

94
116

INGENIERA MARGARITA POLANCO FLOREZ

ESTUDIO DE SUELOS

**URBANIZACION "LA SAMARIA"
SANTANDER DE QUILICHAO**



**PROYECTO DE LA
CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR DEL CAUCA.**

	OFICINA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL
	Santander de Quilichao
	21 MAY 2011
	Lic. De Urbanismo/ Resl.No. 105 ✓ CONSTRUCCION
Vigencia: 21-V/011 A/ 92-V-013	

**SANTANDER DE QUILICHAO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

Popayán
Marzo 1 de 2011

95
117

1. INTRODUCCIÓN

En atención a la solicitud de la Oficina de Ingeniería de la caja de Compensación Familiar del Cauca, se ha realizado el presente estudio de suelos, en un lote de propiedad de la mencionada Caja, localizado en la hacienda "La Samaria", en Santander de Quilichao.

En dicho lote se proyecta la construcción del na Urbanización de Interés Social constituida por 490 viviendas de dos plantas, con sus respectivas vías peatonales y vías vehiculares de acceso a la Urbanización y a las viviendas.

El estudio, se ha efectuado con el objeto de conocer la estratigrafía del suelo de cimentación y examinar las propiedades geotécnicas del suelo, con el fin de aplicarlas de manera eficiente, en el diseño de la cimentación de la estructura y el diseño de las estructuras de pavimento flexible para las vías vehiculares. Además, en este Informe se darán las recomendaciones constructivas para la construcción de la cimentación, y de la estructura del pavimento para las vías.

*Para lograr el objetivo, arriba anotado, se realizó un trabajo de campo que **consistió en la realización de trece (13) apíque sondeos con equipo de perforación manual** y la ejecución de los ensayos de laboratorio **necesarios para definir: La Estratigrafía de lote, la posición del nivel de aguas** freáticas y las propiedades físicas y mecánicas del suelo, parámetros con los que se calculó la capacidad portante del suelo y se definieron las recomendaciones para el proceso constructivo.*

Se agradece a COMFACAUCA, la confianza depositada para la realización de este Estudio y al cumplir con los objetivos propuestos, se espera ser útil en sus futuros proyectos.

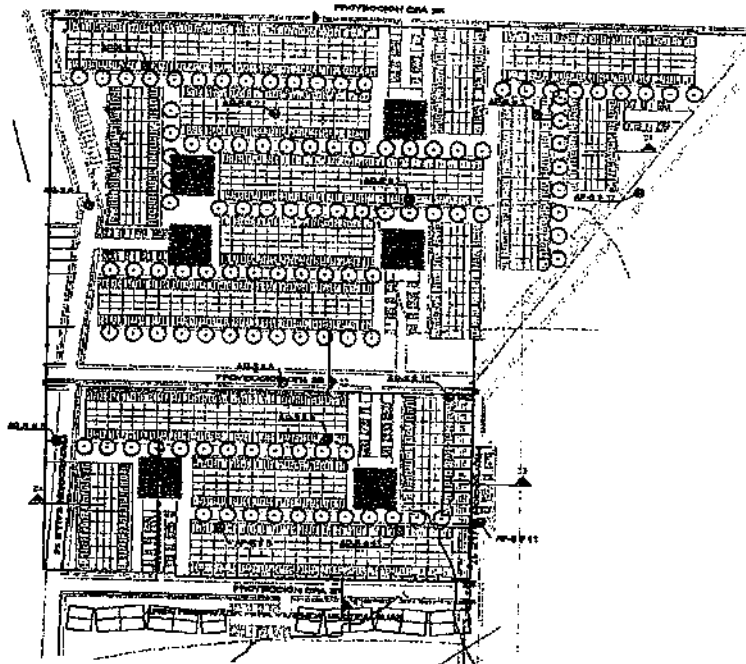
2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el área comprometida por el proyecto y la magnitud de las cargas que transmitirán las estructuras se planificó y ejecutó el siguiente trabajo de campo y laboratorio:

2.1. Perforaciones

Mediante la utilización de equipo de perforación manual, se realizaron trece (13) Apique Sondeos, ubicados como se indica en la figura 1 y en el anexo No.1, los cuales se llevaron hasta una profundidad máxima de 3.5m profundidad, a partir de la cual fue imposible perforar más profundo, dada la cantidad de fragmentos rocosos y bolos de tamaño apreciable presentes en el subsuelo a partir de 1.20m de profundidad en promedio.

Figura No.1



~~97~~
19

2.2. Muestreo

Durante el trabajo de campo se tomaron muestras alteradas en bolsas plásticas y muestras inalteradas con tubo tubos Shelby, a las profundidades indicadas en los registros de perforación.

2.3. Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas, se llevaron al laboratorio de suelos, en donde se desarrollaron las siguientes pruebas:

- * *Humedad Natural*
- * *Límites de Atterberg*
- * *Masas Unitarias*
- * *Compresión Inconfinada*
- * *Consolidación*
- * *Gravedad Específica*

En los cuadros No.1, se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio y en el anexo No.3, se presentan los resultados de laboratorio.

Cuadro No.1
RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Prof (m)	Wn%	LL %	Ip %	qu Kg/cm ²	γ _m Tn/m ³	γ _d Tn/m ³	Observaciones
Apique – sondeo #2							
1.0-1.4	34.6	***	***	2.56	1.94	1.44	Suelo fino amarillo con roca meteor.
Apique – sondeo # 3 y 3'							
1.0-1.4	33.5	***	***	1.22	1.84	1.35	Suelo fino amarillo con roca meteor.
0.9-1.3	36.6	62.5	31.0	1.27	1.87	1.37	Suelo fino amarillo con roca meteorizada –CH-
Apique – sondeo # 4							
1.2-1.6	34.8	***	***	1.68	1.85	1.37	Suelo fino amarillo con roca meteor.
Apique – sondeo # 5							
1.3-1.7	33.6	64.9	32.7	3.80	1.89	1.42	Suelo fino amarillo con roca meteorizada –MH-
Apique – sondeo # 6							
0.7-1.1	34.2	***	***	0.88	1.94	1.45	Suelo fino color gris vetas amarillas y roca meteorizada
Apique – sondeo # 7							
0.6-1.0	38.8	***	***	3.54	1.86	1.34	Suelo fino amarillo con roca meteorizada.
1.5-1.9	43.8	***	***	0.94	1.77	1.23	Suelo fino amarillo con roca meteorizada y vetas grises.
2.8-3.2	53.3	***	***	0.72	1.74	1.14	Suelo fino amarillo con roca meteorizada.
Apique – sondeo # 8							
0.6-1.0	39.8	49.3	31.8	0.83	1.77	1.27	Suelo fino color gris vetas amarillas y roca meteorizada. – MH-
Apique – sondeo # 9							
0.5-0.9	37.1	86.1	44.4	3.00	1.74	1.27	Suelo fino amarillo rojizo con roca meteor –MH-
1.4-1.8	34.8	***	***	3.01	1.85	1.37	Suelo fino amarillo rojizo con roca meteorizada.
Apique – sondeo # 10							
1.0-1.4	42.6	***	***	1.09	1.77	1.24	Suelo fino amarillo con roca meteorizada hasta de 10".
Apique – sondeo # 11							
1.0-1.4	37.4	85.0	446.3	3.96	1.86	1.35	Suelo fino amarillo rojizo con roca meteor. –MH-
1.8-2.2	40.8	***	***	1.23	1.84	1.31	Suelo fino amarillo rojizo vetas grises y roca met.
Apique – sondeo # 12							
0.4-0.8	37.5	***	***	4.34	1.83	1.35	Suelo fino amarillo rojizo con roca meteorizada.

