

Armenia, Mayo del 2012.

Ingeniero:

JOSE JORGE LOPEZ SALAZAR.

Secretaria de Planeación Municipal

Santa Rosa de Cabal, Risaralda

En referencia a: Carta de Responsabilidad al Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación Proyecto "PLAN DE VIVIENDA SECTOR LA FLORA". Santa Rosa de Cabal – Risaralda. IDP-JJP 0612-573

Respetados señores:

Atendiendo a su solicitud para la realización de un Estudio Geotécnico y Recomendaciones de Cimentación para el proyecto denominado PROYECTO PLAN DE VIVIENDA SECTOR LA FLORA, a ubicarse en la Zona Urbana del Municipio de Santa Rosa de Cabal, Departamento de Risaralda; 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 – 10] (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 – 10.

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 – 10 [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

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

PLAN DE VIVIENDA SECTOR
LA FLORA

IDP-JJP0612-573

Reviso:
J.J.P.R.

Página
1 de 23

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES
PLAN DE VIVIENDA SECTOR LA FLORA
MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL-DEPARTAMENTO DE RISARALDA

TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES	3
1.1.	Preliminares	3
1.2.	Generalidades y Definición del Proyecto	3
1.3.	Información de referencia	4
2.	PLAN EXPLORATORIO	4
2.1.	Detalle de Actividades [Método]	4
2.2.	Perforaciones y Ensayos en Sitio	4
2.3.	Ensayos de Laboratorio	5
3.	PERFIL DE SUELOS	5
3.1.	Contexto Geológico:	5
3.2.	Estratigrafía	7
3.3.	Nivel Freático	8
4.	DISEÑO GEOTÉCNICO CIMENTACIONES	8
4.1.	Consideraciones Generales de Diseño de Cimentaciones	8
4.2.	Diseño de Cimentaciones	9
4.3.	Validación de la cimentación - CIMENTACIÓN SUPERFICIAL	9
4.4.	Placa de Contrapiso	12
4.5.	Coefficientes de Presión Lateral del Suelo	12
5.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	12
5.1.	Criterio de Estabilidad	13
5.2.	Análisis de Estabilidad para la Situación actual del talud	15
5.3.	Análisis de Estabilidad para la construcción de edificaciones con cimentación superficial	16
6.	DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO	17
7.	CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO	17
7.1.	Coefficiente de aceleración horizontal Pico efectiva para diseño Aa	18
7.2.	Coefficientes de amplificación para periodos cortos e intermedios	18
7.3.	Espectro de aceleraciones	19
8.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	20
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
10.	ANEXOS	23

1. GENERALIDADES

1.1. PRELIMINARES

El Municipio de Santa Rosa de Cabal a través de su Secretaria de Planeación Municipal, nos ha encargado la elaboración del Estudio Geotécnico para el diseño de las obras correspondientes al proyecto denominado PLAN DE VIVIENDA SECTOR LA FLORA. 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, 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 correspondientes, 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 Santa Rosa de Cabal. El proyecto tiene un área en planta total de 8100m². La topografía del lote puede catalogarse como ondulada con diferencias de nivel máxima de 12m. En el momento se le está dando uso netamente agrícola al lote. Se encuentra delimitado por otros predios similares y por corredores de drenajes naturales. Las edificaciones proyectadas son de 2 niveles como altura máxima. Aunque al momento de la elaboración del presente documento no se tenía el diseño urbanístico del proyecto, se prevé también zonas para parqueaderos, zonas sociales y áreas comunes.

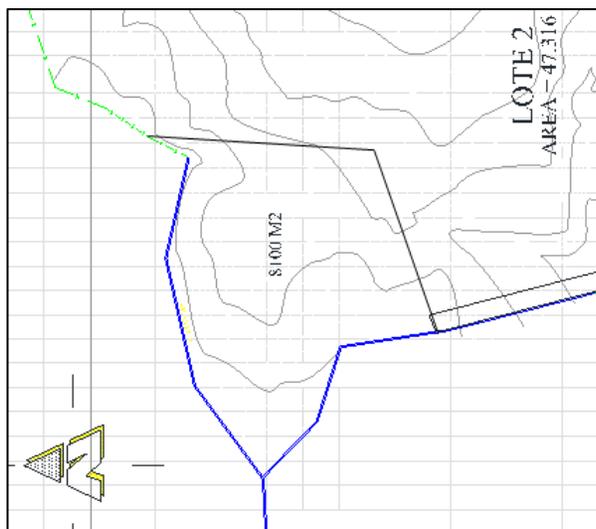


Figura 1. Localización general del proyecto

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 de relacionan algunos documentos que sirven de referencia para la realización del presente informe:

- Planos Topográficos (planimetría y altimetría).
- 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-10. Ley 400 de 1997; Decreto 33 de 1998; Decreto 34 de 1999. AIS. 1999
- Normas Técnicas Colombianas Contenidas en las NSR – 10. ICONTEC 1998.

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 – 10, que incluyen:

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

La geología de la zona, su tectonismo, la actividad volcánica y las condiciones climáticas, definen un paisaje con dinámica de procesos muy activa, que generan fenómenos catastróficos: sismos de variada intensidad, inundaciones repentinas y lentas, erosión superficial, movimientos de masa.

Para efectos de descripción de las unidades; se dividen en:

- Unidades no consolidadas
- Rocas Sedimentarias
- Rocas ígneas
- Rocas Metamórficas

Unidades no consolidadas

Se hace referencia a los depósitos recientes, no consolidados de diferente origen. En el área en mención se encuentran:

Depósitos Aluviales: Son producto de la depositación de los materiales transportados por las corrientes de aguas permanentes bajo su dinámica normal. Estos se ubican paralelos a las corrientes y desarrollan una morfología plana. En el área de estudio se localizan a lo largo de los principales ríos y quebradas. En el curso del Río San Eugenio.

