

Armenia, Noviembre del 2009.

Señores:

**MUNICIPIO DE ALCALA**  
Alcalá, Valle del Cauca.

En referencia a: Carta de Responsabilidad al Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación Proyecto "PROYECTO VIVIENDA LA Balsa III". Alcalá - Valle del Cauca. IDP-JJP 1109-301

Respetados señores:

Atendiendo a su solicitud para la realización de un Estudio Geotécnico preliminar y Recomendaciones de Cimentación para el proyecto denominado PROYECTO DE VIVIENDA LA Balsa III, a ubicarse al norte de la Zona Urbana del Municipio de Alcalá, Departamento del Vale del Cauca; nos permitimos hacer entrega del Informe Final.

En el Informe se presenta una descripción de los trabajos de campo, el análisis geotécnico correspondiente y las recomendaciones de cimentación para la estructura a edificar. Además, se incluye en este informe la localización de los sondeos, registros de perforación, el resumen de los resultados de laboratorio y las memorias de cálculo correspondientes.

Las Actividades de Exploración, Muestreo y Laboratorio necesarias para la realización del presente estudio están reguladas por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente [NSR - 98] (Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998, Decreto 34 de 1999, Decreto 2809 del 2000), en el Título H, de "Estudios Geotécnicos"; así como de Normas asociadas a la misma como NTC por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales ASTM, a las cuales se hace referencia en el Capítulo H.2 de la NSR - 98.

Aunque se han tenido en cuenta todos los requerimientos que para el sitio establecen el Plan de Ordenamiento Territorial, Planes de Manejo Ambiental, el Estudio de Microzonificación Sísmica para el municipio; dichas recomendaciones podrían estar sujetas a cambios sugeridos por la Interventoría Técnica de los Diseños; previo acuerdo de las partes tras una discusión técnica.

Esta oficina y Conforme a lo establecido por la Ley 400 de 1997, Artículo 28 "Experiencia del Ingeniero Geotecnista" [Título IV - Capítulo II: Profesionales Diseñadores], asumo la responsabilidad del Presente Estudio Geotécnico, conforme a lo establecido por la NSR - 98 [Ley 400 de 1997, Título III, Capítulo I, Artículo 5: Responsabilidad de los Diseños]. En cualquier caso, NO Asumo responsabilidad civil ni penal alguna, dado el caso en que las obras a que se hace referencia en el presente estudio no se ejecuten conforme a lo estipulado por el mismo.

Sin otro particular, nos suscribimos de usted.

Cordialmente,

**JUAN JOSÉ PIEDRAHÍTA R.**  
Ic. - M.Sc Geotecnia.  
Mat. 25202 - 57736 CND

<b>JUAN JOSE PIEDRAHITA R</b> I.c.M.Sc Geotecnia	<b>PROYECTO DE VIVIENDA LA Balsa III-Alcalá</b>	IDP-JJP1109-301	Reviso: J.J.P.R.	Página 1 de 11
---	---	-----------------	---------------------	-------------------

# ESTUDIO GEOTECNICO PRELIMINAR PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES

## PROYECTO DE VIVIENDA LA Balsa III

MUNICIPIO DE ALCALA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

### TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES	3
1.1.	Preliminares	3
1.2.	Generalidades y Definición del Proyecto	3
1.3.	Información de referencia	3
2.	PLAN EXPLORATORIO	4
2.1.	Detalle de Actividades [Método]	4
2.2.	Perforaciones y Ensayos en Sitio	4
2.3.	Ensayos de Laboratorio	4
3.	PERFIL DE SUELOS	5
3.1.	Estratigrafía	5
3.2.	Nivel Freático	5
4.	DISEÑO GEOTÉCNICO CIMENTACIONES	5
4.1.	Consideraciones Generales de Diseño de Cimentaciones	5
4.2.	Diseño de Cimentaciones	6
4.3.	Placa de Contrapiso	6
5.	CLASIFICACION SISMICA DEL SUELO	7
6.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	7
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8
8.	ANEXOS	11

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. PRELIMINARES

El municipio de Alcalá, nos ha encargado la elaboración del Estudio Geotécnico preliminar para el diseño de las obras correspondientes al proyecto denominado URB. LA Balsa III. Este capítulo incluye la determinación de los parámetros para el diseño de las cimentaciones de las diferentes construcciones.

Con el propósito de compilar los estudios técnicos correspondientes, y cumpliendo con los requerimientos para la ejecución de la obra en mención, se contrataron los servicios de esta compañía en lo referente al estudio de suelos preliminar, cuyos resultados se presentan en este informe.

Basados en los resultados del plan exploratorio y los requerimientos de las diferentes construcciones, se incluyen en este informe los parámetros geomecánicos del suelo, las recomendaciones de cimentación, evaluadas desde el punto de vista técnico, constructivo y económico, para el posterior desarrollo de la obra.

