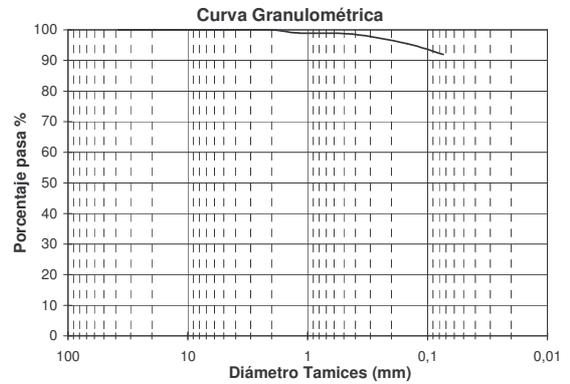
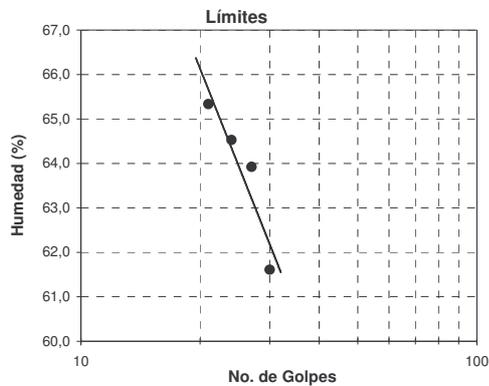
Recipiente N°		24	44
Peso mtra. húm. + recip (P1) gr.		33,25	34,38
Peso mtra. seca + recip (P2) gr.		25,58	26,37
Peso recipiente (P3) gr.		8,21	8,21
Humedad %		44,16	44,11

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	30	27	24	21
Recipiente N°	100	101	30	36
P1	30,65	30,26	32,38	30,15
P2	22,90	22,50	22,92	21,50
P3	10,32	10,36	8,26	8,26
Humedad %	61,61	63,92	64,53	65,33

GRANULOMETRÍA

Tamiz No.	Peso Retenido	Retenido %	Retenido Acum. %	Pasa %
1 1/2	-	-	-	-
1	-	-	-	-
3/4	-	-	-	-
1/2	-	-	-	-
3/8	-	-	-	-
4	-	-	-	-
10	0,00	0,00	0,00	100,00
16	2,24	1,04	1,04	98,96
40	0,73	0,34	1,38	98,62
100	6,80	3,16	4,54	95,46
200	7,52	3,49	8,03	91,97
Pasa 200	198,00	91,97	100,00	-



RESULTADOS

Límite Líquido (%)	<u>63,95</u>
Límite Plástico (%)	<u>44,13</u>
Ind. Plasticidad (%)	<u>19,82</u>
Pasa # 10 (%)	<u>100,00</u>
Pasa # 40 (%)	<u>98,62</u>
Pasa # 200 (%)	<u>91,97</u>

CLASIFICACIÓN

A.A.S.H.T.O.	U.S.C
<u>A-7-5</u>	<u>MH</u>

PESO SECO TOTAL

P.H.A.L + R =	<u>383,69</u> grs
P.S.D.L + R =	<u>56,85</u> grs
Recipiente No.	<u>26</u>
Peso Recip.	<u>37,82</u> grs
W natural	<u>60,65</u> %

**ANEXO 7**  
**ENSAYO DE PENETRACIÓN DINAMICA DE CONO**







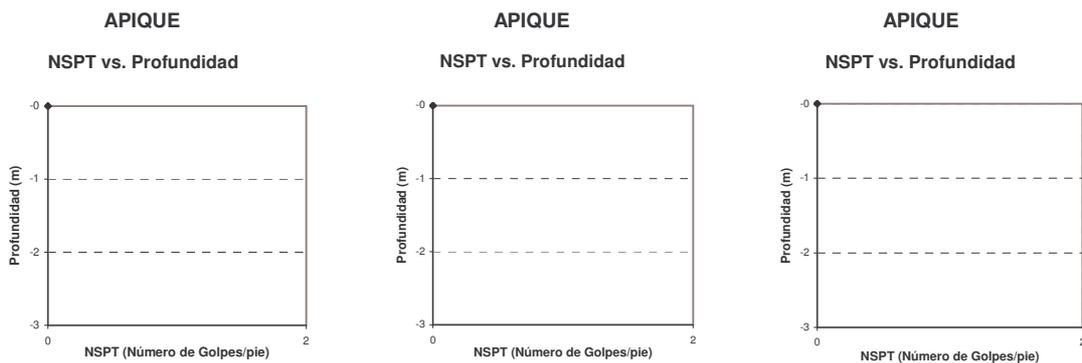


## RESULTADOS ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

**PROYECTO** PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO **FECHA** Mar-08  
**LOCALIZACIÓN** GIRARDOT - 4 ESQUINAS **SOLICITA**

Identificación	Referencia	Prof. (m)	NSPT Golpes/pie	RANGO		q <sub>u</sub> aproximado kg/cm <sup>2</sup>	Característica
				NSPT	q <sub>u</sub>		
A 1 - SPT 1	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	0,55	11	8 - 15	1.00 - 2.00	<b>0,97</b>	Cons. Media
A 1 - SPT 2	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	1,65	2	0 - 2	0 - 0.25	<b>0,18</b>	Cons. Muy blanda
A 2 - SPT 1	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	0,75	8	4 - 8	0.50 - 1.00	<b>0,70</b>	Cons. Media
A 2 - SPT 2	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	1,65	5	4 - 8	0.50 - 1.00	<b>0,44</b>	Cons. Blanda
A 3 - SPT 1	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	0,65	16	15 - 30	2.00 - 4.00	<b>1,49</b>	Cons. Firme
A 3 - SPT 2	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	1,65	4	2 - 4	0.25 - 0.50	<b>0,35</b>	Cons. Blanda
A 4 - SPT 1	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	0,55	10	8 - 15	1.00 - 2.00	<b>0,88</b>	Cons. Media
A 4 - SPT 2	GIRARDOT - 4 ESQUINAS	1,65	2	0 - 2	0 - 0.25	<b>0,18</b>	Cons. Muy blanda

*Valores de consistencia inferiores a los interpolados y tomados con criterio de seguridad.*



LIMOS Y ARCILLAS		
CONSISTENCIA	NSPT GOLPES/PIE	C.INCONFINADA kg/cm <sup>2</sup>
Muy Blanda	0 - 2	0 - 0.25
Blanda	2 - 4	0.25 - 0.50
Media	4 - 8	0.50 - 1.00
Firme	8 - 15	1.00 - 2.00
Muy Firme	15 - 30	2.00 - 4.00
Dura	Mayor de 30	Sobre 4

ARENAS Y GRAVAS	
COMPACIDAD	NSPT GOLPES/PIE
Muy suelta	0 - 4
Suelta	4 - 10
Media	10 - 30
Densa	30 - 50
Muy densa	Sobre 50

JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

**ANEXO 8**  
**DISEÑO MARSHALL**

Pasto, Abril 27 del 2.008

Señores:  
UNION TEMPORAL CORREDORES VIALES DE COLOMBIA  
Atn. ING. JAMES ARISTIZABAL  
Director de obra  
Ciudad.

