



ALCALDÍA DE
SANTIAGO DE CALI

**ALCALDIA SANTIAGO DE CALÍ
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO
DE GESTION MEDIO AMBIENTE**

CONTRATO DE CONSULTORIA 4133.0.26.1 DEL 2014

Prestación de servicio para la elaboración del levantamiento topográfico en los segmentos de alinderamiento o replanteo del Lote, mojoneo y estudio de suelos del predio ubicado en el sector occidental del Cerro de Cristo Rey, Identificado con número de matrícula inmobiliaria 115844 y el numero predial Y000503480001 en la Vereda PILAS DEL CABUYAL en el marco del proyecto BP 210 43784 denominado "Restauración de Ecosistemas de Bosques de Cuencas Hidrográficas del Municipio Santiago de Cali".

INFORME

**ESTUDIO DE SUELOS
TOMO II**



AMBIENTE E INGENIERÍA
NIT.900310073-2

CORPORACIÓN DEL AMBIENTE Y DE INGENIERÍA

Comprometidos con el Ambiente y la Ingeniería para el progreso de Colombia

JULIO DEL 2014

CONTROL

Código del Documento:	Interno:	TEX-07514 EDS	Externo:	TEX-07514 EDS
Tipo				
Informe	X	Memoria de Cálculo	X	Especificación Técnica

RESPONSABLES		
Nombres y Apellidos		Matrícula Profesional #
Elaboró	Luis Fernando Montoya	76202-76700 VLL
Revisó y Verificó		
Aprobó		

REVISIONES			
Rev.	Sección Modificada	Fecha (dd/mm/aaaa)	Descripción
0	-	27/07/14	Versión Original

DISTRIBUCIÓN	
Dependencia	Copias
CORPORACIÓN AMBIENTE E INGENIERIA	1

CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1. PROYECTO	7
2. TRABAJOS EN EL TERRENO	8
3. PRUEBAS DE LABORATORIO	10
4. CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO	11
4.1 GEOLOGÍA SUPERFICIAL.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2 ESTRATIGRAFÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
5. NIVEL FREÁTICO Y DRENAJE	21
6. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO SISMO-RESISTENTE	22
6.1 SISMICIDAD REGIONAL (Fuente: OSSO - Ingeominas)	22
6.2 PERFIL DE SUELO.....	24
6.3 UMBRAL DE DAÑO	¡Error! Marcador no definido.
6.4 LICUACIÓN.....	26
7. POTENCIAL CONTRACTO EXPANSIVO DEL SUELO.	27
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
8.1 CIMENTACIÓN ZONA ADMINISTRATIVA .	¡Error! Marcador no definido.
8.2 CIMENTACIÓN EQUIPOS.....	¡Error! Marcador no definido.
9. LIMITACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO 1 TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO	

LISTA DE TABLAS

	<i>Pág.</i>
Tabla No 1. Profundidad de sondeos.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 2. Espesor Capa A.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 3. Profundidad Capa B (Arcillas limosas blandas).	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 4. Propiedades geomecánicas por sondeo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 5. Consistencia de suelos cohesivos respecto a N.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 6. Densidad relativa y de suelos cohesivos respecto a N.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 7. Profundidad nivel freático.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 8. Valores del coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro.....	25
Tabla No 9. Valores del coeficiente Fv para la zona de periodos largos del espectro.....	25
Tabla No 10. Valores de Aa, Av, Ae y Ad Para la zona del proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 11. Valores de referencia potencial contacto-expansivo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 12. Capacidad portante admisible vs profundidad.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla No 13. Parámetros diseño elástico capa B.....	24
Tabla No 14. Parámetros diseño elástico Capa C.....	24



LISTA DE FIGURAS

	<i>Pág.</i>
Figura No 1. Localización del proyecto	¡Error! Marcador no definido.
Figura No 2. Levantamiento subestación actual.	¡Error! Marcador no definido.
Figura No 3. Localización de sondeos.	¡Error! Marcador no definido.
Figura No 4. Geología superficial zona proyecto.	11
Figura No 5. Perfil estratigráfico Subestación CHEC – La Virginia.	¡Error! Marcador no definido.
Figura No 6. Estado de esfuerzos-tectónica regional.....	23
Figura No 7. Cimentación superficial estructura.	¡Error! Marcador no definido.