Depósitos de abanicos aluviales: Resultantes de la acumulación de materiales, con forma de abanico o de segmento de cono, depositada por una corriente que se apoya en una zona de relieve de pendiente fuerte, terminando en otra más o menos llana. .

Depósitos de Travertino y Ópalo del Río San Ramón y Quebrada Termales: Son depósitos de Carbonato de calcio en forma de Travertino (también llamado toba calcárea) y Ópalo que han formado las fuentes termales. Exposiciones de este material se encuentran en las cascadas de la Quebrada Santa Helena y el Río San Ramón.

Depósitos de lluvias Piroclásticas: Bajo esta denominación se agrupan los materiales acumulados como resultado de la actividad volcánica explosiva y constituidos por cenizas y lapilli, afloramientos de esta unidad se localizan en la cabecera Municipal y en los cascos urbanos de los corregimientos de Guacas y El Lembo.

Depósitos de flujos de escombros volcánicos (lahares): Es el material acumulado como resultado de la actividad volcánica explosiva; compuesto por una mezcla de bloques de roca y material fino o matriz. Se identificaron cuatro tipos de estos depósitos a los cuales se nombraron como Qf1, Qf2, Qf3 y Qf4. Están ubicados en el área urbana, suburbana y rural del municipio.

Sobre estas dos últimas unidades se desarrolla el proyecto.

Rocas Sedimentarias

Formación Amagá. En la zona de estudio, esta unidad está constituida por conglomerados poligomícticos de color rojizo, areniscas verdes y arcillas varicoloreadas sin presencia de mantos de carbón, según la memorias del Mapa Geológico generalizado del Departamento de Risaralda su edad pertenece al Mioceno Inferior.

Complejo Quebrada Grande. Miembro Sedimentario. En el área de estudio, forma un cinturón de rocas meta-sedimentarias (chert, shales, grauvackas, conglomerados poligomícticos), orientadas NS, con fuertes buzamientos al este y en contacto fallado con el cinturón de gabros de Pereira- Santa Rosa, del que está separada por los depósitos de la Formación Amaga. Se observan al este del municipio; en la carretera Santa Rosa- Potreros, en la Quebrada Santa Bárbara, en el cauce de la corriente principal del Río Campoalegre y en la cuenca del Río San Eugenio.

Rocas Ígneas

Flujos de lava de los ríos San Eugenio y San Ramón: Las cuencas de los ríos San Eugenio y San Ramón en sus cabeceras están labradas sobre una espesa secuencia de coladas de lava provenientes, unas del Nevado Santa Isabel (INGEOMINAS, Mapa Geológico generalizado del Departamento de Risaralda, 1993) y otras del páramo de Santa Rosa. Exposiciones de estos materiales se localizan en la Quebrada EL Diablo, afluente del Río San Ramón, justo al frente del Hotel Termales de Santa Rosa, en el cauce de Río San Eugenio, a una altura de 1950 m.s.n.m en la carretera a las Palomas, cerca donde ésta termina, y en el Páramo de Santa Rosa.

Flujos de lava del Río Campoalegre: Se caracteriza por ser una secuencia de lavas compuestas de varias unidades de flujo que atraviesa por el sector sur del municipio, paralelas al cauce del Río Campoalegre; probablemente provenientes del Nevado de Santa Isabel. Este material se puede observar en los Valles del Río Campoalegre y Campoalegrito, en la carretera Chinchiná-Santa Rosa, antes de llegar al Jazmín, y en la antigua

carretera sobre la vía La María- Chinchiná. Estos materiales presentan una estructura columnar; desarrollando laderas verticales. Además han sido explotados como cantera en el sector de Las Peñas.

Dacita de Santa Rosa de Cabal: Es una roca ígnea hipoabisal (Son rocas que se solidificaron en el interior de grietas, a una cierta distancia del magma principal). Este nombre se usa para describir por primera vez, una pequeña apófisis emplazada dentro de los esquistos de Lisboa- Palestina. Se encuentra al NW de Santa Rosa.

Cinturón de Gabros de Pereira- Santa Rosa: Estas rocas se caracterizan por ser macizas de color oscuro en el Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Risaralda realizado por INGEOMINAS en 1993, se les denominó como rocas Máficas de Pereira- Santa Rosa de Cabal.

Formación Barroso: Es una secuencia de rocas volcánicas básicas; las cuales se caracterizan por tener un aspecto macizo. Esta unidad hace parte de un grupo de rocas denominado Cañas Gordas. Se observan al nor – occidente del municipio en la vía que conduce desde el casco urbano de Santa Rosa hasta el corregimiento del Español; en cercanías de este último.

Complejo Quebradagrande: Se identifican en el terreno porque son rocas de color verde a gris verdoso macizas. Esta secuencia volcánica aflora en las carreteras Santa Rosa- El Español y Vereda Miracampos- Río San Francisco. En algunos sectores del área de estudio; los dos últimos tipos de roca mencionados se han meteorizado dando origen a suelos que presentan problemas de estabilidad.

Rocas Metamórficas

Las rocas que a continuación se presentan se caracterizan por poseer una estructura laminar o bandeada.

Anfibolita de Chinchiná- Santa Rosa: Esta roca es maciza, microscópicamente posee una textura bandeada. Se encuentra emplazada con contactos fallados entre los gabros de Pereira y Santa Rosa al Este y los esquistos de Lisboa- Palestina al Oeste. Esta unidad se puede observar en la cuenca de la quebrada Manizales o "Los juncos", justo al Sur del sitio conocido como "Boquerón", y en la carretera que va desde del peaje Tarapacá hacia el Este.