Apreciado Ingeniero.

Ref. Caracterización de materiales río Tellez.

Con la presente adjunto caracterización y diseño Marshall para mezcla densa en caliente tipo MDC-2 de los materiales explotados del río Tellez de la siguiente manera:

1. Ensayos realizados por ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA

- a. Análisis y ajuste granulométrico de agregados pétreos para IMDC-2
- b. Diseño Marshall, método Rice
- c. Peso máximo medido de mezcla densa en caliente tipo MDC-2
- d. Partículas fracturadas
- e. Pérdida en ensayo de solidez (Sulfato de magnesio)
- f. Índice de aplanamiento y alargamiento
- g. Índice de plasticidad
- h. Equivalente de arena
- i. Contenido de materia orgánica
- j. Peso específico de agregados

Con las anteriores pruebas presentamos la **formula de trabajo** para mezcla densa en caliente tipo MDC-2, asfalto 80/100

2. Ensayos solicitados en el laboratorio de geotecnia de la Universidad del Cauca:

- a. Coeficiente de emulsibilidad del llénate
- b. Índice de azul de metileno.
- c. Desgaste en la máquina de los angeles.

arquitectura - ingeniería - maquinaria  
**asfaltos y construcciones ltda**  
constructores

NE 014 005 339 - 7

cor. 24 no. 17-75, edif. concasa of. 216, tel. 7239194, cel. 315 8125636 - 315 4833803  
myellida@telecom.com.co



---

**DISEÑO DE MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC2  
METODO MARSHALL**

arquitectura - ingeniería - maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**   
constructores NIT. 814 005 339 - 7

car. 24 no. 17-75. edif. concasa of. 216. tel. 7239194. cel. 315 8125636 - 315 4833803  
[www.asfalt.com.co](http://www.asfalt.com.co) [ventas@asfalt.com.co](mailto:ventas@asfalt.com.co) [info@asfalt.com.co](mailto:info@asfalt.com.co)

**FCE-01**  
**ANALISIS Y AJUSTE GRANULOMETRICO DE**  
**AGREGADOS PETREOS PARA MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2**

PROYECTO :  
 DESCRIPCION DEL MATERIAL : AGREGADOS PARA MDC-2  
 FUENTE : RIO TELLEZ

FECHA : Marzo de 2008  
 MUESTRA No. : 1  
 LOCALIZACION : P. PILCUAN

GRANULOMETRIA GRUESOS 3/4 - 3/8

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3/4	0,0	0,0	100,0
1/2	680,5	37,3	62,7
3/8	523,3	28,6	34,1
No. 4	547,7	30,0	4,1
No.10	12,2	0,7	3,4
No.40	4,9	0,3	3,2
No. 80	13,0	0,7	2,5
No. 200	18,2	1,0	1,5
PASA 200	26,9	1,5	0,0
1826,7			

GRANULOMETRIA INTERMEDIOS 3/8 - 200

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3/4	0,0	0	100
1/2	0,0	0,0	100,0
3/8	0,0	0,0	100,0
No. 4	361,8	21,5	78,5
No.10	465,4	27,7	50,8
No. 40	461,1	27,4	23,3
No. 80	169,3	10,1	13,3
No. 200	96,1	5,7	7,6
PASA 200	126,9	7,6	0,0
1680,6			

**AJUSTE GRANULOMETRICO PARA MDC-2**

TAMIZ	% DE GRUESOS	% DE FINOS	ABERTURA EN MM	ESPECIFICACION	PROMEDIO ESPECIFICACION	GRADACION AJUSTADA	TOLERANCIAS	
	30%	70%						
3/4	30,0	70,0	19,0	100	100	100,0	+/- 4%	
1/2	18,8	70,0	12,7	80	100	90	88,8	+/- 4%
3/8	10,2	70,0	9,5	70	88	79	80,2	+/- 4%
No.4	1,2	54,9	4,75	49	65	57	56,2	+/- 4%
No.10	1,0	35,5	2,00	29	45	37	36,6	+/- 3%
No.40	1,0	16,3	0,42	14	25	19,5	17,3	+/- 3%
No.80	0,7	9,3	0,18	8	17	12,5	10,0	+/- 3%
No.200	0,4	5,3	0,07	4	8	6,0	5,7	+/-1%

REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA	REVISO: 
---	---

arquitectura - ingeniería - maquinaria

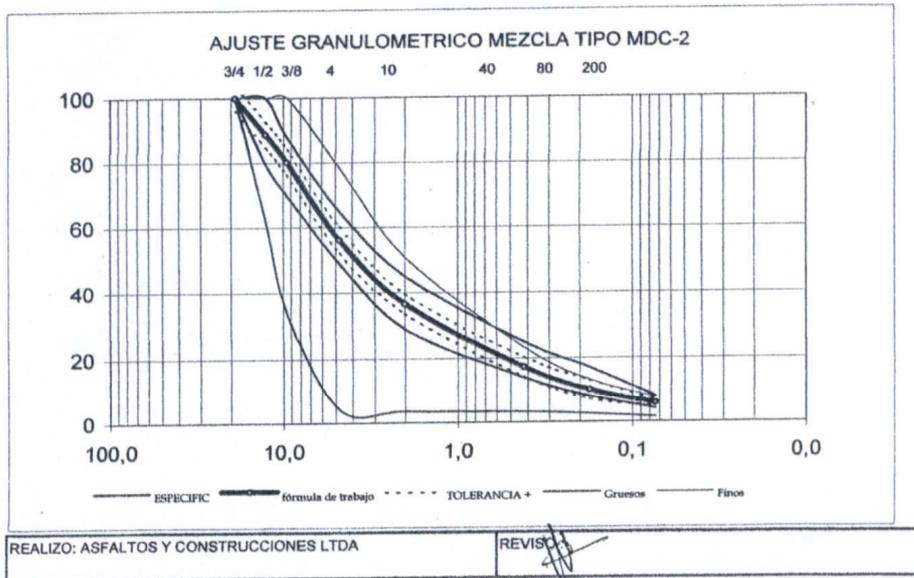
**asfaltos y construcciones ltda**  
 constructores   
 tel. 814 005 339 - 7

car. 24 no. 17-75, edif. concasa of. 216, tel. 7239194, cel. 315 8125636 - 315 4833803  
 avellanida@asfaltosyconstruccion.com. uruguay. de. p. a. s. i. e.