### 1.2. GENERALIDADES Y DEFINICIÓN DEL PROYECTO

El lote hace parte del área urbana del municipio de Alcalá. Tiene un área total de 7.30Ha aproximadamente, de los cuales son urbanizables 3.0Ha. La topografía del lote puede catalogarse como entre ondulada y plana, con una diferencia de nivel máxima de 12m. En el momento no se le esta dando uso alguno al predio. Se encuentra delimitado por el Sur por la Urb. La Balsa etapa II y al Este, Oeste y Norte por zonas de cultivos.

El proyecto contempla la construcción de 158 viviendas unifamiliares, parqueaderos, área de servicios, vías internas peatonales, etc. Las construcciones tendrán una altura máxima de 2 pisos.

### 1.3. INFORMACIÓN DE REFERENCIA

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

- Planos Topográficos (planimetría y altimetría).
- Diseño Arquitectónico.
- Planta de Urbanismo.
- ZONIFICACION DE AMENAZAS GEOLOGICAS PARA LOS MUNICIPIOS DEL EJE CAFETERO AFECTADOS POR EL SISMO DEL 25 DE ENERO DE 1999. Ingeominas. Diciembre de 1999.
- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes NSR-98. Ley 400 de 1997; Decreto 33 de 1998; Decreto 34 de 1999. AIS. 1999
- Normas Técnicas Colombianas Contenidas en las NSR - 98. ICONTEC 1998.

JUAN JOSE PIEDRAHITA R  
I.c.M.Sc Geotecnia

PROYECTO DE VIVIENDA  
LA Balsa III-Alcalá

IDP-JJP1109-301

Reviso:  
J.J.P.R.

Página  
3 de 11

2. PLAN EXPLORATORIO

2.1. *Detalle de Actividades [Método]*

Con el propósito de lograr un acercamiento a una adecuada caracterización geomecánica del suelo que conforma la zona en estudio, como punto de partida para la elaboración del presente estudio preliminar; a grandes rasgos se han realizado las siguientes actividades.

- Reconocimiento del Lugar.
- Definición del Número, Profundidad y Localización de los Sondeos de Exploración.
- Exploración del Subsuelo con Equipo Manual, Determinación de Posibles Niveles de Aguas Subterráneas, Muestreo y Ensayos "In Situ".
- Realización de Ensayos de Laboratorio sobre "Muestras Remoldadas" obtenidas mediante el tubo de "Cuchara Partida", inalteradas con muestreador tipo tubo de pared delgada Shelby.
- Definición del Perfil Estratigráfico del Subsuelo y Caracterización de los Parámetros Geomecánicos.
- Análisis Geotécnico a fin determinar las recomendaciones geotécnicas para la elaboración del proyecto, la zonificación del área de acuerdo con sus características y amenazas geotécnicas, diseño geotécnico.

2.2. PERFORACIONES Y ENSAYOS EN SITIO

Con el objeto de conocer las características físicas y los espesores de los diferentes estratos que conforman el perfil del subsuelo y obtener muestras de cada una de ellas, se llevaron a cabo 10 sondeos. Todos repartidos de tal manera que se diera cobertura total al área del proyecto y específicamente en los sitios de interés. Los sondeos se encuentran distribuidos a lo largo del área del proyecto tal como se muestra en la planta de localización general de sondeos en el Anexo 1.

Las perforaciones se realizaron empleando el método de percusión con un equipo manual (*barreno de mano*). Simultáneamente se llevó a cabo el ensayo de penetración estándar para establecer un índice complementario de la firmeza del subsuelo.

En los Anexos se presentan los registros de perforación de las perforaciones realizadas, que incluyen información sobre la estratigrafía, el nivel freático y la resistencia del perfil de suelos.

2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre muestras remoldeadas obtenidas mediante el tubo de "cuchara partida", se realizaron ensayos de laboratorio, definidas como Normas NTC por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, de la Sociedad americana para ensayos y Materiales ASTM, a las cuales se hace referencia en el Capítulo H.2 de la NSR - 98, que incluyen:

- NTC 1493 [ASTM D 4318]: Ensayo Para Determinar los

<b>JUAN JOSE PIEDRAHITA R</b> I.c.M.Sc Geotecnia	<b>PROYECTO DE VIVIENDA</b> <b>LA Balsa III-Alcalá</b>	IDP-JJP1109-301	Reviso: J.J.P.R.	Página 4 de 11
---	---	-----------------	---------------------	-------------------

- Límites Líquido y Plástico y el Índice de Plasticidad del Suelo
- NTC 1495 [ASTM D 2216]: Ensayo Para Determinar el Contenido de Humedad Natural
- [ASTM D 421-58 y D422-63]: Ensayo Para Determinar la Clasificación Granulométrica del Suelo (pasa tamiz 40 y 200).
- NTC 1527 [ASTM D 2166]: Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada
- NTC 1528 y/o 1568 [ASTM D 2167 y/o D 1556]: Ensayo Para Determinar los Pesos Volumétricos del Suelo en Estudio

En los Anexos se incluyen el resumen de los ensayos de laboratorio efectuados.