Esquistos de Lisboa Palestina: Son rocas laminares de color oscuro, algunas veces poseen bandas de cuarzo. También llamado como Complejo Arquía, están constituidos por esquistos cuarzo grafiticos, esquistos sericíticos y filitas, con intercalaciones de rocas verdes diabásicas. Afloramientos de esta unidad se encuentran sobre la margen derecha del Río San Eugenio un kilómetro antes de desembocar al Río Campoalegre, en la carretera Santa- Rosa- La Repetidora y Santa Rosa - Pereira en el "Alto de Boquerón". En el último sitio mencionado, los esquistos han desarrollado un perfil de meteorización de más de 5 metros de espesor.¹

3.2. 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/ARCILLOSAS con índices de plasticidad medianamente altos intercaladas con ARCILLAS, 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, etc. En general estos últimos son materiales de baja competencia y espesores máximos de 0.50m.

¹ Tomado de Base ambiental con énfasis en riesgos. Municipio de Santa Rosa de Cabal. CARDER-FOREC. Diciembre 2000

Tal como se puede observar en el Anexo 2. Los Registros de Perforación de los sondeos realizados incluyen información sobre la estratigrafía, el nivel freático y la resistencia del perfil de suelos. En la Tabla 1, a continuación, se presenta una relación del número y profundidad de los sondeos realizados.

Número	Tipo	Profundidad Sondeo	Profundidad Lleno/Vegetal	Presencia de NAF
S1	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.50m	NO
S2	Barreno Manual [C. M.]	-6.00m	-0.50m	NO
S3	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.50m	NO
S4	Barreno Manual [C. M.]	-6.00m	-0.50m	NO
S5	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.50m	NO
S6	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.50m	NO
S7	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.40m	NO
S8	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.40m	NO
S9	Barreno Manual [C. M.]	-6.00m	-0.40m	NO
S10	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.30m	NO

Tabla 1 Relación del Número, Localización y Profundidad de Sondeos

3.3. NIVEL FREÁTICO

Como característica general del proyecto durante la etapa de exploración NO se detectó presencia del nivel freático hasta la profundidad explorada como característica general del lote. Ver Tabla 1.

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 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 presentan las alternativas de cimentación recomendadas, 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 para todas las estructuras será el descrito en el numeral 3.2.y que se encuentra a profundidades variables máximas de 0.50m, para el área donde se desarrollará la edificación.

Para efectos de dimensionamiento y diseño de la cimentación para las diferentes estructuras, el valor de capacidad admisible será de 9.02ton/m² y 6.83ton/m² para cimientos aislados y corridos respectivamente, 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. En el caso de que la profundidad del terreno natural sea mayor a la especificada, se debe sustituir el material existente con material granular hasta alcanzar los niveles recomendados.

4.3. VALIDACIÓN DE LA CIMENTACIÓN - CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Con base en la estratigrafía encontrada con sus parámetros geomecánicos obtenidos a partir del programa de trabajos de campo y ensayos de laboratorio, se idealizó el sistema de cimentación superficial mediante modelos en elementos finitos obteniendo lo siguiente:

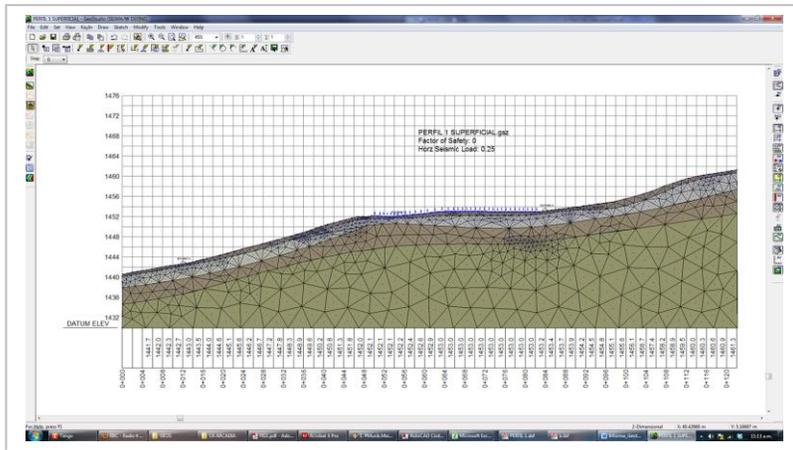


Ilustración 1 Modelo de elementos finitos

Del modelo se prevén asentamientos elásticos máximos de -2.182 cm para una carga distribuida para una cimentación corrida de 8.85 tnf/m^2