**FCE-01**  
**ANALISIS Y AJUSTE GRANULOMETRICO DE**  
**AGREGADOS PETREOS PARA MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2**

PROYECTO :  
 DESCRIPCION DEL MATERIAL : AGREGADOS PARA MDC-2  
 FUENTE : RIO TELLEZ

FECHA : Marzo de 2008  
 MUESTRA No. : 1  
 LOCALIZACION : P. PILCUAN



arquitectura - ingeniería - maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**  
 construcciones      NET 814 005 339 - 7

car. 24 no. 17-75. edif. concasa of. 216. tel. 7239194. cel. 315 8125636 - 315 4833803  
 asfaltosyconstrucciones.com.co      solución de problemas

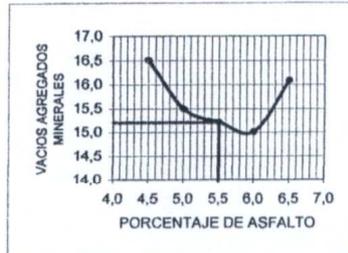
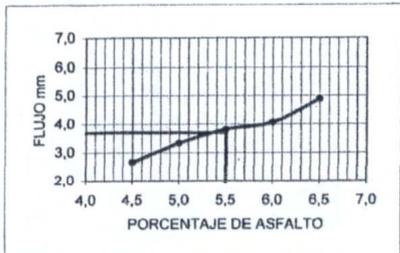
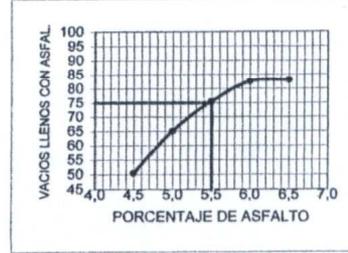
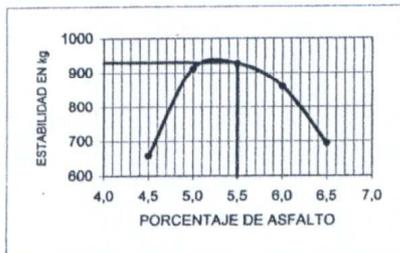
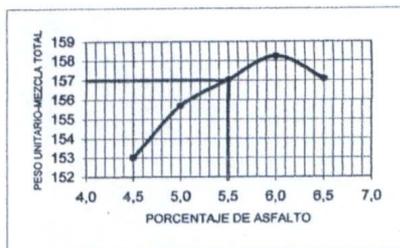


DISEÑO PARA MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2  
METODO MARSHALL (RICE)

FCE-04

PROYECTO:  
FUENTE: RIO TELLEZ  
PLANTA: PILCUAN - LABORATORIO  
FECHA: Marzo de 2008

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: BARRANCAI  
GRADO DEL ASFALTO: 80/100  
PORCENTAJE OPTIMO DE ASFALTO 5.5



REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA

REVISOR: *[Firma]*

arquitectura - ingeniería - maquinaria

asfaltos y construcciones ltda  
construcciones TEL 814 005 339 - 7

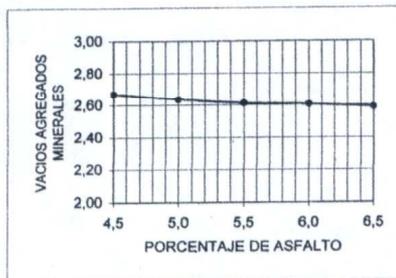
car. 24 no. 17-75. edif. concasa of. 216. tel. 7239194. cel. 315 8125636 - 315 4833803  
aync@asfaltosyconstrucciones.com.uy www.asfaltosyconstrucciones.com.uy san juan de pasto

**PESO MAXIMO MEDIDO DE MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-2  
FCE-03**

PROYECTO:  
DESCRIPCION MATERIAL: MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2  
FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
LOCALIZACION DE MUESTREO : PLANTA PILCUAN

FECHA: Marzo de 2008  
MUESTRA No. : 1

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
PORCENTAJ DE ASFALTO DE LA MEZCLA	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
PESO MUESTRA MEZCLA	600	600	600	600	600
PESO FRASCO + AGUA A 25°C	1600	1600	1600	1600	1600
PESO FRASCO + AGUA A 25°C + M.MEZCLA	1975,2	1972,4	1970,3	1969,5	1968,0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MEZCLA	2,67	2,64	2,61	2,60	2,59



REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA	REVISO: <i>[Signature]</i>
---	----------------------------

arquitectura - ingeniería - maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**  
construcciones

car. 24 no. 17-75. edf. concasa of 216. tel. 7239194. cel. 315 8125636 - 315 4833803  
level@asfaltosycon.com.co

**PARTICULAS FRACTURADAS MECANICAMENTE  
FCE-06**

PROYECTO : -  
DESCRIPCION MATERIAL: AGREGADOS PARA MDC-2  
FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
LOCALIZACION DE MUESTREO : PLANTA PILCUAN

FECHA: Marzo de 2008  
MUESTRA No. : 2  
NORMA : E- 227

FRACCION	PESO FRACCION	PESO PARTICULAS FRACTURADAS	% DE PARTICULAS FRACTURADAS	% RETENIDO GRANULOMETRIA ORIGINAL	% CORREG. PART. FRACT. DE FRACCION
1 - 3/4					
3/4 - 1/2	1000	867,5	86,8	11,1	962,9
1/2 - 3/8	1000	919,3	91,9	8,6	790,6
<b>TOTAL</b>		<b>1786,8</b>	<b>178,7</b>	<b>19,7</b>	<b>1753,5</b>
% DE PARTICULAS FRACTURADAS DE LA MUESTRA					89,0
REQUERIMIENTOS ESPECIFICACION INV-2002					75% MINIMO
OBSERVACIONES:					
REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA REVISO: <i>[Signature]</i>					

arquitectura - ingeniería - maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**  
construcciones  INT. 814 005 339 - 7

car. 24 no. 17-75, edif. concasa of. 216, tel. 7239194, cel. 315 8125636 - 315 4833803  
www.asfaltosyconstrucciones.com.uy

**PERDIDA EN ENSAYO DE SOLIDEZ  
FCE-07**

PROYECTO : -  
DESCRIPCION MATERIAL: AGREGADOS PARA MDC-2  
FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
LOCALIZACION DE MUESTREO : PLANTA PILCUAN

FECHA : Marzo de 2008  
MUESTRA No. : 1  
NORMA : E - 220  
ABSCISA :  
SOL UTILIZADA: MgSO<sub>4</sub>

ANALISIS CUANTITATIVO DE FRACCION GRUESA 3/4 - 3/8

FRACCION		P. MUESTRA ANTES DE ENSAYO	P. MUESTRA DESPES DE ENSAYO	% DE PERDIDA	% RETENIDO GRANULOMETRIA ORIGINAL	% DE PERDIDA CORREGIDO	% DE PERDIDA TOTAL
PASA	RETIENE						
1 <sup>1/2</sup>	3/4						
3/4	3/8	1000	929,3	7,07	71,1	5,03	
3/8	No. 4	300	275,0	8,33	28,2	2,35	
							7,4