### 3. PERFIL DE SUELOS

#### 3.1. ESTRATIGRAFÍA

A partir de los registros de perforación y la interpretación de los resultados de laboratorio, se ha logrado tipificar el perfil de suelo hasta la profundidad explorada como ARENAS LIMOSAS y/o ARCILLOSAS con índices de plasticidad medianamente altos intercaladas con LIMOS INORGÁNICOS, SUELOS FINOS ARENOSOS O LIMOSOS CON DIFERENTES GRADOS DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD, procedentes de la meteorización de cenizas volcánicas y suelos residuales que de acuerdo a sus propiedades (granulometría, plasticidad) puede variar - Suelos residuales y Saprophyto (Qsr). Sobre este descansa un estrato de material heterogéneo y antropico compuesto principalmente por limo vegetal y en otros casos material natural alterado producto de excavaciones de terrenos aledaños, escombros, basura, etc. En general estos últimos son materiales de baja competencia y espesores hasta de 0.90m en algunos casos.

#### 3.2. NIVEL FREÁTICO

Como característica general del proyecto durante la etapa de exploración no se detecto presencia del nivel freático hasta la profundidad alcanzada.

La estratificación del sector permite que el agua subterránea se encuentre confinada entre los estratos de suelos impermeables, a presiones de poros mayores que la atmosférica, formando acuíferos artesianos. Por lo tanto, la temporada invierno-verano ejerce una influencia directa en los niveles freáticos y piezométricos del área del proyecto.

### 4. DISEÑO GEOTÉCNICO CIMENTACIONES

#### 4.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO DE CIMENTACIONES

Para el diseño de las estructuras de cimentación se debe tener en cuenta que: El control de las cargas frente a la capacidad portante del suelos y el nivel de cimentación; además que los asentamientos

<b>JUAN JOSE PIEDRAHITA R</b> I.c.M.Sc Geotecnia	<b>PROYECTO DE VIVIENDA</b> <b>LA BALSA III-Alcalá</b>	IDP-JJP1109-301	Reviso: J.J.P.R.	Página 5 de 11
---	---	-----------------	---------------------	-------------------

máximos admisibles para que no se cause daño en la estructura. Para ello, la cimentación de las estructuras propuestas debe satisfacer tres criterios básicos e independientes.

- ✓ *Primero*, la fatiga neta no debe ser mayor a la capacidad portante última del suelo reducida por un factor de seguridad apropiado.
- ✓ *Segundo*, los asentamientos debidos a la compresión del suelo de fundación durante la vida de las estructuras deben ser de una magnitud tal que no causen daños estructurales o deterioro de la apariencia de las mismas.
- ✓ *Tercero*, el potencial de expansión del suelo de fundación puede ser controlado de forma que los hinchamientos o movimientos verticales hacia arriba que presente la cimentación se mantenga bajo límites tolerables.

#### 4.2. DISEÑO DE CIMENTACIONES

Inicialmente se hace un análisis de la Capacidad Portante del Estrato de Cimentación y posteriormente un Dimensionamiento del Sistema de Cimentación Propuesto.

Considerando la magnitud de las cargas a transmitir al nivel de cimentación, las características de resistencia y compresibilidad del perfil de subsuelo encontrado y profundidad de cimentación y tipo de edificación, a continuación se presenta la alternativa de cimentación recomendada para cada caso en particular, incluyendo los parámetros para el diseño correspondiente.

Teniendo en cuenta que el sistema estructural a emplear son pórticos convencionales en concreto reforzado, la solución de cimentación propuesta, consiste en apoyar las columnas de la estructura por medio de zapatas aisladas o corridas en concreto reforzado, unidas entre sí mediante vigas de amarre apoyadas sobre un colchón de material granular.

El estrato de cimentación se encuentra a profundidades máximas de 1.0m para el sector donde se desarrollaran las edificaciones.

Para efectos de dimensionamiento y diseño de la cimentación para las diferentes estructuras, el valor de capacidad admisible será de 10.28ton/m<sup>2</sup> para cimientos aislados y de 8.94ton/m<sup>2</sup> para cimientos corridos, ambos involucrando un factor de seguridad de 3.0. (MEYERHOF). Se recomienda apoyar las zapatas sobre un colchón de material granular con un espesor mínimo de 0.10m. Como nivel de cimentación mínimo se recomienda 0.80m. Se debe tener en claro que la cimentación debe quedar apoyada sobre terreno natural o en su defecto realizar una sustitución hasta alcanzar dicho nivel.