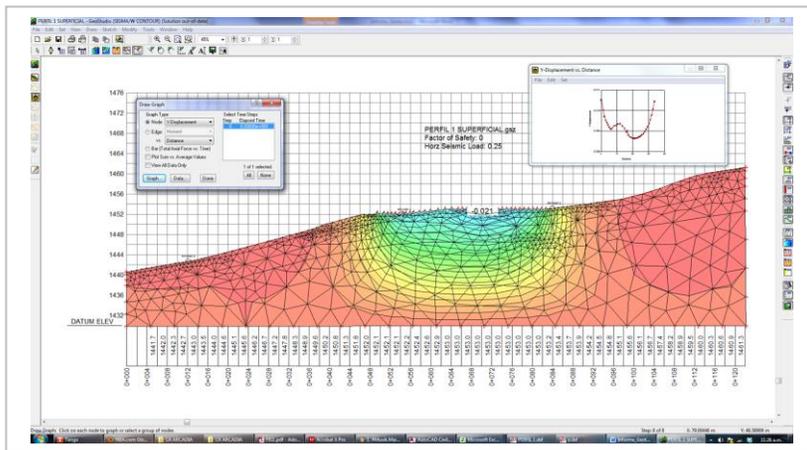


Ilustración 2 Asentamientos de la cimentación superficial

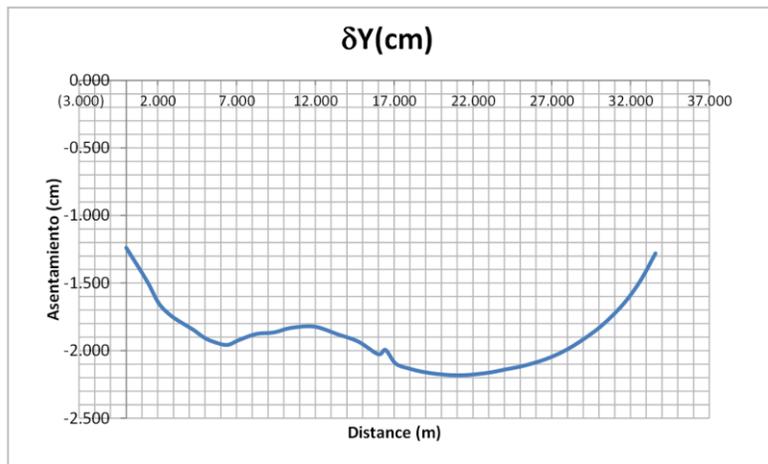


Ilustración 3 Asentamientos de la cimentación superficial (corte longitudinal)

La seguridad para los estados límite de servicio resulta del cálculo de asentamientos inmediatos, por consolidación, los asentamientos secundarios y los asentamientos por sismo. La evaluación de los asentamientos inmediatos se realiza mediante el modelo elástico y los asentamientos por consolidación se determinan a partir de la teoría de Terzaghi, empleando parámetros de deformación obtenidos a partir de ensayos de laboratorio o correlaciones de campo suficientemente apoyadas en la experiencia. Se utilizó una correlación entre el módulo de elasticidad y el valor de la penetración estándar y la penetración con cono, con el soporte experimental adecuado.

Se obtiene un factor de seguridad directo mínimo incluyendo Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático de 3.00, para una carga distribuida superficial de 88.5KN/m²:
En KN-m:

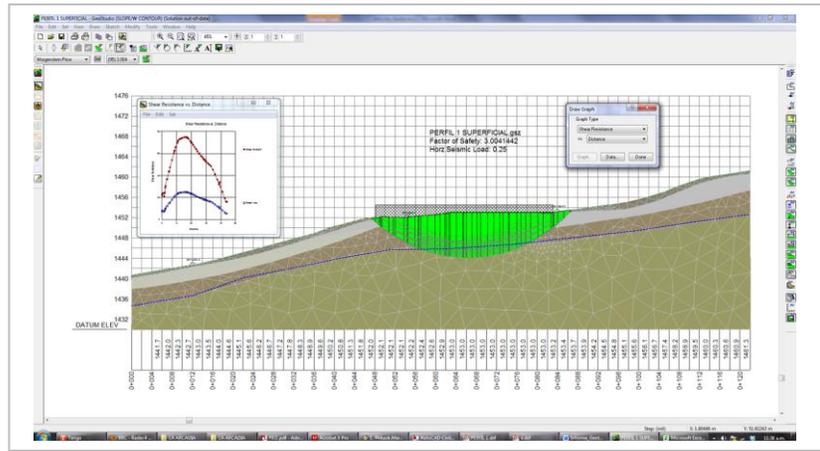


Ilustración 4 Factor de seguridad directo de capacidad portante

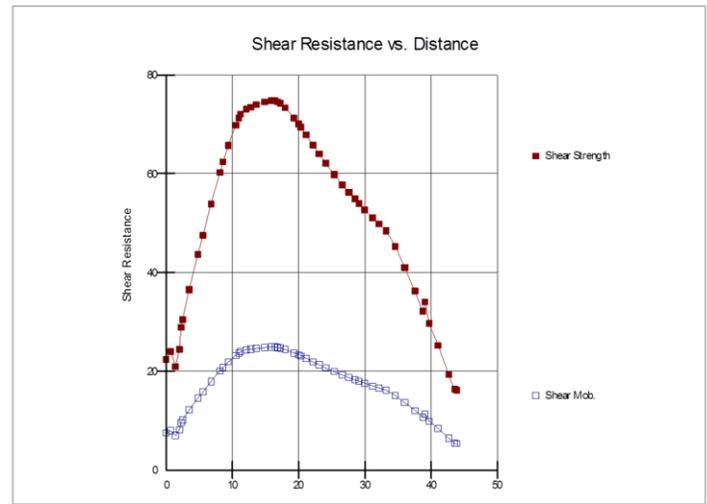


Ilustración 5 Factores de seguridad directo para la cimentación superficial (Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático)

Donde:

Shear Strength: Esfuerzo resistente $\tau_f = C' + \sigma' \tan \phi'$

Shear Mob.: $\tau_A = C' + \sigma' \tan \phi' / Fsb$ (Esfuerzo cortante actuante)

Se cumple con los valores para la Tabla H.2.4-1 Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos.

4.4. PLACA DE CONTRAPISO

Para el tipo de cimentación profundo, se recomienda como complemento a la estructura de cimentación de la placa de contrapiso un colchón de material granular con un espesor mínimo de 0.10m. 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 m² 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 m².