ANALISIS CUANTITATIVO DE FRACCION FINA No.4 - No.50

FRACCION		ANTES DE ENSAYO	DESPUES DE ENSAYO	% DE PERDIDA	% RETENIDO GRANULOMETRIA ORIGINAL	% DE PERDIDA CORREGIDO	% DE PERDIDA TOTAL
PASA	RETIENE						
No. 4	No. 8	100	87,2	12,8	22,1	2,83	
No. 8	No. 16	100	85,5	14,5	13,4	1,94	
No. 16	No. 30	100	80,0	20,0	15,1	3,02	
No. 30	No. 50	100	77,3	22,7	12,1	2,75	
							10,5

PERDIDA DE LOS AGREGADOS		% DE PERDIDA	ESPECIFICACIONES INV-2002
FRACCION GRUESA		7,4	AGREGADO GRUESO : 18%
FRACCION FINO		10,5	AGREGADO FINO : 18%
REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA		REVISO: <i>[Firma]</i>	

arquitectura - ingeniería - maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**  
construccion

car. 24 no. 17-75. edif. concasa of. 216. tel. 7239194. cel. 315 8125636 - 315 4833803  
www.asfaltosyconstrucciones.com.bo

**INDICES DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO  
FCE-08**

PROYECTO : -  
 DESCRIPCION MATERIAL: AGREGADOS PARA MDC-2  
 FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
 LOCALIZACION DE MUESTREO : PLANTA PILCUAN

FECHA : Marzo de 2008  
 MUESTRA No. : 1  
 NORMA : E - 230  
 ABCSISA :

FRACCION	PESO FRACCION	PESO DE LAJAS	PESO DE AGUJAS	% DE LAJAS DE LAJAS	% DE AGUJAS DE AGUJAS	% RETENIDO GRANULOMETRIA	% CORREGIDO DE LAJAS	% CORREGIDO DE AGUJAS
3/4 - 1/2	1000,0	301,2	102,0	30,1	10,2	11,1	334,3	113,2
1/2 - 3/8	1000,0	223,4	109,8	22,3	11,0	8,6	192,1	94,4
		<b>524,6</b>	<b>211,8</b>	<b>52,5</b>	<b>21,2</b>	<b>19,7</b>	<b>526,5</b>	<b>207,6</b>

% DE LAJAS DE LA MUESTRA: **26,7**

% DE AGUJAS DE LA MUESTRA: **10,5**

REQUERIMIENTO DE ESPECIFICACION INV -2002 : **30% MAXIMO**

REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA

REVISO

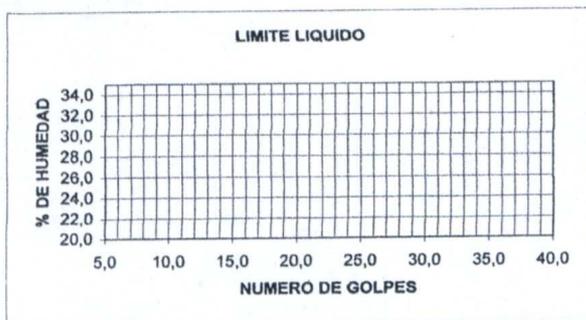
**INDICE DE PLASTICIDAD  
FCE-09**

PROYECTO : -  
DESCRIPCION MATERIAL: AGREGADOS PARA MDC-2  
FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
LOCALIZACION DE MUESTREO : PLANTA PILCUAN

FECHA : Marzo de 2008  
MUESTRA No. : 2  
NORMA : E-125 E-126  
ABSCISA :

LIMITE PLASTICO		
ENSAYO No.	1	2
PESO DE MUESTRA HUMEDA		
PESO DE MUESTRA SECA		
PESO DEL AGUA		
CONTENIDO DE HUMEDAD %		
PROMED. CONT. DE HUMEDAD		

LIMITE LIQUIDO				
ENSAYO No.	1	2	3	4
PESO DE MUESTRA HUMEDA				
PESO DE MUESTRA SECA				
PESO DE AGUA				
NUMERO DE GOLPES				
CONTENIDO DE HUMEDAD %				



LL MUESTRA :	0
L.P. MUESTRA:	0
INDICE PLASTICO	NP
ESP. INV-2002	0

REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA      REVISO:

arquitectura - ingeniería - maquinaria  
**asfaltos y construcciones ltda**  
constructores      Nit. 814 005 339 - 7

car. 24 no. 17-75, edif. concasa of. 216, tel. 7239194, cel. 315 8125636 - 315 4833803  
Bogotá, Colombia

**EQUIVALENTE DE ARENA  
FCE-10**

PROYECTO :  
DESCRIPCION MATERIAL : AGREGADOS PARA mdc-2  
FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
LOCALIZACION DE MUESTREO : PLANTA DE PILCUAN

FECHA : Marzo de 2008  
MUESTRA No. : 1  
NORMA :

ENSAYO No.	1	2	3	
LECTURA DEL NIVEL DE ARCILLA	111	116	107	
LECTURA DEL NIVEL DE ARENA	89,6	75,4	78,2	
EQUIVALENTE DE ARENA %	80,7	65,0	73,1	
PROMEDIO EQUIVALENTE DE ARENA				73
CONDICIONES DE LA MUESTRA PARA ENSAYO				
HUMEDA _____	SECA AL AIRE <u>  x  </u>	SECA AL HORNO _____		
ESPECIFICACION INVIAS-02	50% min.			
EQUIV. DE ARENA DE LA MUESTRA EN %	73			
REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA	REVISO: 			

arquitectura · ingeniería · maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**   
constructores tel. 814 008 339 - 7

car. 24 no. 17-75. edf. concasa of. 216. tel. 7239194. cel. 315 8125636 - 315 4833803  
www.asfaltosyconstrucciones.com.uy

**CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA  
FCE-11**

PROYECTO : -  
DESCRIPCION MATERIAL: AGREGADOS PARA MDC-2  
FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
LOCALIZACION DE MUESTREO : PLANTA PILCUAN

FECHA : Marzo de 2008  
MUESTRA No. : 1  
NORMA :  
ABSCISA :

SOLUCION DE REFERENCIA	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	MUESTRA ENSAYADA
0 - 1	ACEPTABLE	<b>X</b>
1 - 2	ACEPTABLE	
2 - 3	NO ACEPTABLE	
3 - 4	NO ACEPTABLE	
4 - 5	NO ACEPTABLE	

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DE MUESTRA :	0%
REQUERIMIENTO ESPECIFICACION INV-2002 :	0%

REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTD.	REVISO: 
---	---

arquitectura - ingeniería - maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**   
constructores NIT. 814 005 339 - 7

car. 24 no. 17-75, edif. concasa of. 216, tel. 7239194, cel. 315 8125636 - 315 4833803  
www.asfaltosyconstrucciones.com.co

**PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS  
FCE-12**

PROYECTO : -  
DESCRIPCION MATERIAL: AGREGADOS PARA MDC-2  
FUENTE DEL MATERIAL : RIO TELLEZ  
LOCALIZACION DE MUESTREO :

FECHA : Marzo de 2008  
MUESTRA No. : 1  
NORMA :  
ABSCISA :

**PESO ESPECIFICO FRACCION GRUESA (3/4 - 3/8)**

ENSAYO No.	1	2	3
A	791,5	792,1	
B	800	800	
C	519,5	516,2	
B - C	280,5	283,2	
A - C	272	275,9	
B - A	8,5	7,9	
GS BULK = A/(B-C)	2,82	2,80	
GS BULK SSS = B/(B - C)	2,85	2,82	
GS APARENTE = A/ (A - C)	2,91	2,87	
ABSORCION = ((B-A)/(A))*100	1,1	1,00	

A = P. SECO MUESTRA EN EL AIRE  
B = P. MUESTRA EN ESTADO SSS EN EL AIRE  
C = P. MUESTRA SUMERGIDA EN EL AGUA  
GS = GRAVEDAD ESPECIFICA

**PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO (3/8 - 200)**

ENSAYO No.	1	2	3	4
WSSS	200,0	200,0	200,0	
WPAS	778,5	776,4	774,2	
WPA	648,0	645,2	645,6	
W	195,5	195,9	195,7	
VS = WPA - (WPAS - W)	65,0	64,7	67,1	
VSSS = VS + (WSSS - W)	69,5	68,8	71,4	
GS BULK = W/VSSS	2,8	2,8	2,7	
GS BULK SSS = WSSS/VSSS	2,9	2,9	2,8	
GS APARENTE W/VS	3,0	3,0	2,9	
ABSORCION = (WSSS - WS)/W * 100	2,3	2,1	2,2	

WSSS= PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO  
WPAS = PESO PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA  
WPA = PESO PICNOMETRO + AGUA A T °C  
W = PESO MUESTRA SECA  
VS = VOLUMEN DE SOLIDOS  
GS = GRAVEDAD ESPECIFICA

REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA

REVISOR: 

arquitectura - ingeniería - maquinaria

**asfaltos y construcciones ltda**  
construcciones

nit. 814 005 339 - 7

carr. 24 no. 17-75. edif. concasa of 216 tel. 7239194 cel. 315 8125636 - 315 4833803  
asfaltosyconstrucciones.com.co

**DISEÑO PARA MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2  
METODO MARSHALL (RICE)  
FORMULA DE TRABAJO**

PROYECTO: -  
MATERIAL: MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC2  
PLANTA: PILCUAN  
FECHA: Marzo de 2008

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: BARRANCABERMEJA  
GRADO DEL ASFALTO: 80/100

**TRANSITO DE DISEÑO\_** > 5 x 10<sup>6</sup> ejes equivalentes  
**GRADO DEL ASFALTO\_** 80/100

Característica	Unid.	Valor
PORCENTAJE OPTIMO DE ASFALTO	%	5,5
VACIOS TOTALES	%	4,0
PESO UNITARIO	Lb/pie3	157,0
ESTABILIDAD	Kg	920,0
FLUJO	mm	3,8
VACIOS LLENOS CON ASFALTO	%	75,0
VACIOS AGREGADOS MINERALES	%	15,2

**AJUSTE GRANULOMETRICO**

TAMIZ	ABERTURA EN MM	% DE GRUESOS	% DE FINOS	ESPECIFICACION		FORMULA DE TRABAJO	TOLERANCIAS
		30%	70%				
3/4	19,0	30,0	70,0	100	100	100,0	+/- 4%
1/2	12,7	18,8	70,0	80	100	88,8	+/- 4%
3/8	9,5	10,2	70,0	70	88	80,2	+/- 4%
No.4	4,75	1,2	54,9	49	65	56,2	+/- 4%
No.10	2,00	1,0	35,5	29	45	36,6	+/- 3%
No.40	0,42	1,0	16,3	14	25	17,3	+/- 3%
No.80	0,18	0,7	9,3	8	17	10,0	+/- 3%
No.200	0,07	0,4	5,3	4	8	5,7	+/-1%

Temperatura de mezclado: 160 °C  
Temperatura de compactación: 130 °C

REALIZO: ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA REVISO: 

asfaltos y construcciones ltda   
constructores NET 814 005 339 - 7

car. 24 no. 17-75. edif. concasa of. 216. tel. 7239194. cel. 315 8125636 - 315 4833803  
www.asfaltosyconstrucciones.com



Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio de Materiales, Suelos y Pavimentos

COEFICIENTE DE EMULSIBILIDAD DEL LLENANTE  
NORMA I.N.V.E. - 776

FECHA: Junio 10 de 2004  
MATERIAL: Llenante mineral Pasa Tamiz No. 200 Secado al Horno  
REMITENTE : ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA  
MUESTRA : 1

RESULTADO DEL ENSAYO

Muestra	Peso (g)		%	Observaciones / Conclusiones
	Llenante	Ligante		
01	20	1	5	Presenta un aspecto completamente líquido, la mezcla se vuelve inmanejable.

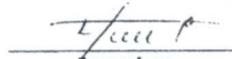
CÁLCULO

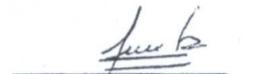
L = Asfalto agregado (gramos)  
F = Llenante usado (gramos)  
Ce = Coeficiente de emulsibilidad (viene dado como expresión)

$$Ce = L / F \quad \text{Siendo: } Ce = 1 / 20$$

$$Ce = 0.05$$

**Conclusión:** Con la muestra 1, se deduce por inspección visual que el punto de emulsibilidad se presenta en la muestra No. 1 con un 5% de contenido de ligante, valor que indica la cantidad máxima de ligante asfáltico que se puede dispersar en forma de emulsión directa en agua mediante un gramo de llenante.

  
Ingeniero

  
Geotecnólogo  
Lizardo Fernández G.  
GEOTECNÓLOGO  
UNIVERSIDAD DEL CAUCA

A



Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio de Materiales, Suelos y pavimentos

Obra : Mantenimiento Via Pasto - Rumichaca.  
Descripción : Material llenante pasa N° 40. Rio Tellez. Muestra N° : 1  
Remitente : Asfaltos y Construcciones LTDA. Fecha de informe : 18 - 11 - 03

**VALORACION DE ELEMENTOS ARCILLOSOS EN LOS MATERIALES  
FINOS POR MEDIO DEL AZUL DE METILENO**

Indice de Azul de Metileno	Promedio = 0.2 %
----------------------------	------------------

Observaciones : La Universidad del Cauca no se responsabiliza por el origen de la muestra  
por el origen de la muestra ni por el uso que se haga del resultado del ensayo.