Continuación cuadro No.1

Prof (m)	Wn%	LL %	Ip %	Qu Kg/cm ²	Ym Tn/m ³	Yd Tn/m ³	Observaciones
Apique -- sondeo #13							
1.3-1.7	43.8	***	***	2.37	1.90	1.32	Suelo fino amarillo con roca meteorizada.
2.1-2.5	35.0	***	***	1.76	1.83	1.35	Suelo fino amarillo con roca meteorizada.

Convenciones cuadro No.1:

Wn%: Porcentaje de Humedad,

LL%: Limite Líquido,

IP%: Índice de Plasticidad

qu: Resistencia a la compresión simple o inconfiada

γ : Peso unitario húmedo

γ_d : Peso unitario seco

Cuadro No.2

Resultados de ensayos de CBR con muestras inalteradas

AP - S #	Prof (m)	CBR % Sin sumergir		Wp %	CBR % Sumergido		Wp %
		0.1"	0.2"		0.1"	0.2"	
4	0.8-1.0	10.2	10.7	38.8	7.0	6.0	47.3
5	0.5-0.7	8.9	7.7	42.3	3.9	3.5	53.4
6	0.6-0.8	8.5	10.1	39.1	4.0	4.5	43.6
11	0.7-0.9	14.3	16.5	39.7	11.4	10.3	42.5
12	0.4-0.8	5.3	6.5	39.1	3.0	2.9	43.8

Wp: Humedad de Penetración

3. ESTRATIGRAFÍA

ESTRATIGRAFÍA

Dada la extensión del lote, el perfil estratigráfico se ha dividido en dos zonas con características muy similares, las cuales se presentan en la Figura No. 2 y en el anexo No.2, se muestran los perfiles estratigráficos deducidos de la zona I y de la zona II, obtenidos a partir de los resultados de las perforaciones y de los ensayos realizados, pero en términos generales el perfil del suelo de este lote es muy homogéneo y tiene la siguiente secuencia estratigráfica:

Primer Estrato:

Esta primera capa de suelo está constituida por un suelo fino limoso color negro correspondiente a la capa vegetal, con abundantes pastos. El espesor de esta capa varía entre 0.40m y 0.70m. El mayor espesor se encontró en el costado norte del lote cerca a una mata de guadua de importante tamaño, pero en la mayoría del lote el espesor es de 0.50m.

Como esta capa de suelo tendrá que removerse para la construcción del proyecto, no se consideró necesario tomar muestras para determinar sus características.

Segundo Estrato:

El segundo estrato está constituido por dos tipos de suelo. En gran parte del lote la segunda capa de suelo esta constituida por un suelo fino de color amarillo y amarillo rojizo con abundante cantidad de fragmentos de roca meteorizada, con tamaños de partículas entre $\frac{3}{4}$ de pulgada y 4 pulgadas, primordialmente, pero en algunos sitios se detectaron partículas hasta de 10.0 pulgadas de diámetro.

Esta capa de suelo tiene una humedad media, una plasticidad de media a alta y una consistencia de alta a muy alta. El espesor de esta capa de suelo es superior a 2.90m y sus principales características físicas y mecánicas varían entre los siguientes valores:

<i>Humedad Natural:</i>	<i>33.5% – 43.80%</i>
<i>Límite Líquido:</i>	<i>62.5% - 85.0%</i>
<i>Índice de Plasticidad:</i>	<i>31.0% - 46.3%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.74 – 1,94Tn/m³</i>
<i>Masa Unitaria Seca:</i>	<i>1.14 – 1.44 Tn/m³</i>
<i>Resistencia a la compresión</i>	
<i>Simple o Inconfinada:</i>	<i>0.72 – 4.34kg/cm²</i>
<i>CBR sin sumergir:</i>	<i>5.3% - 16.5%</i>
<i>CBR sumergido:</i>	<i>2.9% – 11.4%</i>

Este estrato de suelo fino limo arcillosos de color amarillo y amarillo rojizo con la profundidad adquiere vetas de color gris y rojizas, producto de la meteorización de los fragmentos rocosos.

En el un sector central del lote comprendido entre los sondeos #6 y #8 el segundo estrato está constituido por un suelo fino limo arcillosos de color gris con vetas amarillas y rojizas producto de la oxidación dentro del proceso de meteorización de los fragmentos rocosos, los cuales se encuentran en abundante cantidad a partir de 0.80m de profundidad.

El espesor de esta capa de suelo es superior a 1.0m y sus principales características físicas y mecánicas varían entre los siguientes valores:

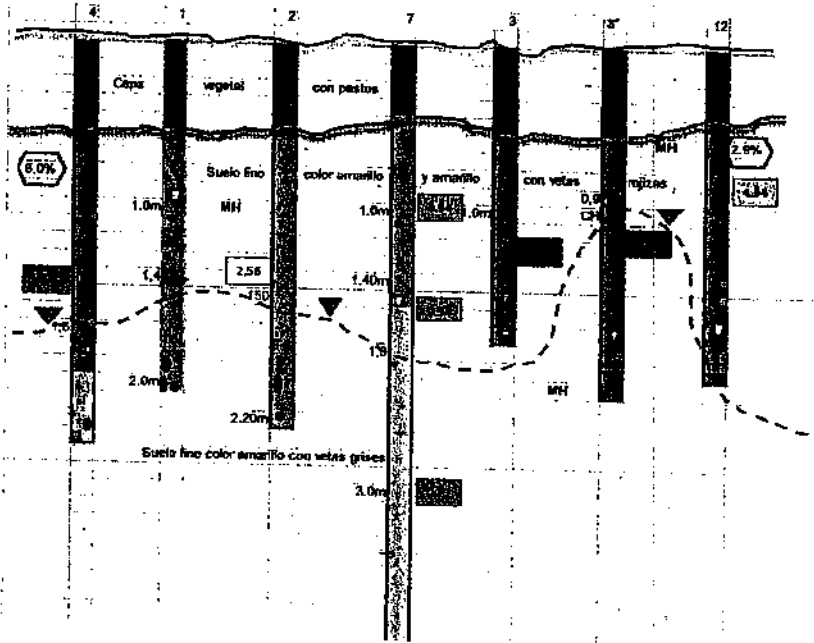
<i>Humedad Natural:</i>	<i>34.2% – 39.8%</i>
<i>Límite Líquido:</i>	<i>49.3%</i>
<i>Índice de Plasticidad:</i>	<i>31.8%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.77 – 1,94Tn/m³</i>

~~103~~
124

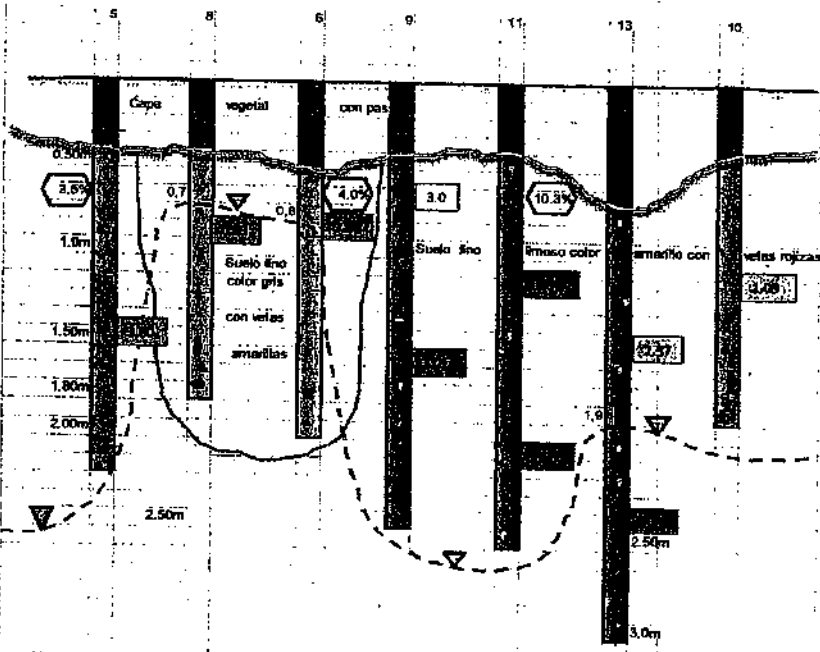
Urbanización LA SAMARIA Santander de Quilichao, Departamento del Cauca.Proyecto COMFACAUCA