4.5. COEFICIENTES DE PRESIÓN LATERAL DEL SUELO

Para el diseño de las estructuras de contención, para taludes de corte de carácter definitivos con alturas superiores a 1.20m. El Ingeniero Estructural deberá partir de los siguientes parámetros geomecánicos:

Material	ϕ	γ (ton/m ³)	Ko	Ka	Kp	Kad
Sitio	25.71	1.537	0.566	0.395	2.532	0.639
Mat. Granular importado	35.00	1.850	0.426	0.271	3.690	0.515

Tabla 2 Coeficientes de presión.

5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Para este estudio se utilizó el programa GEOSLOPE 2010^{®2}, el cual, mediante el método de equilibrio límite (sin tener en cuenta las deformaciones del terreno) y el método del elemento finito, comúnmente aceptados en la práctica profesional, plantea el equilibrio de fuerzas. En el caso del procedimiento del estado límite de equilibrio está dividido en a) **métodos simplificados** (por ejemplo, el método ordinario, El método de Bishop, etc.), ya que únicamente cumplen con el equilibrio de momentos, y b) **métodos rigurosos**, métodos de Spencer y Morgenstern-Price, por considerar tanto el equilibrio de fuerzas como el de momentos. Cabe mencionar que el método de Bishop proporciona métodos similares a los obtenidos por los métodos rigurosos, lo que concede una gran ventaja. Sin embargo el método de Spencer y Janbu aceptan cualquier superficie de falla (Circular, Plana, etc.), a diferencia de los métodos Ordinario y de Bishop. Este método, conocido como de las fuerzas laterales de las dovelas son horizontales, a través de los métodos propuestos por Janbu, Bishop, Bell, Sarma y Fellenius y es aplicable a cualquier forma de superficie de falla. Define el factor de seguridad

²Geoslope Software [programa para el análisis de estabilidad de taludes en tierra con los métodos del Equilibrio límite (Fellenius, Bishop, Janbu, Bell, Sarma, Spencer, Morgenstern e Price) y el método DEM (Elementos discretos)].

como la razón entre la resistencia al corte disponible del material y la resistencia al corte requerido para mantener el equilibrio.

Para el área del Proyecto, se determinaron los perfiles críticos teniendo en cuenta la topografía, y se evalúa su estabilidad ante condiciones de Sobrecarga durante la etapa final de construcción del proyecto, Niveles de Aguas descolgadas y con sismo o sin éste para la condición actual, y con el control del NAF para las soluciones. Se conserva como factor desestabilizante las sobrecargas generadas por la conformación del lleno y se incluye el efecto de sismo, que para la zona de estudio, corresponde a Amenaza Sísmica Alta con un $A_a = 0.25$ g (NSR-10, Título A).

5.1. CRITERIO DE ESTABILIDAD

Concepto de Factor de Seguridad (F. S.)

El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1922) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$F. S = \frac{\text{Resistencia al Cortante Disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F. S = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}}$$

Existen además, otros sistemas para plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica y altura real del talud, métodos probabilísticos, así como tablas empíricas locales basadas en el comportamiento típico de los taludes.

La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de "límite de equilibrio" donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie. Se estudia un cuerpo libre en equilibrio, partiendo de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes que se requieren para producir el equilibrio. Calculada esta fuerza resistente, se compara con la disponible del suelo o roca y se obtiene una indicación del factor de seguridad.

Otro criterio es dividir la masa que se va a estudiar en una serie de tajadas, dovelas o bloques y considerar el equilibrio de cada tajada por separado. Una vez realizado el análisis de cada tajada se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos.

$$F. S = \frac{\sum \text{Resistencia disponibles al cortante}}{\sum \text{Esfuerzos de cortante}}$$

$$F. S = \frac{\sum \text{Momentos resistente disponibles}}{\sum \text{Momentos actuantes}}$$

Concepto de Superficie de Falla

El término superficie de falla se utiliza para referirse a una superficie asumida a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o la rotura del talud; sin embargo, este deslizamiento o rotura no ocurre a lo largo de esas superficies si el talud es diseñado adecuadamente. En los métodos de límite de equilibrio el factor de seguridad se asume que es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla; por lo tanto, este valor representa un promedio del valor total en toda la superficie. Si la falla ocurre, los esfuerzos de cortante serían iguales en todos los puntos a todo lo largo de la superficie de falla.

Generalmente, se asume un gran número de superficies de falla para encontrar la superficie de falla con el valor mínimo de factor de seguridad, la cual se denomina "superficie crítica de falla". Esta superficie crítica de falla es la superficie más probable para que se produzca el deslizamiento; no obstante, pueden existir otras superficies de falla con factores de seguridad ligeramente mayores, los cuales también se requiere tener en cuenta para el análisis.

El criterio de estabilidad asumido para el presente análisis, parte de los factores de seguridad básicos mínimos establecidos el Volumen II del Libro "Deslizamientos" de Jaime Suárez Díaz, en el capítulo 1 "Métodos de Manejo y Estabilización":

CASO	Factor de seguridad para cargas estáticas	Factor de seguridad para cargas dinámicas $K_h=0.25A_a$
Pérdida de vidas humanas al fallar el talud	1.50	1.20
Pérdida de más del 30% de la inversión de la obra específica o pérdidas consideradas importantes	1.30	1.15
Pérdidas económicas no muy importantes	1.20	1.00
La falla del talud no causa daños	1.10	1.00

Tabla 3 Criterios generales para seleccionar un factor de seguridad para el diseño de taludes

Considerando el caso en el que ocurra Pérdida de más del 30% de la inversión de la obra específica o pérdidas consideradas importantes, se adoptan los siguientes factores de seguridad mínimos:

⇒ **Para el Análisis Con Carga Muerta + Carga Viva Normal [Sin Sismo]**

- $FS < 1,30$: INESTABLE!
- $FS \geq 1,30$: ESTABLE!