ESTUDIO DE SUELOS PARA CENTRO ATENCIÓN Y VALORACIÓN-CAV DAGMA SECTOR CERRO CRISTO REY SANTIAGO DE CALI-VALLE

Ante solicitud del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente- DAGMA y a través de la Corporación del Ambiente e Ingeniería, se efectuó una investigación del subsuelo para el Proyecto Centro de Atención y Valoración-CAV de la Cuesta, en el Barrio Llanaditas de la Ciudad de Medellín-Antioquia en el Cerro de Cristo Rey de Santiago de Cali (Figura No 1). Dicha investigación está encaminada a conocer información geotécnica necesaria para los diseños técnicos correspondientes a las distintas edificaciones del proyecto.



Figura No 1. Localización del Proyecto

Fuente Google Earth

El estudio consistió, como es corriente en este tipo de investigación, en la etapa de trabajos de campo, constituida por exploraciones del subsuelo y labores de muestreo, seguida de los ensayos de laboratorio con muestras representativas y, por último, del análisis e interpretación de los resultados. En este informe se hace la descripción de la totalidad de los trabajos efectuados y se presentan los resultados de la investigación en conjunción con algunas recomendaciones pertinentes de cimentación.

1. PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño y la construcción del Centro de Atención y Valoración-CAV del DAGMA, en la ladera del Cerro de Cristo Rey. Las instalaciones están proyectadas como una serie de edificios máximo de dos pisos todos en estructura metálica y sobre pilotes (palafitos) que van desde los 30 m2 hasta los 400 m2 (Auditorio) están entre las cotas 1420 y 1360 concentrados en un área aproximada a los 3000 m2.

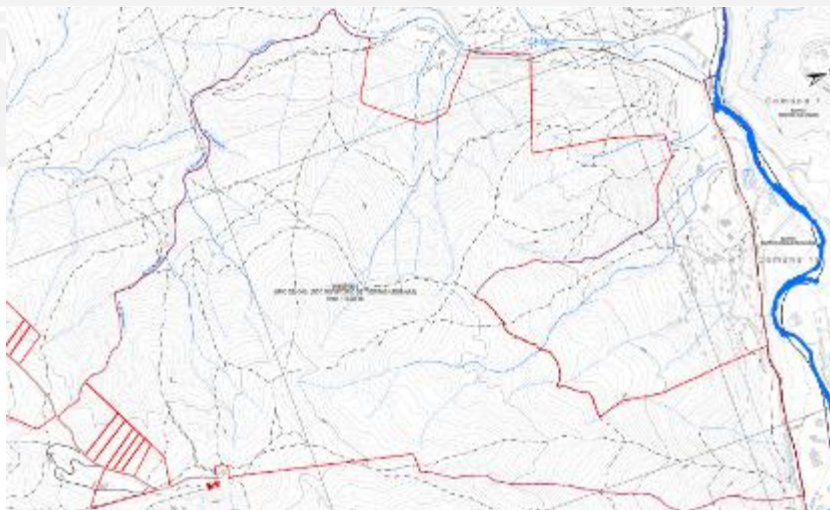


Figura No 2. Predio destinado a CAV

Actualmente no se dispone de un anteproyecto o una implantación del proyecto en el terreno, por lo que las recomendaciones a presentar deberán ser revisadas y ajustadas una vez se tenga la información arquitectónica completa. Esto significa que se pueden requerir de exploraciones adicionales en sitios puntuales, a fin de cumplir con lo especificado por la NSR-10.

2. TRABAJOS EN EL TERRENO

Las exploraciones en el terreno ejecutadas en julio de 2014, consistieron de nueve (9) perforaciones (P-1 a P-9) realizadas con un taladro de percusión. La ubicación de las exploraciones se localiza en las figura No 3 y su profundidad se muestra en la Tabla No.1 .En el plano adjunto se detalla la localización.