Ingeniero \_\_\_\_\_

Geotecnólogo \_\_\_\_\_



Universidad del Cauca  
 Facultad de Ingeniería Civil  
 Laboratorio de Materiales, Suelos y Pavimentos

**DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

OBRA : Asfaltos y construcciones MUESTRA N° : \_\_\_\_\_ 1  
 DESCRIPCION : Material triturado FECHA : Junio 11 de 2004  
 FUENTE : Rio Tellez

E N S A Y O N°	1	2	3	4
Gradación usada	B			
N° de revoluciones				
Peso muestra inicial ( Pi ) ( g. )	5000			
Peso muestra después del ensayo ( Pf ) ( g. )	3849			
% Desgaste = $\frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$	23.0			
Coefficiente de Uniformidad				

OBSERVACIONES : La gradación de trabajo es la " B " según la muestra traída al laboratorio; internamente se decidió de acuerdo a los tamaños de los agregados enviados.  
 Norma I.N.V.E.-218

Tamiz		DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES						
		A	B	C	D	E	F	G
Pasa	Retenido	Pesos a tomar de cada tamaño (gramos)						
3 "	2 1/2 "					2500		
2 1/2 "	2 "					2500	5000	
2 "	1 1/2 "						5000	5000
1 1/2 "	1 "	1250						
1 "	3/4 "	1250	2500					
3/4 "	1/2 "	1250	2500					
1/2 "	3/8 "			2500				
3/8 "	1/4 "			2500				
1/4 "	N° 4				5000			
N° 4	N° 8					10000 + 100	10000 + 100	10000 + 100
Peso total de la muestra		5000 + 10	5000 + 10	5000 + 10	5000 + 10	10000 + 100	10000 + 100	10000 + 100
N° de esferas		12	11	8	6	12	12	12
Peso de estereos (g.)		5000 + 25	4500 + 25	3300 + 20	2500 + 15	5000 + 25	5000 + 25	5000 + 25
N° de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

INGENIERO [Signature]

GEOTECNOLOGO [Signature]  
 Eduardo Fernández G.  
 GEOTECNOLOGO  
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA



Universidad del Cauca  
 Facultad de Ingeniería Civil  
 Laboratorio de Materiales, Suelos y Pavimentos

**DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

Obra : ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA. Muestra N° : \_\_\_\_\_  
 Descripción : Material triturado. Fuente : Río Tellez  
 Remitente : Ing. RAUL POVEDA ORTEGA Fecha : Febrero 15 2005

ENSAYO N°	1	1	2	2
Gradación usada	A	A		
N° de revoluciones	100	500		
Peso muestra inicial (Pi) (g.)	5000	5000		
Peso muestra después del ensayo (Pf) (g.)	4803	4029		
% Desgaste = $\frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$	3,94	19,42		
Coefficiente de Uniformidad				

Observaciones : La gradación usada es la tipo A debido a que el % mayor se encuentra en los tamaños de mayor abertura.

**DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES**

Tamiz		A	B	C	D	E	F	G
Pasa	Retenido	Pesos a tomar de cada tamaño (gramos)						
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	N° 4			2500				
N° 4	N° 8				5000			
Peso total de la muestra		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
N° de esferas		12	11	8	6	12	12	12
Peso de esferas (g.)		5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25
N° de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Ingeniero: LUCC

Geotecnólogo: LEONARDO J. VIVAS



DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES

Obra : MATERIAL USADO EN MEZCLA ASFALTICA MDC-2  
 Descripción : \_\_\_\_\_ Muestra N° : 1  
 Fuente : RIO TELLEZ - NAKIÑO Fecha : 2003-04-09

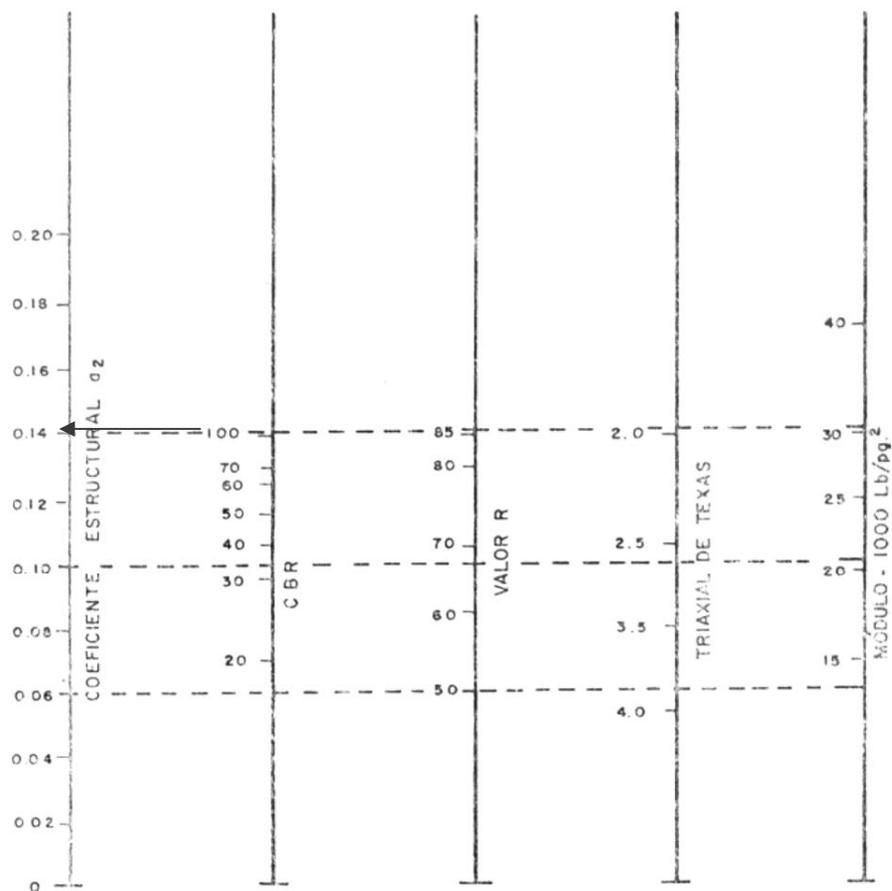
ENSAYO N°.	1	2		
Gradación usada	B	B		
N° de revoluciones	100	500		
Peso muestra inicial (Pi) (gr.)	5000	5000		
Peso muestra después del ensayo (Pf) (gr.)	4792	3979		
Desgaste = $\frac{Pi - Pf}{Pi}$	4,16	20,42		
Coefficiente de Uniformidad	020	—		

Observaciones : LA EMPRESA SOLICITANTE ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES LTDA. ORDENÓ REALIZAR EL ENSAYO TIPO B.