#### 4.3. PLACA DE CONTRAPISO

Para todos los casos, se recomienda como complemento a la estructura de cimentación de la placa de contrapiso un colchón de material granular con un espesor mínimo de 0.10 m. Dicho colchón deberá ser compactado garantizando por lo menos una densidad mínima de 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado. Para su verificación, se recomienda realizar un ensayo de densidad de campo para cada 100 m<sup>2</sup> de cada una de las capas compactadas.

El Diseño de la placa se dará a criterio del Ingeniero Estructural; sin embargo, se recomienda que ésta cuente con juntas de dilatación y constructivas para conformar recuadros máximos de 16 m<sup>2</sup>.

<b>JUAN JOSE PIEDRAHITA R</b> I.c.M.Sc Geotecnia	<b>PROYECTO DE VIVIENDA</b> <b>LA BALSA III-Alcalá</b>	IDP-JJP1109-301	Reviso: J.J.P.R.	Pagina 6 de 11
---	---	-----------------	---------------------	-------------------

### 5. CLASIFICACION SISMICA DEL SUELO

De acuerdo con los efectos locales descritos en el NSR-98 Normas Colombianas de diseño y construcción sismo Resistente, Ley 1400 de 1997 y decreto 33 de 1998, y al mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica alta; el tipo de perfil de suelo se clasifica como:

- ↳ Perfil de suelo S4
- ↳ "S" Coeficiente de sitio S=2.0
- ↳ Aa : 0.25

El tipo de perfil sobre el que se desarrolla el proyecto es " E ", de acuerdo a las características que se detallan a continuación:

- S<sub>v</sub>: < 0.50Kg/cm<sup>2</sup>
- N<sub>prom</sub>(golpes/pie): <15.
- Velocidad de onda cortante V<sub>s</sub> :< 180m/s.

Conforme a lo expuesto en lo anterior y a criterio del Diseñador Estructural, las Edificaciones podrán diseñarse y construirse, de manera análoga a lo estipulado por la NSR - 98 [A.2.6 & Apéndice H-1]. Sus coeficientes espectrales relacionados en la siguiente Tabla.

Aa	0,25
Fa	1,45
Fv	3,00

Tabla Coeficientes Espectrales de Diseño

### 6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las recomendaciones contenidas en el presente informe se basan en los datos obtenidos del plan exploratorio realizado, y en la información suministrada por la empresa contratante y están sujetas a cambios de acuerdo a los resultados que arroje el estudio de microzonificación sísmica del municipio y las disposiciones específicas que para este tipo de proyectos estime el Plan de Ordenamiento Territorial.

Si durante la construcción se presentan situaciones o condiciones no previstas en este informe, deberá darse aviso oportuno a esta oficina para estudiar la solución más adecuada. Todo esto sin olvidar que el presente estudio es de carácter preliminar.

**7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se puede concluir que el lote propuesto es técnicamente viable desde el punto de vista de su geotecnia para el desarrollo del proyecto de vivienda URBANIZACION LA Balsa III.

Si por alguna circunstancia de tipo urbanístico, algunas de las viviendas quedan localizadas sobre LLENOS, se debe garantizar que estos tengan por lo menos la capacidad portante de diseño del proyecto, además deben estar dotados de un sistema de confinamiento y/o contención que nos garantice su estabilidad (interna y general) y su capacidad de soporte ( $q_{adm}$  diseño).

Una vez alcanzado el nivel de cimentación, este deberá ser compactado o cilindrado, esto con el fin de minimizar deformaciones inmediatas y para detectar fallos.

El material producto de las excavaciones deberá ser dispuesto de manera tal que:

- No se generen concentraciones de esfuerzos en las paredes de las excavaciones o laderas aledañas por sobrecargas. Este se debe acumular guardando cierta distancia del borde de la excavación o taludes aledaños y en forma lineal.
- Se debe proteger de las aguas lluvias, de manera tal que en el momento de realizar rellenos, este no se encuentre saturado y no permita una compactación óptima.
- Debe ser dispuesto en zonas estables y en sitios tales que no amenacen o perturben el bienestar y a integridad de las personas y edificaciones vecinas.
- No se contamine con materiales no aptos para el LLENADO de las excavaciones (material vegetal, basuras, etc.).

En los procesos de excavación donde se noten desprendimientos en las paredes, se recomienda seguir los siguientes aspectos:

- Entibado de Madera.
- Conformar el talud en una disposición 1H:2V a partir de la profundidad donde se presenten los desprendimientos, esta profundidad varía dependiendo de las condiciones encontradas durante la construcción.

En el caso que se necesiten realizar rellenos, se deberá utilizar como material de relleno, el material granular arenoso a utilizar como apoyo de las diferentes cimentaciones. Dicho material deberá tener las mismas características de composición y compactación.

Si durante la etapa de excavación se encuentran sitios de fallos (hundimientos o bolsas de material blando u orgánico), se removerá el material alterado y húmedo. La zona se estabilizará con rajon grueso o piedra media zonja. También se podrá estabilizar el sitio con geotextil del tipo no tejido tipo PAVCO 1400 o similar.