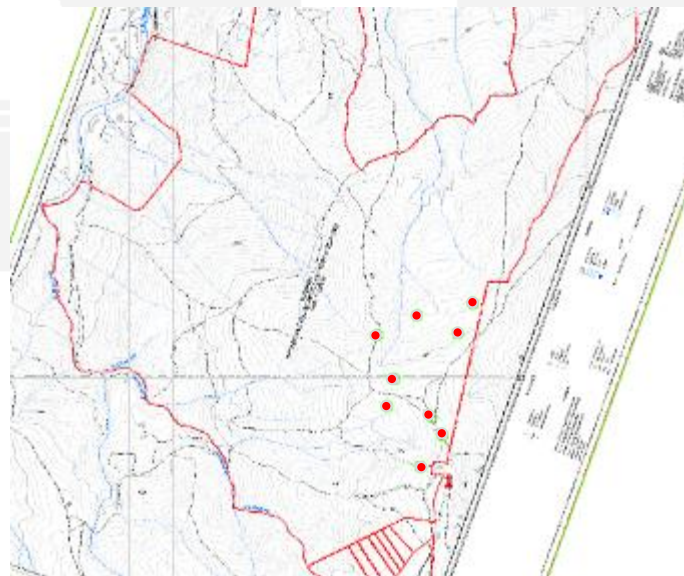


Figura No 3. Esquema localización sondeos Proyecto CAV

Un registro fotográfico se muestra en las fotografías No 1.



Fotografía No 1. Registro Fotográfico Trabajo de Campo

PERFORACION	PROFUNDIDAD (m)
P1	6.0
P2	6.0
P3	4.0
P4	3.0
P5	2.0
P6	4.5
P7	4.5
P8	6.0
P9	6.5

Tabla No 1. Profundidad de Sondeos

En todas las perforaciones se efectuaron ensayos de penetración estándar (E.P.S) siguiendo los procedimientos estipulados en la Norma ASTM D-1586-64. Los resultados de este ensayo, relacionados con la profundidad, se muestran en el Anexo No 1, al final de este informe. Los registros estratigráficos de las exploraciones se incluyen al final.

3. PRUEBAS DE LABORATORIO

Con todas las muestras alteradas, (de la cuchara partida o split-spoon), se llevaron a cabo pruebas de carácter rutinario, constituidas por gradación completa con lavado por el tamiz No. 200 (ASTM-D-2487), límites de consistencia (líquido y plástico ASTM-D-4318) para clasificación según el sistema USCS y determinación del contenido de humedad natural (ASTM-D-2216).

Así mismo se extrajeron muestras inalteradas mediante los tubos de pared delgada (tubos shelby de la ASTM-D-1587), para someter a pruebas de compresión inconfiada (ASTM-D-2166) con estimación del peso unitario (ASTM-D-2167).

Los resultados de la totalidad de las pruebas de laboratorio se presentan en el Anexo No 1 que contiene los formatos correspondientes a las pruebas realizadas se muestran al final del informe.

4. CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

4.1 Geología Superficial

El predio se encuentra sobre la unidad geológica superficial conocida como Roca y material intermedio volcánico, conformada por suelos residuales (lateritas y saprolitos) procedentes de la meteorización de rocas diabásicas de la Formación Volcánica (Kv), que domina todo el sector y que fue descrita anteriormente. Esta zona está identificada en el estudio de Microzonificación Sísmica como Zona 3.

El espesor de estos materiales oscila entre pocos centímetros a casi 20 m (En el sector se encontraron hasta máximo 2.5 m). Lo conforman limos arcillosos y paulatinamente, arenas limosas, cuya consistencia y tamaño van incrementando con la profundidad hasta llegar a la roca meteorizada (concordante con los horizontes del suelo residual y correspondientes a la zona 1a).

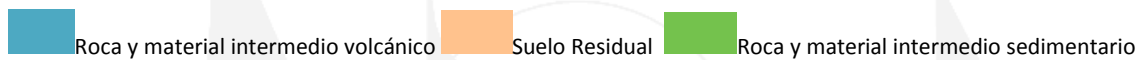
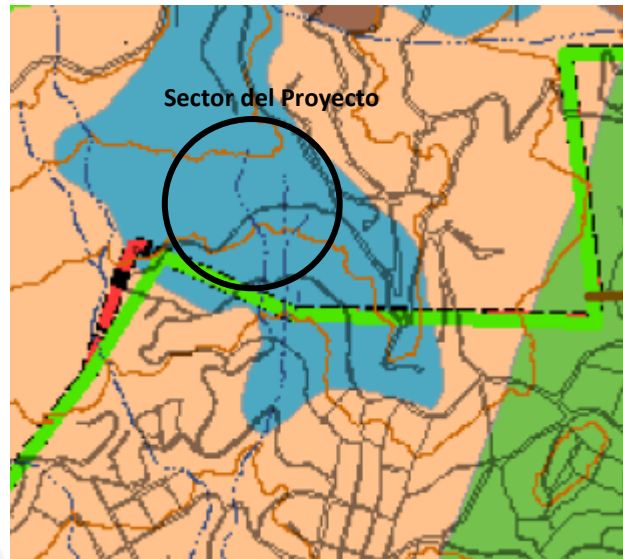