⇒ **Para el Análisis Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático antes del diseño [Con Sismo: $K_h = 0.5 \times 0,25 = 0.125$ & $A_v = 0,0125g$]**

- $FS < 1,15$: INESTABLE!
- $FS \geq 1,15$: ESTABLE!

5.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA SITUACIÓN ACTUAL DEL TALUD

Para la modelación, se tuvieron en cuenta las propiedades geomecánicas obtenidas a partir del reconocimiento geotécnico, los datos de resumen de laboratorio y la geometría de los perfiles. Estos valores se usan dentro del modelo y mediante un análisis iterativo en el que se analizan las condiciones en época de invierno, considerando la alta permeabilidad del suelo en la que se espera una alta saturación por ascenso de los niveles de aguas subterráneas, sin sobrecarga; primero sin la acción del **SISMO**, y después teniendo en cuenta la incidencia del **SISMO**; se resume el comportamiento frente a la estabilidad del talud.

Suelo	γ [KN/m ³]	ϕ [°]	c [KN/m ²]
SUELO VEGETAL ORGANICO NEGRO OSCURO	13.25	25.05	18.8
ARENA ARCILLOSA	14.58	25.45	18.3
ARENA ARCILLOSA	15.46	26.01	20.5
ARENA LIMOSA	15.33	26.17	21.5

Tabla 4 Parámetros de partida para el diseño del talud (Resultados del Laboratorio)

Método Análisis	Sobrecarga	NAF	Sismo Ah & Av	F.S.	CRITERIO	Condición de Estabilidad		
MORGERSTEN	Sw: 00KN/m ²	SI	Ah:0.00g Av:0.00g	2.877	FS>=1.3	ESTABLE		
JANBU				2.625	FS>=1.3	ESTABLE		
BISHOP				2.876	FS>=1.3	ESTABLE		
CONCLUSIÓN						2.793	FS>=1.3	ESTABLE
MORGERSTEN					Ah:0.250g Av:0.025g	1.281	FS>=1.15	ESTABLE
JANBU						1.131	FS < 1,15	INESTABLE!!!
BISHOP						1.283	FS>=1.15	ESTABLE
CONCLUSIÓN		1.232				FS>=1.15	ESTABLE	

Tabla 5 Factores de seguridad perfil 1 para la situación actual con NAF sin sobrecarga

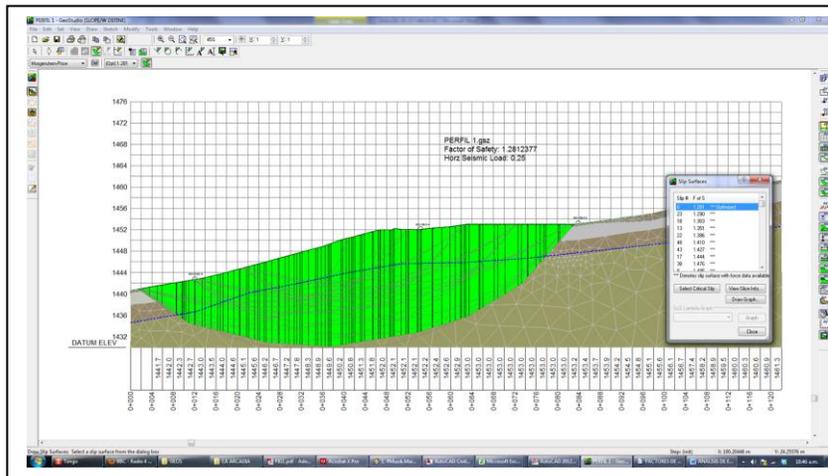


Ilustración 6 Factores de seguridad perfil 1 para la situación actual con NAF sin sobrecarga

Para la condición estática del talud para la situación actual, se alcanza un factor de seguridad mínimo de 2.793, considerado como “ESTABLE”; al incluirle el sismo, el talud promedia un factor de seguridad mínimo de 1.232, considerado como “ESTABLE”.

5.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES CON CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Para la modelación, se tuvieron en cuenta las propiedades geomecánicas obtenidas a partir del reconocimiento geotécnico, los datos de resumen de laboratorio y la geometría de los perfiles. Estos valores se usan dentro del modelo y mediante un análisis iterativo en el que se analizan las condiciones en época de invierno, considerando la alta permeabilidad del suelo en la que se espera una alta saturación por ascenso de los niveles de aguas subterráneas, con una sobrecarga superficial estimada para éste tipo de suelo de 20KN/m², transmitida mediante zapatas o viga de cimentación corrida; primero sin la acción del **SISMO**, y después teniendo en cuenta la incidencia del **SISMO**; se resume el comportamiento frente a la estabilidad del talud.