FIGURA No.2

ZONA I



ZONA II



104
125

4. PROPIEDADES DEL SUELO

En los cuadros No.1 y No.2, se presentan los principales parámetros del suelo natural, de los cuales se pueden deducir las siguientes propiedades:

a. Superficialmente, existe la capa vegetal, la cual se retirará completamente cuando se realice el descapote del lote.

b. LA HUMEDAD NATURAL es media inferior al límite líquido y cercana al Límite Plástico, con valores muy similares a lo largo y ancho del lote. En suelos cohesivos, las humedades de medias a bajas cercanas al límite plástico son un indicativo de buenas características mecánicas, consistencia alta y compresibilidad baja.

c. EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD varía de medio a alto, y los suelos de este lote están ubicados muy cerca de la línea A en la carta de plasticidad de Casagrande. Los valores de índices de plasticidad medidos en estos suelos indican un bajo potencial contracto-expansivo, lo cual no afectará las estructuras que se proyectan ni la estabilidad de las excavaciones.

d. LA RESISTENCIA la resistencia a la compresión simple o inconfiada (q_u) tiene valores entre 0.72 y 4,34Kg/cm², lo cual indica la presencia de suelos de consistencia alta a muy alta. Se considera que los valores más bajos corresponden a fallas prematuras de las muestras por su alto contenido de roca meteorizada.

e. EL POTENCIAL DE LICUACIÓN de los suelos finos limo arcillosos, que conforman el subsuelo, por su naturaleza es nulo, ante sismos o cargas de impacto.

f. EL POTENCIAL DE EXPANSIÓN de los suelos finos limo arcillosos, que conforman el subsuelo, por su alto contenido de fragmentos de roca meteorizada es bajo.

g. LOS ASENTAMIENTOS dadas las características de consistencia de estos suelos, considerada de alta a rígida y a su contenido de partículas gruesas los asentamientos inmediatos y por consolidación del suelo, serán inferiores a los máximos permisibles, si se trabaja con las presiones admisibles que se entregan en este informe.

5. CIMENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

5.1. Capacidad Portante

Teniendo en cuenta el tipo de estructuras proyectadas y las características de los estratos descritas anteriormente se recomienda la siguiente alternativa de cimentación:

Una cimentación superficial, constituida por Zapatas Corridas ó de longitud Infinita cimentadas a una **profundidad mínima de desplante de 0.40m** por debajo de la superficie del terreno después del descapote, diseñadas con una **PRESIÓN MÁXIMA PERMISIBLE** igual a **11.00Tn/m²**.

La capacidad de carga del suelo de cimentación, se calculó con base en la teoría de Vesic, utilizando un factor de seguridad de 3.0, utilizando la siguiente expresión:

$$\sigma_u = CNcF_f d_c i_c + qNq f_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma f_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

C = cohesión

Nc, Nq, N_γ = Factores de capacidad de carga

f_c, f_q, f_γ = Factores de forma

d_c, d_q, d_γ = Factores de profundidad

i_c, i_q, i_γ = Factores de inclinación

γ = Masa unitaria del suelo

B = Ancho de la cimentación

$$\sigma_p = \sigma_{adm} = \frac{\sigma_u}{FS} \quad FS = 3$$

Las características de compresibilidad de esta capa de suelo, se evaluaron en el laboratorio mediante un ensayo de consolidación realizado a una muestra tomada en el sondeo No. 1, a una profundidad variable entre 2.60m y 3.00m.

106
129

Las principales características determinadas con esta prueba fueron las siguientes:

Máxima carga de preconsolidación:	$\sigma'_c = 1.87 \text{ Kg/cm}^2$
Índices de compresibilidad:	$C_c = 0.27, C_{\alpha} = 0.084$
Coefficiente de consolidación de suelos:	$C_v = 0.0215 \text{ cm}^2/\text{seg}$

Los asentamientos por Consolidación se calcularon con base en la teoría de Terzaghi, a partir de los resultados del ensayo de consolidación de suelos, anteriormente descritos y no superan los máximos permisibles para este tipo de estructuras.

5.2. Interacción Suelo-Estructura

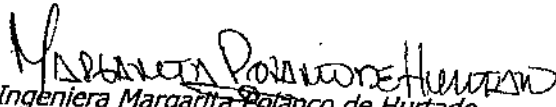
Con el objeto de analizar la respuesta sísmica de las estructuras a construir se recomienda considerar que el perfil de suelos según la Norma NSR -10 corresponde a un **perfil D**.

La interacción suelo-estructura, durante sismos, se evaluará de acuerdo con las indicaciones de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10 utilizando los siguientes parámetros:

• TIPO DE PERFIL DEL SUELO:	D
• COEFICIENTE DE ACCELERACIÓN (Aa) PICO EFECTIVA:	0.25
• COEFICIENTE DE VELOCIDAD (Av) PICO EFECTIVA:	0.20
• COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN (Fa) PERIODOS CORTOS:	1.30
• COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN (Fv) PERIODOS INTERMEDIOS:	2.0

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION

- 6.1 Para la construcción del proyecto será necesario realizar un descapote variable entre 0.40 y 0.50m, con el fin de remover la capa vegetal presente en el lote.
- 6.2 La profundidad de cimentación recomendada es de mínimo 0.40m por debajo del nivel del descapote, dentro del suelos natural descritos como segunda capa (suelo fino limoso de color amarillo con fragmentos de roca meteorizada).
- 6.3 El ancho de la cimentación en ningún caso debe ser inferior al recomendado por la Norma NSR-10.
- 6.4 Durante el proceso constructivo de la Cimentación, y otras obras que involucren excavaciones, estas podrán efectuarse con cortes verticales hasta una profundidad de 3.0m siempre y cuando no aparezca un lecho de material granular constituido por fragmentos de roca meteorizada, presente en el sitio en algunos casos a profundidades entre 1.20 y 1.50m, caso en el cual será necesario realizar las excavaciones apuntalando las paredes de las mismas por debajo del suelo fino y dentro de la capa granular.
- 6.5 Se recomienda considerar la colocación de canales y bajantes de aguas lluvias en las viviendas, así como la construcción de cunetas revestidas y drenajes que permitan un manejo adecuado de estas aguas y garanticen la estabilidad y buen comportamiento de los suelos del sector, comprometido en la ejecución del proyecto.
- 6.6 Con el fin de rigidizar la cimentación de la estructura es conveniente la construcción de vigas de amarre.
- 6.7 No se debe bajo ninguna circunstancia construir la cimentación sobre la capa de suelo orgánico presente en el lugar.
- 6.8 Para la construcción de Andenes y Vías Peatonales, se debe construir debajo del andén o vía una subbase granular con un espesor de 0.15m como mínimo bine compactada, hasta lograr una densidad igual al 95% del PM y encima se colocaran las losas de concreto con un espesor mínimo de 12.0cms


Ingeniera Margarita Polanco de Hurtado

Urbanización Puerta de Hierro Casa No.24 Telefax 8230403 cel (316)4826238 Popayán
E mail: margarita_polanco15@hotmail.com /
ESTUDIO DE SUELOS – GEOTÉCNIA – DISEÑO DE PAVIMENTOS – INTERVENTORIA

108
129

La exploración y muestreo de la zona se llevó a cabo mediante la realización de trece (13) apique sondeos, cinco de los cuales se efectuaron en las vías proyectadas. Estos apique sondeos se efectuaron con equipo manual de perforación, a profundidades variables entre 1.70 y 3.50m. Las columnas estratigráficas correspondientes a cada uno de los apiques se presentan en el Anexo No.2 y la localización de los mismos se detalla en el plano adjunto en el Anexo No.1.