No se deberán dejar las excavaciones abiertas más del tiempo necesario, esto con el objeto de evitar derrumbes que desestabilicen las paredes de la excavación, principalmente en épocas o periodo de lluvias.

Se recomienda construir un andén perimetral a las diferentes construcciones de por lo menos 1.0m de ancho, con pendiente hacia el exterior, como mecanismo para el manejo de aguas lluvias y control de

<b>JUAN JOSE PIEDRAHITA R</b> I.c.M.Sc Geotecnia	<b>PROYECTO DE VIVIENDA</b> <b>LA Balsa III-Alcalá</b>	IDP-JJP1109-301	Reviso: J.J.P.R.	Página 8 de 11
---	---	-----------------	---------------------	-------------------

humedad del suelo en los alrededores y bajo la cimentación. El andén deberá estar apoyado sobre un colchón de material granular de las mismas características del mencionado para la placa de contrapiso.

El sistema de patios deberá complementarse con un sistema de cunetas y drenajes que impidan el apozamiento de agua en el sector. El agua lluvia que escurre de las cubiertas deberá captarse y conducirse al sistema general de drenaje, evitando que se infiltren aguas a las estructuras inferiores que componen el pavimento y las cimentaciones de las construcciones vecinas.

Para aquellos sitios donde se detecten aguas subterráneas durante la excavación, se recomienda construir filtros longitudinales (drenaje sub-superficial), el cual deberá estar conectado al sistema general de desagüe.

Es recomendable dar aviso a esta oficina una vez se hallan realizado los movimientos de tierra para el inicio de las obras, esto con el fin de realizar una inspección y ver la conformación definitiva del terreno y si es del caso emitir recomendaciones en cuanto a la conformación de rellenos y al manejo de taludes de corte y terraplén.

Para los sistemas de cimentación planteados, teniendo en cuenta la magnitud de las cargas transmitidas al terreno, se estiman asentamientos teóricos totales máximos como se presentan a continuación.

**NIVEL DE CIMENTACION, ASENTAMIENTOS TOTALES (s),  
Y MODULOS DE REACCION DEL SUELO (K)**

Tipo de Estructura	S (cm)	K(ton/m <sup>3</sup> )
Edificaciones 1-2Pisos	2.00	405.0

Así para el caso de las laderas que circundan el proyecto, se propone implementar una serie de Acciones Correctivas y/o preventivas adicionales.  
Se requiere de la combinación de varios procesos constructivos que obligan que se resumen como sigue:

- Manejo Integral de Aguas Superficiales y Sub-superficiales.
- Revegetalización del Talud

A continuación se trata a detalle cada una de las recomendaciones técnicas con el fin de garantizar un comportamiento adecuado del talud.

- **Geometría:** Se recomienda perfilar las zonas laterales a la ladera inestable con pendientes máximas de 1H:4V, pero buscando superficies homogéneas, sin sobresaltos ni canales superficiales. Lo que se busca es compensar la baja capacidad geomecánica del material, situación que redundará en un incremento sobre los Factores de Seguridad ya que el sistema tiende a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que provocan en fenómeno de remoción en masa.
- **Terraplenes y Llenos:** Antes de realizar los rellenos, se deben disponer cajas o terrazas sobre el terreno natural, de manera que el material cortado quede dispuesto sobre zonas estables. Conformar el terraplén con un material apto para tal fin y teniendo especial cuidado con las

humedades de compactación y plasticidad del material. Se recomienda compactar por capas de 0.15m de espesor.

- **Vegetación y Bioingeniería:** Esta es una técnica bastante aceptada actualmente para mejoramiento de la estabilidad de un talud, puesto que con ella se obtienen ventajas, como las siguientes:
  - Intercepción del agua lluvia.
  - Extracción de la humedad del suelo.
  - Aumento de la resistencia al cortante
  - Anclaje del suelo superficial con los estratos profundos.
  - Aumento del peso sobre el talud.
  - Disminución de la susceptibilidad a la erosión.

La influencia de la vegetación sobre la resistencia al corte del suelo, no tiene una base teórica plenamente sustentada que permita incluirla dentro de los análisis de estabilidad como alguna variación en el valor de los parámetros de resistencia del suelo, o en el factor de seguridad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las raíces de los árboles pueden servir como anclaje de las capas superficiales con los estratos duros, dependiendo de algunos factores como la profundidad de la raíz y la localización de los estratos débiles y fuertes.