Método Análisis	Sobrecarga	NAF	Sismo Ah & Av	F.S.	CRITERIO	Condición de Estabilidad		
MORGERSTEN	Sw: 20KN/m ²	SI	Ah:0.00g Av:0.00g	2.633	FS>=1.3	ESTABLE		
JANBU				2.312	FS>=1.3	ESTABLE		
BISHOP				2.145	FS>=1.3	ESTABLE		
CONCLUSIÓN						2.363	FS>=1.3	ESTABLE
MORGERSTEN					Ah:0.250g Av:0.025g	1.192	FS>=1.15	ESTABLE
JANBU						1.149	FS < 1,15	INESTABLE!!!
BISHOP						1.171	FS>=1.15	ESTABLE
CONCLUSIÓN						1.171	FS>=1.15	ESTABLE

Tabla 6 Factores de seguridad perfil 1 para la cimentación superficial

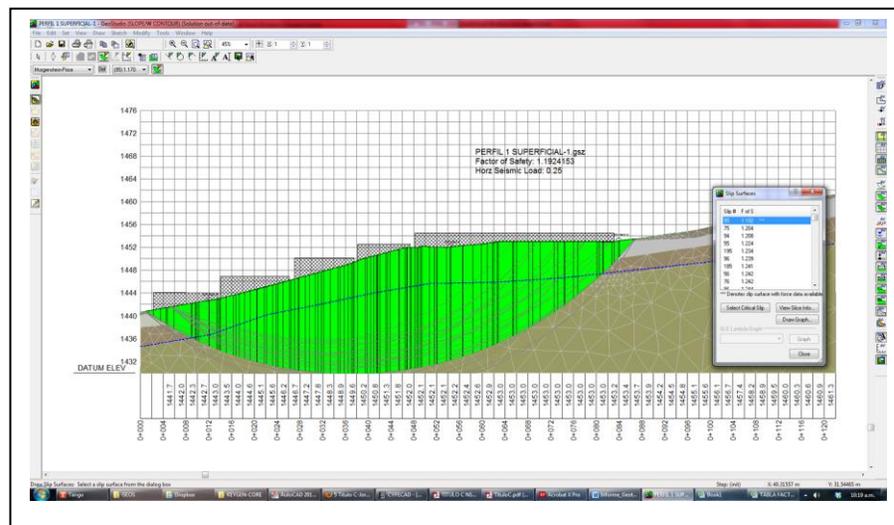


Ilustración 7 Factores de seguridad perfil 1 para la cimentación superficial

Para la condición estática del talud para la situación actual, se alcanza un factor de seguridad mínimo de 2.363, considerado como “ESTABLE”; al incluirle el sismo, el talud promedia un factor de seguridad mínimo de 1.171, considerado como “ESTABLE”.

Se concluye que la cimentación mediante zapatas para las viviendas no afecta la estabilidad de la ladera.

6. DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO

Los espectros Elásticos de aceleración, velocidad y desplazamiento se definen en función de los siguientes parámetros:

- A_a = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.
- A_v = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.
- F_a = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.
- F_v = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.
- g = aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s²).
- T : Valor del período fundamental del edificio, calculado de acuerdo con la prescrito en A.5 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10 [Método del Análisis Dinámico].
- T_o : Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño.
- T_c : Período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.
- T_l : Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos largos.
- S_a : Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración T .
- I : Coeficiente de importancia definido en A.2.5.1 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10

En los ordinales a continuación se hace el detalle de la obtención de los parámetros sísmicos.

7. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO

El procedimiento que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30 metros superiores del perfil; para el diseño del espectro elástico de aceleración se deben emplear los coeficientes espectrales definidos en el estudio de Zonificación Sísmica de Colombia, descritos en el título A de la norma NSR-10 y en la sección A.3.5.2.1 (figura A.3.5-1 “Mapa de valores de A”) y los valores de la figura A.12.2-1 para Requisitos Especiales Para Edificaciones Indispensables De Los Grupos De Uso III y IV

De acuerdo con los efectos locales descritos en las normas Colombianas de diseño y construcción, y al mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica alta. Respecto a los tipos de perfil de suelo para la definición de efectos locales, se obró según las disposiciones del numeral A.2.4 de las NSR-10, así partiendo de los valores del número de golpes NSPT (A partir de la caracterización del suelo y del cuadro resumen de propiedades del suelo, Anexo), medio para los diferentes estratos, para todos los casos al obtener la velocidad de cortante, se utilizan los valores promedio de las relaciones propuestas por Yoshida y Motonori (1988), Seed (1972), Imai y Fumoto (1975), Imai y Yoshimura (1970), Ohba y Toriumi (1970), Ohta y Goto (1978), Japan Road

Association (2002).

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360$ m/s $\bar{N} \geq 50$, o $\bar{q}_u \geq 100 \text{ kPa}$ ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180$ m/s $50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{q}_u \geq 50 \text{ kPa}$ ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$ $IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{q}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F ₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F ₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F ₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F ₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Tabla 7 Tabla A.2.4-1 Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos A, B C, D, E ó F

En las memorias de cálculo Geotécnico se anexa los cálculos para determinar el perfil de suelo según NSR-10 A.2.4

Conclusión:

Método de cálculo de VS30	Valor en m/seg	Clasificación de los perfiles de suelo según NSR-10, Tabla A.2.4-1
VS30 (medido en el sitio con métodos directos)	NO APLICADO	-
VS30 (Derivado mediante VP y modulo de Poisson)	NO APLICADO	-
VS30 (con Ohta y Goto)	222.37	D
VS30 (con Yoshida y Motonori)	150.57	E
Japan Road association (m/s)	164.04	E
VS Seed (m/s)	277.50	D
VS Imai y Fumoto (m/s)	187.10	D
VS Imai y Yoshimura (m/s)	155.73	E
VS OhbaToriumi (m/s)	164.06	E
Vs max	277.50	
Vs min	150.57	
Vs prom	188.77	D

Tabla 8 Comparación de los métodos de cálculo de VS30

7.1. COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL PICO EFECTIVA PARA DISEÑO AA

Conforme a la NSR-10 (A.2.4) y el mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica Alta (Zona 5), con un valor de $A_a=0.25$ y $A_v= 0.25$

7.2. COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN PARA PERÍODOS CORTOS E INTERMEDIOS

Al cruzar los valores de A_a y A_v definidas en las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 con el tipo de perfil de suelo (D), definido en el numeral 6