Durante la exploración y muestreo en los cinco apiques realizados en los sitios donde se construirán las vías, se tomaron muestras inalteradas para determinar el CBR del suelo, también se observaron en el sitio las características más sobresalientes de cada uno de los estratos.

Con las muestras obtenidas se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio: Humedades Naturales, Límites de Consistencia, Masas Unitarias secas, y cinco (5) ensayos de CBR sin sumergir y sumergidos, después de cuatro días de inmersión.

Los ensayos de laboratorio se efectuaron en el Laboratorio de suelos de Geoconsulta Ltda., los resultados obtenidos del suelo de la zona donde se construirá el proyecto se resumen en el cuadro No.1 y No.2 y el resumen correspondiente al suelo de subrasante en los sitios donde se construirán las vías, se resumen en los cuadros No.4 y No.5 y los resultados de los ensayos de laboratorio en sus respectivos formatos se entregan en el Anexo 3.

Cuadro No.4
RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Prof (m)	Wn%	LL %	Ip %	Qu Kg/cm ²	Ym Tn/m ³	Yd Tn/m ³	Observaciones
Apique – sondeo # 4							
1.2-1.6	34.8	***	***	1.68	1.85	1.37	Suelo fino amarillo con roca meteor.
Apique – sondeo # 5							
1.3-1.7	33.6	64.9	32.7	3.80	1.89	1.42	Suelo fino amarillo con roca meteorizada -MH-
Apique – sondeo # 6							
0.7-1.1	34.2	***	***	0.88	1.94	1.45	Suelo fino color gris vetas amarillas y roca meteorizada
Apique – sondeo # 11							
1.0-1.4	37.4	85.0	446.3	3.96	1.86	1.35	Suelo fino amarillo rojizo con roca meteor. -MH-
1.8-2.2	40.8	***	***	1.23	1.84	1.31	Suelo fino amarillo rojizo vetas grises y roca met.
Apique – sondeo # 12							
0.4-0.8	37.5	***	***	4.34	1.83	1.35	Suelo fino amarillo rojizo con roca meteorizada.

Convenciones:

Wn%:Porcentaje de Humedad, LL%:Limite Líquido, IP%:Índice de Plasticidad

qu: Resistencia a la compresión simple o inconfiada

Y : Peso unitario húmedo Y_d : Peso unitario seco

Cuadro No.5
RESULTADOS DE ENSAYOS DE CBR CON MUESTRAS INALTERADAS

AP-S #	Prof (m)	CBR % Sin sumergir		Wp %	CBR % Sumergido		Wp %
		0.1"	0.2"		0.1"	0.2"	
4	0.8-1.0	10.2	10.7	38.8	7.0	6.0	47.3
5	0.5-0.7	8.9	7.7	42.3	3.9	3.5	53.4
6	0.6-0.8	8.5	10.1	39.1	4.0	4.5	43.6
11	0.7-0.9	14.3	16.5	39.7	11.4	10.3	42.5
12	0.4-0.8	5.3	6.5	39.1	3.0	2.9	43.8

Wp: Humedad de penetración

7.3. Estratigrafía del sector donde se construirá el Pavimento:

Para la descripción del Perfil Estratigráfico deducido, se han tenido en cuenta las vías proyectadas según plano entregado.

- Perfil Estratigráfico Deducido de las Vías Correspondientes a la Proyección de la Carrera 25 y Calles 14 y Calle 17:

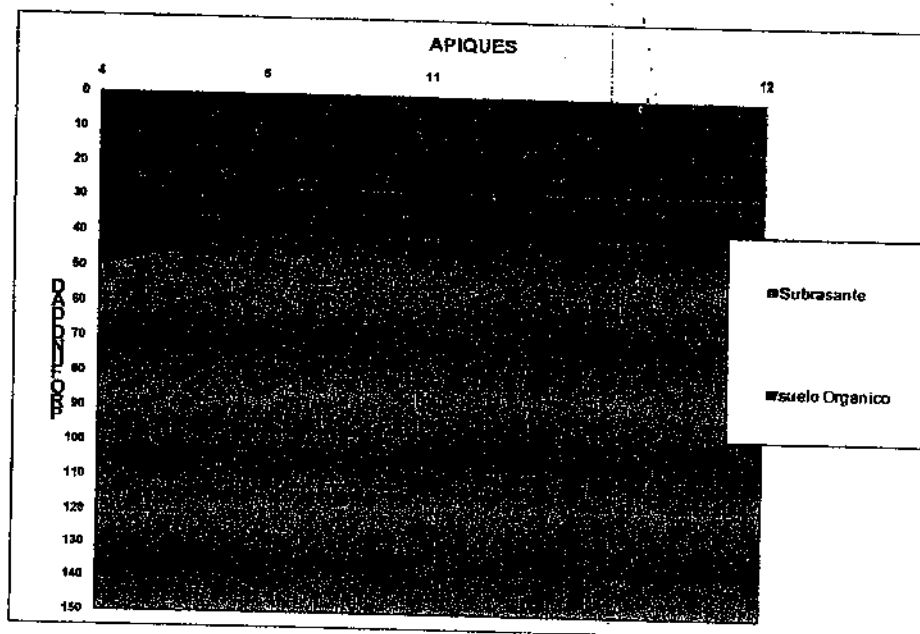
El perfil estratigráfico de esta zona es relativamente homogéneo, se puede apreciar en la figura No.3 y tal como se ha descrito en el capítulo 3 de este informe, la primera capa de suelo está constituida por la un suelo fino limoso color negro correspondiente a la capa vegetal, con abundantes pastos con un espesor variable entre 0.4 y 0.50 en la mayoría del lote.

La capa de subrasante propiamente dicha, corresponde en la gran mayoría del lote a un suelo fino de color amarillo y amarillo rojizo con abundante cantidad de fragmentos de roca meteorizada, con tamaños de partículas entre $\frac{3}{4}$ de pulgada y 4 pulgadas.

Esta capa de suelo tiene una humedad media, una plasticidad de media a alta y una consistencia de alta a muy alta. El espesor de esta capa de suelo es superior a 2.90m y sus principales características físicas y mecánicas varían entre los siguientes valores:

<i>Humedad Natural:</i>	<i>33.5% – 43.80%</i>
<i>Límite Líquido:</i>	<i>62.5% - 85.0%</i>
<i>Índice de Plasticidad:</i>	<i>31.0% - 46.3%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.74 – 1.94Tn/m³</i>
<i>Masa Unitaria Seca:</i>	<i>1.14 – 1.44Tn/m³</i>
<i>Resistencia a la compresión</i>	
<i>Simple o Inconfinada:</i>	<i>0.72 – 4.34kg/cm²</i>
<i>CBR sin sumergir:</i>	<i>5.3% - 16.5%</i>
<i>CBR sumergido:</i>	<i>3.0% – 11.0%</i>

Figura No.3
Apique -Sondeos Nos. 4, 5, 11 y 12



- Perfil Estratigráfico Deducido de las Vías correspondientes a la Proyección de las Carreras 21 y 22:

En este sector se observó un pequeño cambio en la segunda capa de suelo, el suelo fino limoso de color amarillo y amarillo rojizo con algunas vetas grises, cambió a un suelo fino limoso color gris con vetas amarillas y rojizas. Lo anterior se debe al gran contenido de fragmentos de roca meteorizada, que por sus diferentes grados de meteorización da lugar a suelos de características y comportamiento similares pero con diferente coloración.