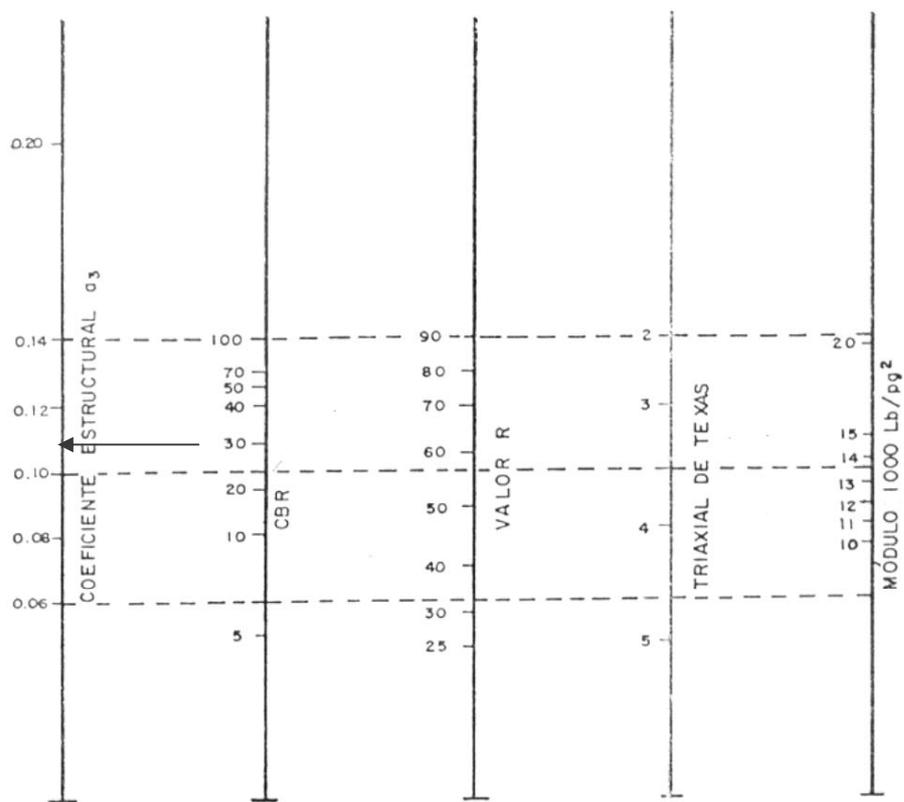
Datos sobre gradación, carga abrasiva y revoluciones								
Gradación		A	B	C	D	E	F	G
Passa	Retenido	Pesos a tomar de cada tamaño (gramos)						
3"	2 1/2"					2500		
1 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					2500	5000	
1"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	N° 4			2500				
N° 4	N° 8				5000			
Total de muestra		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 100	10000 ± 100
Número de esferas		12	11	8	6	12	12	12
Peso de esferas (grs.)		5000 ± 25	4684 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25
Revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Ingeniero [Signature] Geotecnólogo DIVIC J. D. ROSA D