JUAN JOSE PIEDRAHITA R I.c.M.Sc Geotecnia	PLAN DE VIVIENDA SECTOR LA FLORA	IDP-JJP0612-573	Reviso: J.J.P.R.	Página 18 de 23
---	---	-----------------	---------------------	--------------------

Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro (NSR-10 Tabla A.2.4-3)									
Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos								
	Aa=0.10	Aa=0.20	Aa=0.30	Aa=0.40	Aa=0.50	Aa=0.15	Aa=0.25	Aa=0.35	Aa=0.45
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.20	1.20	1.10	1.00	1.00	1.20	1.15	1.05	1.00
D	1.60	1.40	1.20	1.40	1.00	1.50	1.30	1.30	1.20
E	2.50	1.70	1.20	0.90	0.90	2.10	1.45	1.05	0.90
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota

Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos intermedios del espectro (NSR-10 Tabla A.2.4-4)									
Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos								
	Av=0.10	Av=0.20	Av=0.30	Av=0.40	Av=0.50	Av=0.15	Av=0.25	Av=0.35	Av=0.45
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.65	1.55	1.45	1.35
D	2.40	2.00	1.80	1.50	1.50	2.20	1.90	1.65	1.50
E	3.50	3.20	2.80	2.40	2.40	3.35	3.00	2.60	2.40
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota

Tabla 9 Valores de Fa y Fv para la zona de periodos intermedios del espectro

7.3. ESPECTRO DE ACELERACIONES

Conforme a lo estipulado por la NSR-10 (A.2.6), la forma del espectro elástico de aceleraciones, S_a expresado como fracción de la gravedad, para un coeficiente de amortiguamiento crítico del 5%, que se debe utilizar en el diseño, se da la figura A.2.6-1 y se define mediante la ecuación A.2.6-1 con las limitaciones dadas en A.2.6.1.1 a A.2.6.1.3

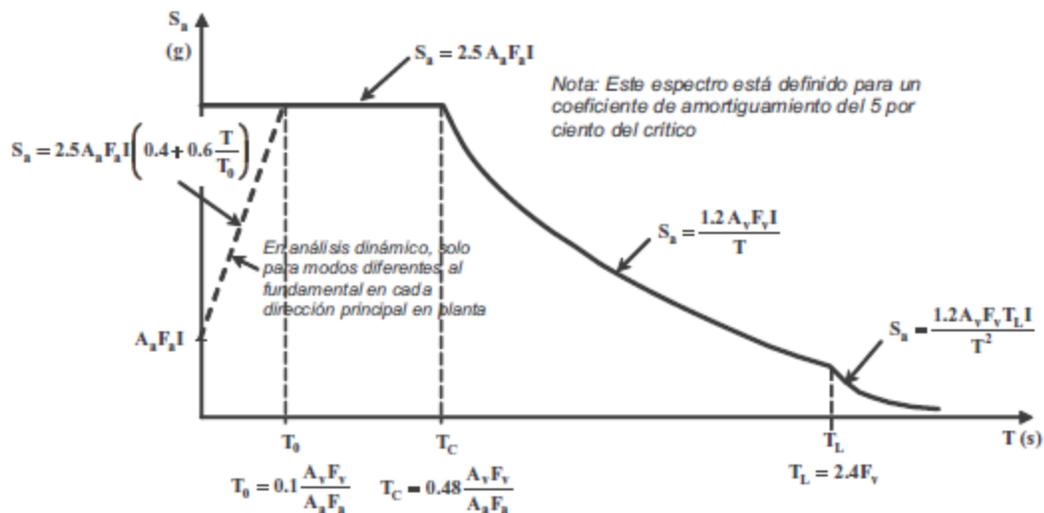


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

8. 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.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si por alguna circunstancia de tipo urbanístico, alguna edificación complementaria queda localizada sobre LLENO, 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.

Partiendo de la caracterización geomecánica de los diferentes estratos y de la presencia de un nivel freático, se ha realizado la evaluación del potencial de Licuación teniendo en cuenta un sismo con una $M_u = 6.8$ y una $A_a = 0.25g$, y según se observa en las memorias de cálculo el subsuelo en estudio NO Presenta Susceptibilidad a la Licuación para Los Estratos naturales.

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 disturben 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 rajón 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 humedad del suelo en los alrededores y bajo la cimentación. Él anden 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.

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/m³)
Edificación 2 Pisos	2.182	580.0

Es recomendable dar aviso a esta oficina una vez se hayan 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.

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.
- Revegetalización.

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 con pendientes máximas de 1H:2V, 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 sembrados de carácter permanente, con un sistema radicular profundo.

- **Control de Aguas Superficiales:**

El diseño de sistemas de captación de las aguas superficiales que fluyen libremente en los taludes y laderas, resulta necesario para evitar los procesos erosivos que éstas generan; sin embargo ésta medida aplicada en forma aislada no garantiza un adecuado comportamiento de las laderas. A continuación se mencionan algunas de las principales características y funciones que deben cumplir dichos sistemas.

- El sistema de recolección de aguas superficiales, debe estar en capacidad de captar la escorrentía generada en los diferentes taludes Y el mismo lote, para luego conducirla al drenaje natural (con las obras de protección y disipación adecuadas) alejado de las zonas vulnerables a inestabilidad. En general se debe promover la construcción de estos sistemas usando materiales impermeables que estén en capacidad de sufrir deformación sin presentar fisuras y/o pérdida de servicio. Se deben construir en concreto con un fc:21Mpa.
- Del adecuado mantenimiento que se efectuó en estas estructuras, dependerá su óptimo funcionamiento y vida útil.
- **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 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.

10. 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