Este cambio se observó en la zona correspondiente a los apique sondeos No.6 y No.8, cuyo perfil deducido puede apreciarse en la figura No.4. Con base en lo encontrado en el sitio es posible que este perfil que se describe a continuación aparezca en las vías denominadas proyección de la carrera 21 y carrera 22, pero también en algunos sectores de estas vías puede aparecer el perfil anteriormente descrito, ya que no fue posible con base en las perforaciones realizadas determinar con exactitud dónde comienza y donde termina este cambio de coloración del suelo que conforma la segunda capa.

La segunda capa de suelo en este sector está constituido por un suelo fino limo arcillosos de color gris con vetas amarillas y rojizas producto de la oxidación dentro del proceso de meteorización de los fragmentos rocosos de diámetros variables entre ¾ y 4 pulgadas, los cuales se encuentran en abundante cantidad desde los 0.80m de profundidad.

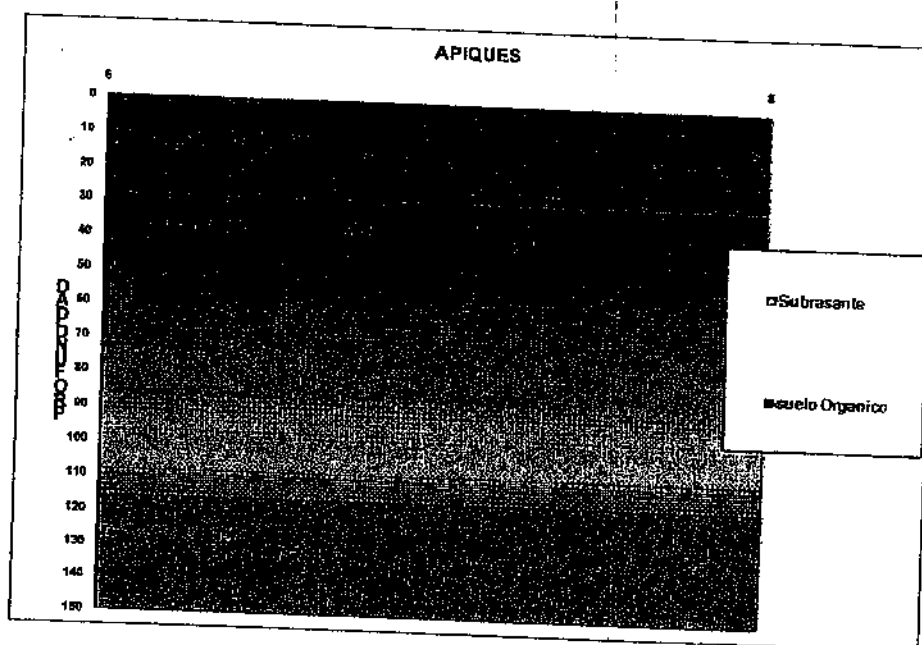
El espesor de esta capa de suelo es superior a 1.0m y sus principales características físicas y mecánicas varían entre los siguientes valores:

<i>Humedad Natural:</i>	<i>34.2% – 39.8%</i>
<i>Limite Líquido:</i>	<i>49.3%</i>
<i>Índice de Plasticidad:</i>	<i>31.8%</i>
<i>Masa Unitaria Húmeda:</i>	<i>1.77 – 1.94Tn/m³</i>
<i>Masa Unitaria Seca:</i>	<i>1.27 – 1.45Tn/m³</i>
<i>Resistencia a la compresión</i>	
<i>Simple o Inconfinada:</i>	<i>0.83 – 0.88kg/cm²</i>
<i>CBR sin sumergir:</i>	<i>8.5% - 10.1%</i>
<i>CBR sumergido:</i>	<i>4.0% – 4.5%</i>

45
134

Urbanización LA SAMARIA Santander de Quilichao, Departamento del Cauca.Proyecto COMFACAUCA

Figura No.4
Apíque -Sondeos Nos. 6 y 8



Considerando los perfiles de suelos descritos, y los valores de CBR encontrados, se adopta como **CBR DE DISEÑO UN VALOR IGUAL A 4%**

114
135

7.4. Analisis del Transito

Por carecer de registros de conteos del tránsito real, por tratarse de un proyecto urbanístico nuevo en un sector de la población donde actualmente no hay flujo de vehículos, pero considerando las características particulares del proyecto se realiza una estimación del tránsito de diseño de estas vías teniendo en cuenta que sobre estas vías circularan principalmente vehículos livianos tipo automóviles y camperos, algunas rutas de buses urbanos y como máximo circularan con baja frecuencia, algunos vehículos pesados distribuidores de alimentos, bebidas, trasteos, de recolección de basura y algún tránsito que podría comunicar e integrarse con los posibles desarrollos urbanísticos de las zonas aledañas a este proyecto.

7.4.1. Estimación del Transito equivalente sobre las Vías Principales

Para el diseño del pavimento de las vías internas de esta urbanización, se ha asumido un margen de seguridad para los tránsitos anormales que se puedan presentar a lo largo del período de servicio del pavimento, por lo cual se asumieron unas frecuencias máximas diarias de 70 busetas, 30 vehículos C2 pequeño, 15 vehículos C2 grande, y 5 vehículos C3, con un incremento anual del tránsito estimado en el 2%.

Con base en esta información se estima el siguiente tránsito acumulado en el período de diseño (15 años) y las siguientes distribución de cargas por eje de acuerdo con las últimas reglamentaciones de peso bruto vehicular máximo autorizadas por el Ministerio de Transporte.

Tabla No. 7.1

TRANSITO ESTIMADO EN EL PERIODO DE DISEÑO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA PRINCIPAL CARGAS MAXIMAS VEHICULARES Y DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL EN CADA EJE				
TIPO	NÚMERO DIARIO DE VEHICULOS	PESO BRUTO MAXIMO Toneladas	CARGAS POR EJE Toneladas	
			EJE DELANTERO	EJE TRASERO
BUSETAS	70	6.0	2.4	3.6
CAMION C2 PEQUEÑO	30	8.5	2.5	6
CAMION C2 GRANDE	15	16	6	10
CAMION C3	5	28	6	22

Determinando los factores daño y el número de repeticiones, se estima el transito equivalente de diseño que circulará en los próximos 15 años. Tabla No.7.2

Tabla No.7.2

ESTIMACION DEL TRANSITO EQUIVALENTE PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA UN PERIODO DE DISEÑO DE 15 AÑOS				
TIPO	NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS	PESO BRUTO Toneladas	FACTOR DAÑO POR VEHICULO CARGADO	EJES EQUIVALENTES DE 8.2TONS.
BUSETAS	441847	6.0	0.10	44185
CAMION C2 PEQUEÑO	189363	8.5	0.31	58703
CAMION C2 GRANDE	94681	16	2.89	273628
CAMION C3	31560	28	5.31	167584
TRANSITO EQUIVALENTE				544100
TRANSITO EQUIVALENTE DE DISEÑO				$5.5 \cdot 10^5$

116
137

Con base en las anteriores consideraciones para el dimensionamiento del pavimento flexible de las calle principales, se estima que para un periodo de diseño de 15 años se tendrá un tránsito de diseño de $5.5 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8.2 toneladas

Tabla No.7.3

ESTIMACION DEL TRANSITO EQUIVALENTE PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA UN PERIODO DE DISEÑO DE 10 AÑOS				
TIPO	NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS	PESO BRUTO Toneladas	FACTOR DAÑO POR VEHICULO CARGADO	EJES EQUIVALENTES DE 8.2TONS.
BUSSETAS	279765	6.0	0.10	27977
CAMION C2 PEQUEÑO	119899	8.5	0.31	37169
CAMION C2 GRANDE	59950	16	2.89	173256
CAMION C3	19983	28	5.31	106109
TRANSITO EQUIVALENTE				344511
TRANSITO EQUIVALENTE DE DISEÑO				$3.5 \cdot 10^5$

Con base en las anteriores consideraciones para el dimensionamiento del pavimento flexible de las calle principales, se estima que para un periodo de diseño de 10 años se tendrá un tránsito de diseño de $3.5 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8.2 toneladas

7.5. Diseño de las Estructuras de Pavimento Flexible

Para el dimensionamiento del Pavimento Flexible se determinaron los espesores utilizando el Método AASHTO y el Método Racional.