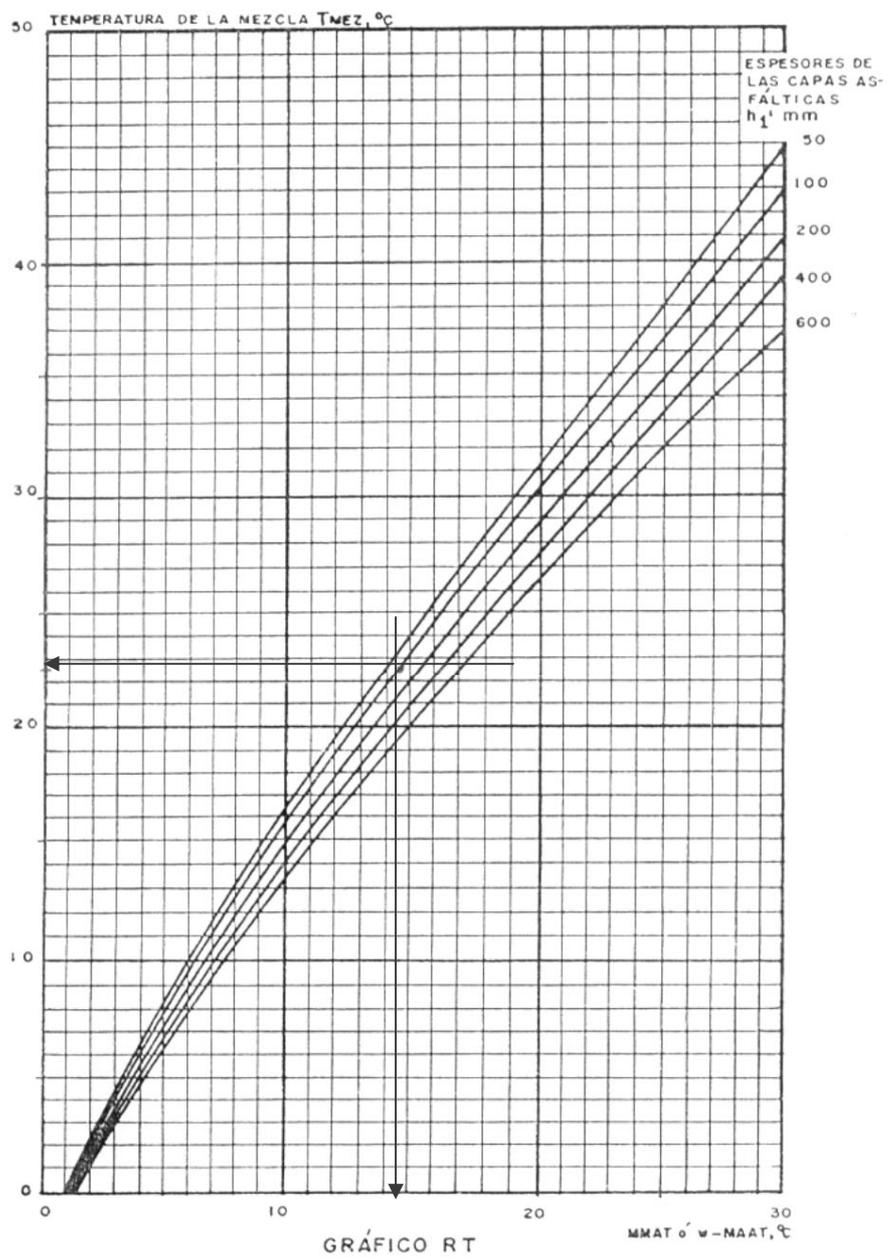
**ANEXO 9**  
**GRÁFICOS**



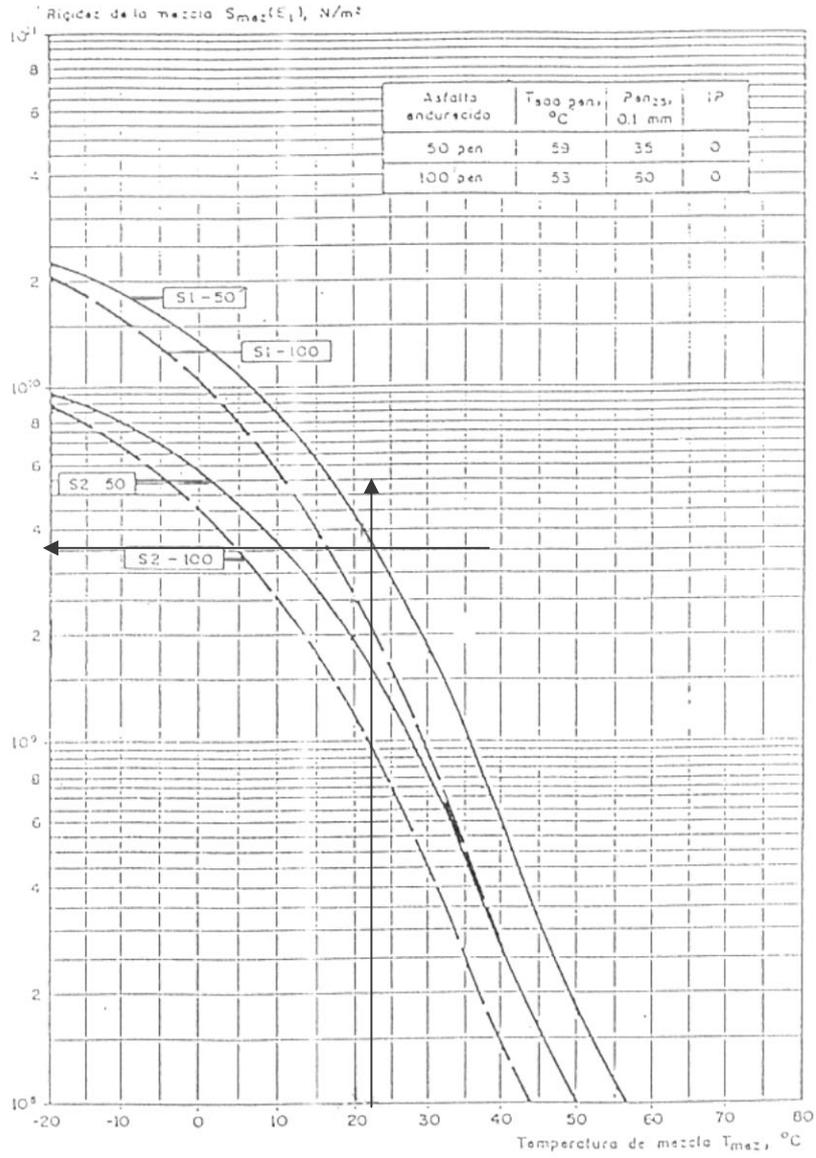
**Figura 5.1** – Variación de coeficiente  $a_2$  con diferentes parámetros de resistencia de la base granular.



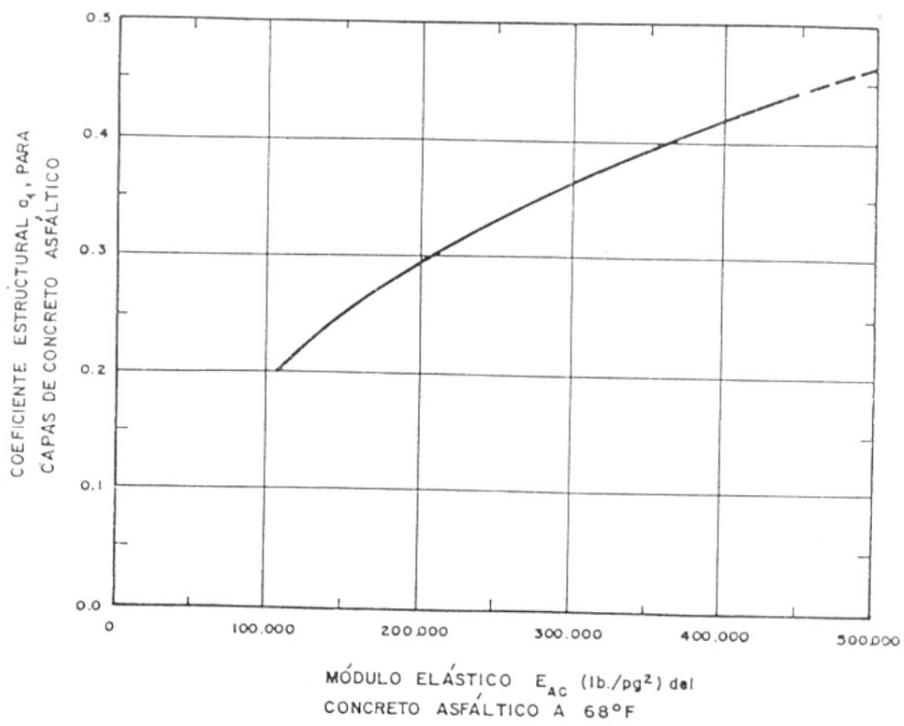
**Figura 5.2** – Variación de coeficiente  $a_3$  con diferentes parámetros de resistencia de la subbase granular.



**Figura 5.3** – Relación entre la temperatura efectiva de las capas asfálticas y MMAT ó w-MAAT.



**Figura 5.4 – Curvas maestras del método SHELL. Frecuencia 10 Hertz.**



**Figura 5.5** – Gráfica para hallar  $a_1$  en función del módulo resiliente del concreto asfáltico.

**ANEXO 10**  
**RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA**  
**DE LA PÓRTLAND CEMENT ASSOCIATION**

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 60 Mpa/m  
 Espesor Losa : 180 mm  
 Modulo de Rotura : 40 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Bermas : SI  
 Pasadores : SI  
 Factor de Seguridad Cargas : 1.1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS Tn	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------	-------------------------

**EJES SIMPLES**

Esfuerzo Equivalente: 1,6    Factor Esfuerzo: 0,3925    Factor Erosion: 2,5000

10,00	110,00	96.232	206.473	46,61	2.999.946	3,21
7,28	80,08	329.939	Inf	0,00	Inf	0,00
7,20	79,20	0	Inf	0,00	Inf	0,00
6,50	71,50	173.855	Inf	0,00	Inf	0,00
6,00	66,00	219.959	Inf	0,00	Inf	0,00
3,50	38,50	173.855	Inf	0,00	Inf	0,00
2,50	27,50	123.727	Inf	0,00	Inf	0,00

**EJES TANDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1,3    Factor Esfuerzo: 0,3300    Factor Erosion: 2,5400

20,80	228,80	6.874	7.975.963	0,09	1.382.790	0,50
20,72	227,92	323.065	9.362.058	3,45	1.425.559	22,66
20,40	224,40	0	Inf	0,00	1.617.168	0,00

**EJES TRIDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1,1    Factor Esfuerzo: 0,2625    Factor Erosion: 2,5800

23,92	263,12	6.874	Inf	0,00	20.049.591	0,03
-------	--------	-------	-----	------	------------	------

	-----		-----
Total :	50,14		26,40