Es recomendable que cualquier decisión que se deba tomar respecto a tipo de vegetación y la disposición de la misma sobre el talud, debe estar sujeta al criterio de un profesional encargado (p.e. ingeniero forestal o agrónomo), para que determine soluciones que involucren el efecto de la vegetación en los problemas de estabilidad de taludes, basado en la experiencia adquirida en este tipo de situaciones y en la literatura existente; puesto que la elección de una especie vegetal errónea dada las características del talud puede generar efectos contraproducente como grietas por desecación o transmisión al suelo de la fuerza del viento

Para los casos específicos de los taludes expuestos, se sugiere emprender un programa de Bioingeniería o Revegetalización con especies no muy altas y de gran forraje, tales como los casos de:

- *Los Pastos:* "Themeda", "Brachiaria", "Maní Forrajero", etc... Con la Ventaja de ser Versátiles y económicos, variedades a escoger con diferentes tolerancias. Facilidad de alcanzar una Buena Densidad de Cobertura y muy buen impacto visual. Pero con la desventaja de que sus raíces son poco profundas y se requiere de un mantenimiento permanente
- *Juncos:* Con la ventaja de que crecen rápidamente y son fáciles de establecer en las riberas. Pero con el inconveniente de ser difíciles de obtener y de plantar.
- *Hierbas:* Presentan la ventaja de tener unas raíces profundas; pero algunas veces son difíciles de establecer y no se consiguen raíces con facilidad.

Sin embargo se recomienda que la ladera se vegetalice con especies nativas de medio a bajo porte, en lo posible sembríos de carácter permanente, con un sistema radicular profundo.

- **Tratamiento con trinchos:** Conforman barreras transversales a las líneas de máxima pendiente, construídas en madera y soportando un relleno apisonado. Los trinchos en madera están compuestos por elementos horizontales que pueden ser de guadua o madera rolliza, los cuales

JUAN JOSE PIEDRAHITA R I.c.M.Sc Geotecnia	PROYECTO DE VIVIENDA LA BALSA III-Alcalá	IDP-JJP1109-301	Reviso: J.J.P.R.	Página 10 de 11
--	---	-----------------	---------------------	--------------------

son soportados por elementos verticales con diámetros iguales a los horizontales previamente hincados al terreno, como mínimo a 80cm de profundidad y con una altura de 60cm por encima del nivel del terreno separados entre sí, siguiendo las curvas de nivel, 1.0m. Estos elementos se recomiendan para la facilitar la conformación de los terraplenes.

## 8. ANEXOS

Como complemento a este informe, se incluyen los siguientes anexos:

- Anexo 1 : Localización de General y de Sondeos
- Anexo 2 : Registros de Perforación
- Anexo 3 : Resumen de Ensayos de Laboratorio
- Anexo 4 : Memorias de Cálculo

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION Balsa III ETAPA  
 Localización: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE  
 Compañía: MUNICIPIO DE ALCALA  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009  
 Sondeo No: S - 1  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

Realizo: SALOMON CASTRO  
 Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Orden de ensayo:  
 Nivel Freático:

PROF. (m)	MUESTRA					Humedad (%)					Golpes/pie					PERFIL	DESCRIPCION
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes			50	60	70	80	90	2	4	6	8			
0.00																0,00 - 1,00 m. LIMO CAFÉ OLIVO.	
1.00																	
2.00	M - 1 SS	1,50 - 2,00	2/6"	1/6"	2/6"											1,00 - 2,00 m. LIMO ARENOSO OLIVO GRIS CLARO.	
3.00																	
4.00	M - 2 SS	3,50 - 4,00	2/6"	1/6"	4/6"											2,00 - 5,50 m. LIMO ARENOSO OLIVO GRIS CLARO VETA DE MICA.	
5.00																	
6.00	M - 3 SS	5,50 - 6,00	2/6"	3/6"	4/6"											5,50 - 6,00 m. ARENA ARCILLOSA CAFÉ AMARILLOSO.	
																FIN DEL SONDEO 6,00 METROS	
7.00																	
8.00																	
9.00																	
10.00																	

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION Balsa III ETAPA  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE  
 Compañía: MUNICIPIO DE ALCALA  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009  
 Sondeo No: S - 2  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

Realizo: SALOMON CASTRO  
 Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Orden de ensayo:  
 Nivel Freático:

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	50	60	70	80	90	2	4	6	8		
														0,00 - 0,30 m. LIMO VEGETAL NEGRO.
														0,30 - 0,60 m. LIMO CAFÉ OLIVO.
														0,60 - 1,00 m. LIMO OLIVO GRIS AMARILLO CLARO.
1.00	M - 1 SS	1,00 - 1,50	1/6"	1/6"	2/6"									1,00 - 1,50 m. LIMO ARENOSO OLIVO GRIS.
														FIN DEL SONDEO 1,50 METROS
2.00														
3.00														
4.00														
5.00														
6.00														
7.00														
8.00														
9.00														
10.00														