7.5.1. Dimensionamiento de la Estructura según Metodo AASHTO

7.5.1.1. Parámetros Generales de Diseño

- **Modulo Resiliente de la Subrasante**

Con base en el CBR de diseño de la subrasante igual al 4.0%, y los modelos de correlación de AASHTO, se estima que el valor del **Modulo Resiliente de diseño es igual a 420 Kg/cm²**.

- **Tránsito.**

El tránsito de diseño expresado en términos de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para un periodo de diseño de 15 años, es igual a **$N = 5.5 * 10^5$**

- **Materiales de las diferentes capas.**

Súbbase = Material granular que cumplan los requisitos del artículo 320 de las normas del Instituto Nacional de Vías del año 2007, con CBR > 30%

Base = Material granular triturado que cumpla los requisitos del artículo 330 de las normas del Instituto Nacional de Vías del año 2007 con CBR > 80%.

Capa de rodadura = Concreto asfáltico que cumpla los requisitos del artículo 450 de las normas del Instituto Nacional de Vías del año 2007.

HB
139

- **Código de la Mezcla de capa de rodadura.**

El código de la mezcla es S1-F1-50 que corresponde a una mezcla de concreto asfáltico de alta rigidez y alta resistencia a fatiga utilizando asfalto con penetración 50.

7.5.2. Análisis Estructural según Metodo ASSHTO.

Para la utilización del método AASHTO se tuvieron en cuenta los parámetros generales de diseño y además los parámetros particulares del método que se describen a continuación:

- **Nivel de Confiabilidad** = De acuerdo al tipo de vía urbana se asumió un valor de 80%
- **Desvío estándar** = 0.49. Recomendado por el método para la condición de variación en la predicción del comportamiento con errores en la estimación del tránsito.
- **Pérdida de de serviciabilidad** durante el periodo de diseño= 2.0; para índice inicial de 4.2 e índice final de 2.2

Con base en la información general y los parámetros de diseño anteriormente consignados se efectuó el dimensionamiento de la estructura de pavimento, respetando los criterios planteados por el método de diseño ASSTHO.

La expresión general de dimensionamiento utilizada para la definición de los espesores de cada capa según su aporte estructural será la siguiente:

$$SN = a_1 * h_1 + a_2 * h_2 * m_2 + a_3 * h_3 * m_3$$

Donde:

SN = Número estructural

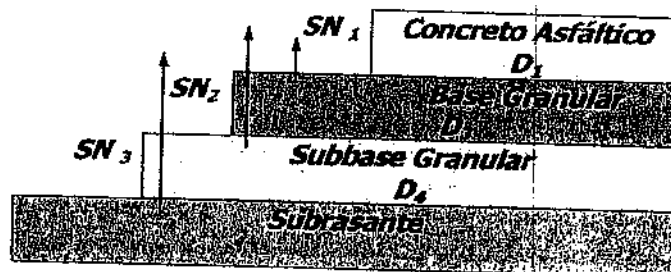
a_i = coeficiente estructural de la capa i

h_i = espesor de la capa i

m_i = Coeficiente de las condiciones de drenaje

Método AASHTO

Criterio de Protección de Deformación Permanente de las Capas



Para la estimación del número estructural, se tomaron como referencia los coeficientes de aporte estructural y de drenaje de los materiales recomendados por el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito.

En la tabla 4.1 se presenta la solución de diseño analizada para las condiciones de tránsito y los parámetros de diseño anteriormente definidos.

Tabla 7.4
DETERMINACION DEL ESPESOR DE ALTERNATIVA DE ESTRUCTURA
SEGÚN EL METODO AASHTO

PARÁMETROS		DISEÑO
		15 AÑOS
PARÁMETROS DE DISEÑO	5.5 * 10 ⁶ Ejes	5.5 * 10 ⁶ Ejes
	0.49	0.49
	80%	80%
	2.0	2.0
	5950	5950
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO PARA PROTEGER LA BASE GRANULAR SN1		1.67
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO PARA PROTEGER LA SUBBASE GRANULAR SN2		2.20
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO PARA PROTEGER LA SUBRASANTE SN3		3.15
ESTRUCTURA DISEÑADA	10	
	15	
	30	
NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO A LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SN1		1.6
NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO A LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SN2		2.44
NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO A LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SN2		3.6

7.5.3. Chequeo del Diseño de las Soluciones Estructurales utilizando el Método Racional

En las siguientes tablas se presenta la verificación de la solución utilizando el método racional, evaluando los requerimientos de diseño por tracción en las capas asfálticas y por compresión en la subrasante.

De los análisis realizados se puede concluir que las estructuras diseñadas cumplen con los requerimientos de diseño por Compresión en la Subrasante, por Tracción en la capa asfáltica y de Deflexión recomendados por el Método del Instituto del Asfalto.

En la tabla No. 7.5 se presentan los resultados obtenidos al efectuar la evaluación estructural.

Tabla 7.5

VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA UTILIZANDO EL METODO RACIONAL VIAS PRINCIPALES

PARÁMETRO		DISEÑO A 15 AÑOS		
TRANSITO (N)		$5.5 * 10^5$		
ESTRUCTURA		Espesor Cms	Relación Poisson	Módulo Kg/cm ²
Capa de Rodadura Nueva		10	0.35	15000
Base granular		15	0.40	2240
Relleno granular Existente		30	0.45	1120
Subrasante		-	0.50	420
Parámetros Calculados	ϵ_{t1} Rodad.	$3.69 * 10^{-4}$		
	ϵ_{x2} Subrasante	$5.37 * 10^{-4}$		
	Deflexión (1/100) mm	76		
Parámetros Admisibles INA	ϵ_{t1} Rodad.	$3.86 * 10^{-4}$		
	ϵ_{x2} Subrasante	$5.47 * 10^{-4}$		
Deflexión admisible según Inst. Norteamericano del Asfalto (INA)		100(1/100) mm		

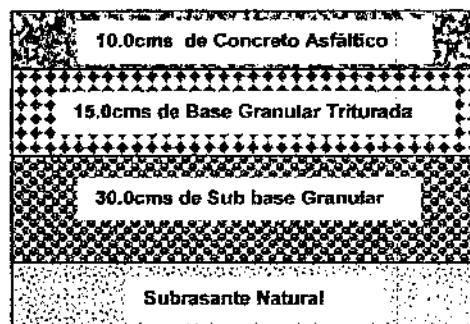
122
143

Urbanización LA SAMARIA Santander de Quilichao, Departamento del Cauca.Proyecto COMFACAUCA

7.6. Estructura de Pavimento Flexible Recomendada

Atendiendo los requerimientos de diseño planteados por los dos métodos se recomienda la construcción de la siguiente alternativa de diseño.

SOLUCIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE



7.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

7.7.1 Para la construcción de las estructuras de pavimento se debe remover la capa vegetal, hasta llegar al suelo de subrasante y en este suelo realizar la excavación necesaria para lograr las cotas de proyecto, considerando el espesor de la estructura del pavimento.

7.7.2 La estructura recomendadas están constituidas por las siguientes capas y espesores:

Carpeta asfáltica MDC-2= 10.0cms

Base Granular=15.0cms

Subbase granular=30.0cms

Como se expresó anteriormente esta estructura cumple con los requerimientos de diseño por compresión en la subrasante y por tracción en la capa asfáltica, recomendados por el Instituto Norteamericano del Asfalto.