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION BALSA III ETAPA      Realizo: SALOMON CASTRO  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)      Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE      Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Compañía: MUNICIPIO DE ALCALA      Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009      Orden de ensayo:  
 Sondeo No: S - 3      Nivel Freático:  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pe				PERFIL	DESCRIPCION	
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	50	60	70	80	90	2	4	6	8			
															0,00 - 0,60 m. LIMO VEGETAL NEGRO.
															0,60 - 1,00 m. LIMO CAFE AMARILLOSO CLARO.
1.00	M - 1 SS	1,00 - 1,50	1/6"	1/6"	2/6"					◆	●				1,00 - 1,50 m. LIMO ARENOSO OLIVO GRIS.
															<b>FIN DEL SONDEO 1,50 METROS</b>
2.00															
3.00															
4.00															
5.00															
6.00															
7.00															
8.00															
9.00															
10.00															

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION Balsa IIII ETAPA  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE  
 Compañia: MUNICIPIO DE ALCALA  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009  
 Sondeo No: S - 4  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

Realizo: SALOMON CASTRO  
 Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Orden de ensayo:  
 Nivel Freático:

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION	
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	50	60	70	80	90	2	4	6	8			
															0,00 - 0,50 m. LIMO VEGETAL NEGRO.
1.00	M - 1 SS	1,00 - 1,50	1/6" 2/6" 2/6"												0,50 - 1,50 m. LIMO OLIVO GRIS.
															FIN DEL SONDEO 1,50 METROS
2.00															
3.00															
4.00															
5.00															
6.00															
7.00															
8.00															
9.00															
10.00															

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION Balsa III ETAPA  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE  
 Compañía: MUNICIPIO DE ALCALA  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009  
 Sondeo No: S - 5  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

Realizo: SALOMON CASTRO  
 Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Orden de ensayo:  
 Nivel Freático:

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	50	60	70	80	90	2	4	6	8		
1.00	M -1 SS	1,00 - 1,50	1/6" 2/6" 2/6"											0,00 - 1,50 m. LIMO ARENOSO OLIVO GRIS CLARO.
														FIN DEL SONDEO 1,50 METROS
2.00														
3.00														
4.00														
5.00														
6.00														
7.00														
8.00														
9.00														
10.00														

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION BALSA III ETAPA  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE  
 Compañia: MUNICIPIO DE ALCALA  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009  
 Sondeo No: S - 6  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

Realizo: SALOMON CASTRO  
 Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Orden de ensayo:  
 Nivel Freático:

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION	
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	50	60	70	80	90	2	4	6	8			
															0,00 - 0,90 m. LLENO VEGETAL CONTAMINADO.
1.00	M - 1 SS	1,00 - 1,50	2/6"	2/6"	2/6"					◆	●				0,90 - 1,50 m. LIMO CAFÉ AMARILLOSO.
															FIN DEL SONDEO 1,50 METROS
2.00															
3.00															
4.00															
5.00															
6.00															
7.00															
8.00															
9.00															
10.00															

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

**REGISTRO DE PERFORACION**

Obra:	URBANIZACION Balsa III ETAPA	Realizo:	SALOMON CASTRO
Localizacion:	VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)	Fecha de informe:	NOVIEMBRE DE 2009
Solicito:	Ing. HERNAN ALZATE	Tipo de material:	ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS
Compañia:	MUNICIPIO DE ALCALA	Fuente material:	MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO
Fecha solicitud:	NOVIEMBRE DE 2009	Orden de ensayo:	
Sondeo No:	S - 7 VISUAL	Nivel Freático:	
Equipo:	PERFORACION MANUAL		

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)				Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION	
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	30	40	70	80	90	2	4	6			8
														0,00 - 0,50 m. LIMO VEGETAL NEGRO.
														0,50 - 0,70 m. LIMO CAFÉ AMARILLOSO OLIVO VETAS DE MICA.
	M-1B	0,60 - 0,70												<b>FIN DEL SONDEO 0,70 METROS</b>
1.00														
2.00														
3.00														
4.00														
5.00														
6.00														
7.00														
8.00														
9.00														
10.00														

Observaciones:

- Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario
- SH = Tubo Shelby
- SS = Split-Spoon
- NX = Broca

**REGISTRO DE PERFORACION**

Obra: URBANIZACION Balsa III ETAPA  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE  
 Compañía: MUNICIPIO DE ALCALA  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009  
 Sondeo No: S - 8 VISUAL  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

Realizo: SALOMON CASTRO  
 Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Orden de ensayo:  
 Nivel Freático:

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION	
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	30	60	70	80	90	2	4	6	8			
															0,00 - 0,40 m. LIMO VEGETAL NEGRO.
															0,40 - 0,60 m. LIMO CAFÉ AMARILLOSO OLIVO VETAS DE MICA.
	M - 1B	0,50 - 0,60													<b>FIN DEL SONDEO 0,60 METROS</b>
1.00															
2.00															
3.00															
4.00															
5.00															
6.00															
7.00															
8.00															
9.00															
10.00															

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION BALSA III ETAPA      Realizo: SALOMON CASTRO  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)      Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE      Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Compañia: MUNICIPIO DE ALCALA      Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009      Orden de ensayo:  
 Sondeo No: S - 9 VISUAL      Nivel Freático:  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	50	60	70	80	90	2	4	6	8		
														0,00 - 0,50 m. LIMO VEGETAL NEGRO.
	M-18	0,60 - 0,70												0,50 - 0,70 m. LIMO CAFÉ AMARILLO OLIVO YETAS DE MUCA.
														FIN DEL SONDEO 0,70 METROS
1.00														
2.00														
3.00														
4.00														
5.00														
6.00														
7.00														
8.00														
9.00														
10.00														

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

REGISTRO DE PERFORACION

Obra: URBANIZACION Balsa III ETAPA      Realizo: SALOMON CASTRO  
 Localizacion: VIA ALCALA-MARAVELES. ALCALA (VALLE)      Fecha de informe: NOVIEMBRE DE 2009  
 Solicito: Ing. HERNAN ALZATE      Tipo de material: ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS  
 Compañía: MUNICIPIO DE ALCALA      Fuente material: MATERIAL DE EXPLORACION EN SITIO  
 Fecha solicitud: NOVIEMBRE DE 2009      Orden de ensayo:  
 Sondeo No: S - 10 VISUAL      Nivel Freático:  
 Equipo: PERFORACION MANUAL

PROF. (m)	MUESTRA			Humedad (%)					Golpes/pie				PERFIL	DESCRIPCION
	No. y Clase	Profund. (m)	Golpes	30	40	70	80	90	2	4	6	8		
														0,00 - 0,60 m. LIMO VEGETAL NEGRO.
	M-1B	0,70 - 0,80												0,60 - 0,80 m. LIMO CAFÉ AMARILLOSO OLIVO VETAS DE MICA.
														<b>FIN DEL SONDEO 0,80 METROS</b>
1.00														
2.00														
3.00														
4.00														
5.00														
6.00														
7.00														
8.00														
9.00														
10.00														

Observaciones: 1. Nivel freático medido al finalizar la perforación excepto donde se indique lo contrario  
 2. SH = Tubo Shelby  
 3. SS = Split-Spoon  
 4. NX = Broca

**RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO**

PROYECTO: URBANIZACION LA BALSA III ETAPA ALCALA - VALLE

FECHA: NOVIEMBRE DE 2009

SONDEO No.	MUESTRA		HUMEDAD Y LÍMITES					CLASIFICACION			CONSOLIDACION			RESISTENCIA				TABLA		PESO T <sub>d</sub> (gm/cm <sup>3</sup> )	PESO Y <sub>hum</sub> (gm/cm <sup>3</sup> )			
	No.	TIPO	PROF. (m)	w [%]	wL [%]	wP [%]	IP [%]	IG	AASHTO	U.S.C.	wC	Cc	e o	Po' (kg/cm <sup>2</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qu SPT (kg/cm <sup>2</sup> )	cu-qui/2 (kg/cm <sup>2</sup> )	% PASA T # 4	% PASA T # 10			% PASA T # 40	% PASA T # 200	PERFILES
1	1	SS	1,50 - 2,00	48,90												0,38	0,19					LIMO ARENOSO	1,235	1,839
	2	SS	3,50 - 4,00	76,60											0,70	0,63	0,31					LIMO ARENOSO	0,972	1,717
	3	SS	5,20 - 5,70	64,60	73,07	58,53	14,54	5	A-7-6	SC		0,294			0,75	0,88	0,38	100,00	98,60	91,20	46,10	ARENA ARCILLOSA	1,111	1,828
2	1	SS	1,00 - 1,50	74,03	74,25	57,24	17,01	12	A-7-6	ML		0,295			0,50	0,38	0,19	100,00	100,00	95,10	59,50	LIMO ARENOSO	1,010	1,758
3	1	SS	1,00 - 1,50	81,00										0,65	0,38	0,19						LIMO ARENOSO	0,802	1,451
4	1	SS	1,00 - 1,50	69,42										0,71	0,50	0,25						LIMO ARENOSO	0,996	1,688
5	1	SS	1,00 - 1,50	66,80										0,50	0,50	0,25						LIMO ARENOSO	1,178	1,965
6	1	SS	1,00 - 1,50	87,40										0,75	0,50	0,25						LIMO ARENOSO	0,894	1,676
7	1	SS	0,60 - 0,70	79,50																		LIMO ARENO-ARCILLOSO		
8	1	SS	0,50 - 0,60	83,40																		LIMO ARENOSO		
9	1	SS	0,60 - 0,70	77,40																		LIMO ARENOSO		
10	1	SS	0,70 - 0,80	75,30	96,90	72,10	24,80	13	A-7-6	MH				100,00	100,00	94,20	50,40	100,00	94,20	50,40	100,00	LIMO ARENO-ARCILLOSO	1,121	1,965