7.7.3 En la construcción de las diferentes capas se deben respetar los requerimientos mínimos exigidos para los materiales de las diferentes capas.

7.7.4 Las diferentes capas deben estar constituidas por materiales que cumplan las especificaciones del año 2007 de INVIAS.

7.7.5 Con el fin de garantizar la vida útil del pavimento, se debe evitar los cambios bruscos de humedad que contribuyen a la disminución de la resistencia de los suelos de subrasante, por lo que es importante diseñar para las vías un sistema de drenaje.


ING. MARGARITA POLANCO DE H


ING. CARLOS A. BENAVIDES B.

8. LIMITACIONES

La información consignada en este reporte, y las conclusiones y recomendaciones dadas, se basan en el análisis de los resultados de la investigación realizada, en conjunto con las características del proyecto.

Los cambios en las condiciones locales del suelo, que se noten al hacer las excavaciones, o los cambios en el proyecto, que modifiquen la magnitud de las cargas, el tránsito calculado o la profundidad de las excavaciones, se comunicarán a los ingenieros que elaboraron este informe quienes estudiarán la nueva situación y propondrán las recomendaciones adicionales que sean necesarias.

Popayán,
Marzo 1 de 2011
Urbanización "La Samaria" Santander de Quilichao

URBANIZACION "LA SAMARIA "
SANTANDER DE QUILICHAO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN.....	2
2.1. Perforaciones.....	2
2.2. Muestreo.....	3
2.3. Ensayos de Laboratorio.....	3
3. ESTRATIGRAFÍA.....	6
4. PROPIEDADES DEL SUELO.....	10
5. CIMENTACION DE LAS ESTRUCTURAS.....	11
5.1. Capacidad Portante.....	11
5.2. Interacción Suelo-Estructura.....	12
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION.....	13
7. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.....	14
7.1. Introducción.....	14
7.2. Estudio Geotécnico.....	14
7.3. Estratigrafía del sector donde se construirá el Pavimento:.....	17
7.4. Analisis del Tránsito.....	21
7.4.1. Estimación del Tránsito equivalente sobre las Vías Principales.....	21
7.5. Diseño de las Estructuras de Pavimento Flexible.....	24
7.5.1. Dimensionamiento de la Estructura según Metodo AASHTO.....	24
7.5.1.1. Parámetros Generales de Diseño.....	24
7.5.2. Analisis Estructural según Metodo ASSHTO.....	25
PARÁMETROS.....	27
7.5.3. Chequeo del Diseño de las Soluciones Estructurales.....	27
utilizando el Método Racional.....	27
PARÁMETRO.....	28
TRANSITO (N).....	28
Parámetros.....	28
7.6. Estructura de Pavimento Flexible Recomendada.....	29
8. LIMITACIONES.....	31
ANEXO 1: LOCALIZACION DE SONDEOS	
ANEXO 2: REGISTROS DE PERFORACIÓN Y PERFILES DEDUCIDOS	
ANEXO 3: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	
ANEXO 4: REGISTRO FOTOGRÁFICO	

ANEXO 1

LOCALIZACION DE SONDEOS



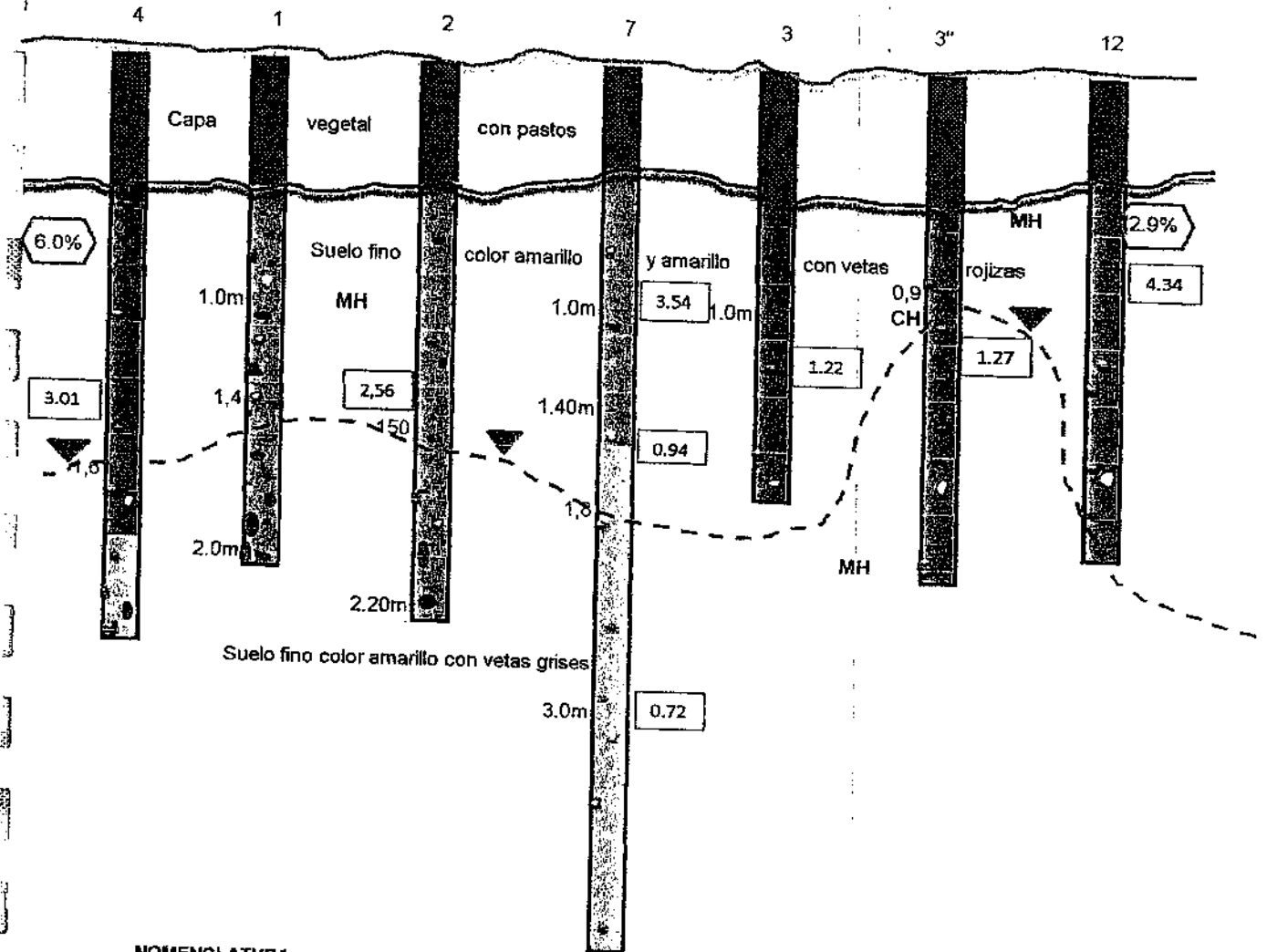
~~108~~
109

ANEXO 2

**REGISTROS DE PERFORACION
Y
PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEDUCIDOS**

129
150

PERFIL DEDUCIDO ZONA I

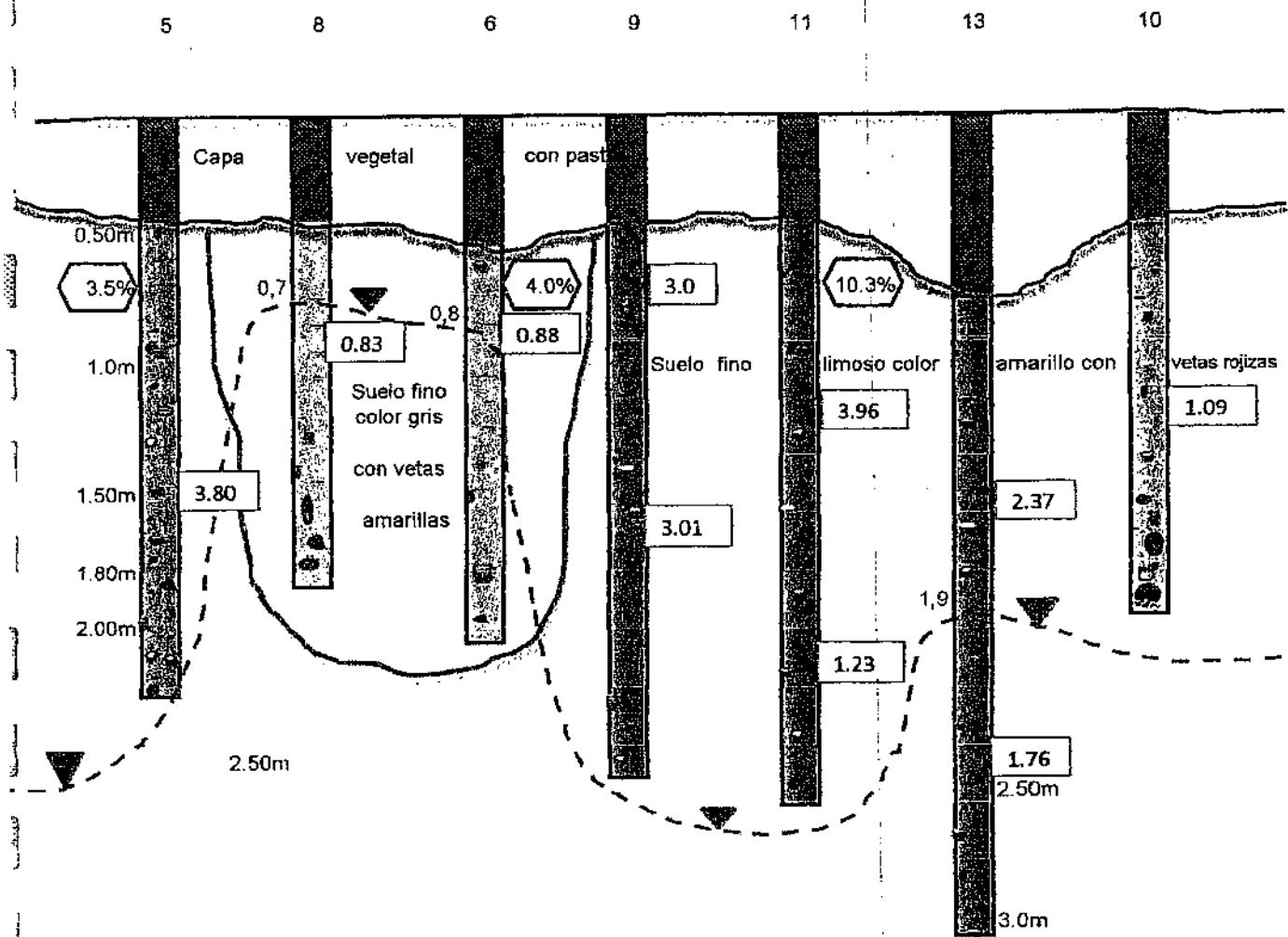


NOMENCLATURA

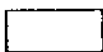
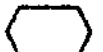
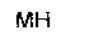
- Resistencia a la Compresión Simple en Kg/cm²
- Menor valor de CBR sumergido
- MH Calsificación Unificada de Suelos
- Profundidad Nivel Freático

151

PERFIL DEDUCIDO ZONA II



NOMENCLATURA

-  Resistencia a la Compresión Simple en Kg/cm²
-  Menor valor de CBR sumergido
-  Calsificación Unificada de Suelos
-  Profundidad Nivel Freático

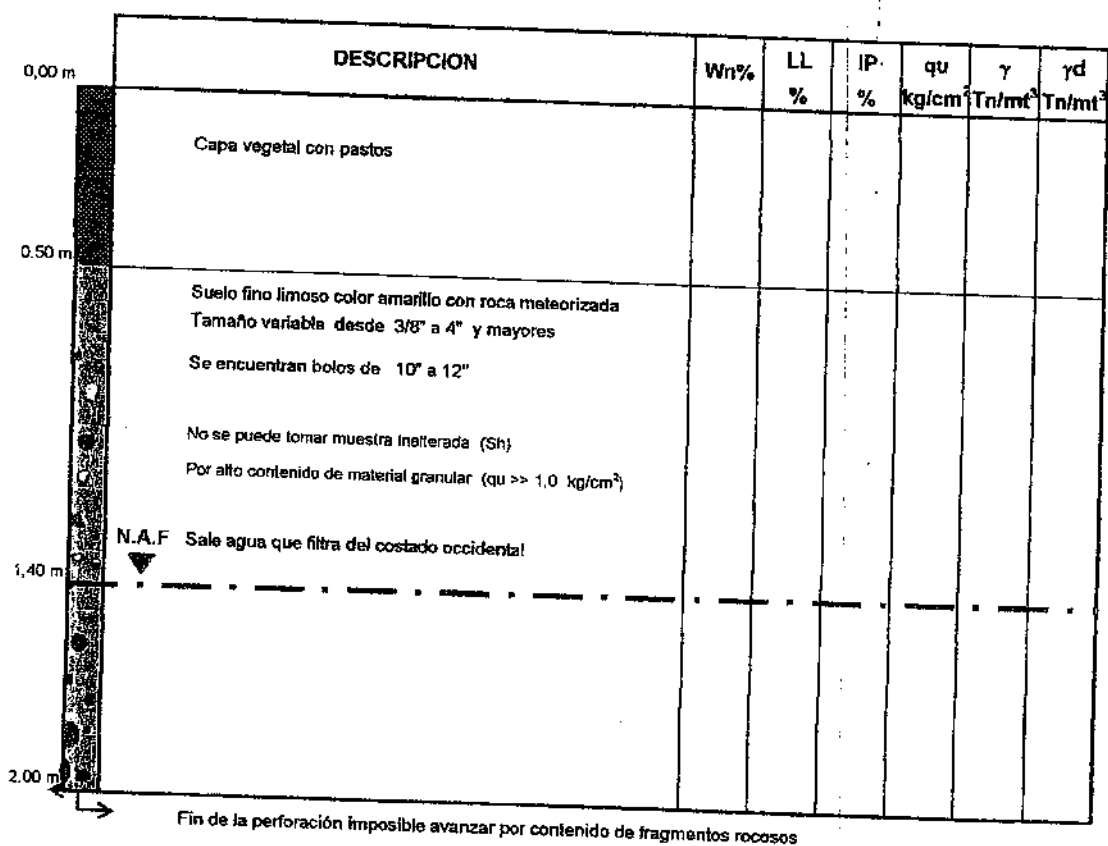
135
152

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

SANTANDER DE QUILICHAO
PROYECTO COMFACAUCA
"LA SAMARIA"

01 / 29 / 2011

AP - S # 1



132
153

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

01 / 29 / 2011

SANTANDER DE QUILICHAO
PROYECTO COMFACAUCA
" LA SAMARIA "

AP - S # 2

	DESCRIPCION	Wn%	LL %	IP %	qu kg/cm ²	γ Tn/mt ³	γd Tn/mt ³
0,00 m	Capa vegetal con pastos						
0,50 m	Suelo fino limoso color amarillo con roca meteorizada Tamaño desde 3/8" a 3" en menor cantidad que en el AP-S #1						
1,00 m	Sh # 1 Suelo fino limoso color amarillo Consistencia alta	34,5			2,56	1,94	1,44
1,40 m	N.A.F						
1,50 m							
2,20 m	Fin de la perforación por contenido de roca meteorizada y bolos						