Figura No 4. Geología Superficial sector proyecto

Fuente: INGEOMINAS EMZSC

5. ESTRATIGRAFÍA.

La estratigrafía encontrada, está caracterizada por una delgada capa vegetal, sobre suelos residuales tipo limos arcillosos de plasticidad alta a media y cuya consistencia incrementa con la profundidad, hasta encontrarse con material rocoso altamente meteorizado. Se describe a continuación:

Capa A: Se encuentran limos arcillosos con alto contenido de material orgánico (Capa vegetal) Su espesor en el sitio de cada sondeo se muestra en la Tabla No. 2

PERFORACION	PROFUNDIDAD (m)
P1	0.4
P2	0.4
P3	0.3
P4	NO DETECTADA
P5	NO DETECTADA
P6	0.4
P7	0.3
P8	0.4
P9	0.3

Tabla No 2. Espesor Capa Vegetal- Capa A

Capa B: Se encuentran limos arcillosos y arcillas limosas con trazas de arena (f) Su plasticidad está entre media y alta, color rojizo con vetas amarillas y rojizas café (suelos tipo MH y MH-CH del USCS). La consistencia está entre media y dura con un índice de penetración (N) del ensayo de penetración estándar (SPT) entre 5 y 22 golpes/pie.

La humedad natural se encuentra cercana al límite plástico. La resistencia a la compresión inconfiada (q_u) alcanzó valores entre 1.2 y 1.6 Kg/cm² con un peso unitario húmedo promedio (γ) de 1.60 T/m³.

Se encontraron en los sondeos hasta las profundidades mostradas en la tabla No 3.

PERFORACION	PROFUNDIDAD (m)
P1	6.0
P2	3.0
P3	6.0
P4	4.0
P5	1.6
P6	NO DETECTADA
P7	4.2
P8	2.0
P9	6.0

Tabla No 3. Espesor Capa B. Limos arcillosos medios

Capa C: Posteriormente se encuentran limos arcillosos con algo de arena (f) y trazas de grava meteorizada (f) de plasticidad baja a media de la porción fina, color amarillo con vetas café (suelos ML del USCS), correspondientes a la porción superior de rocas ígneas características de este sector. La consistencia está entre dura y muy dura con un índice de penetración (N) del ensayo de penetración estándar (SPT) entre 27 y más de 60 golpes/pié. Se encontraron hasta la máxima profundidad explorada (-6.0 m).

Un resumen de las propiedades geomecánicas de los materiales, en el sitio de cada sondeo se muestran en la tabla No 4.

Sondeo:		P-1	Ubicación:		CAV CERRO CRISTO REY					Localización:				CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie			
A	0,0-0,4	Capa Vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
B	0,4-6,0	Limo arcilloso color amarillo rojizo con vetas gris y café. Porcentaje medio de roca meteorizada, consistencia blanda y raíces menudas.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sondeo:		P-2	Ubicación:		CAV CERRO CRISTO REY					Localización:				CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie			
A	0,0-0,4	Capa Vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
B	0,4-3,0	Limo inorganico de color rojizo con vetas gris y café, porcentaje medio bajo de arena consistencia media blanda a media dura.	Entre 84 y 92	Entre 47 y 63	Entre 27 y 36	Entre 21 y 26	Entre 25 y 31	Entre MH Y CL ML	-	-	-	-	-		
C	3,0-6,0	Limo de mediana plasticidad color amarillo con vetas gris y rojas con un medio bajo porcentaje de roca meteorizada fina, consistencia dura.	90	47	33	14	34	ML	-	-	-	-	-		
Sondeo:		P-3	Ubicación:		CAV CERRO CRISTO REY					Localización:				CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie			
A	0,0-0,3	Capa vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
B	0,3-6,0	Limo inorganico de color amarillo vetas gris y rojas, con un bajo porcentaje de arena consistencia media.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sondeo:		P-4	Ubicación:		CAV CERRO CRISTO REY					Localización:				CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie			
B	0,0-4,0	Limo inorganico de mediana plasticidad de color amarillo rojizo vetas gris, con un medio porcentaje de arena y roca meteorizada consistencia media dura.	Entre 76 y 91	Entre 48 y 54	Entre 28 y 37	Entre 16 y 20	Entre 32 y 37	CL ML Y MH	-	-	-	-	-		

Tabla No. 4 Propiedades geomecánicas por sondeo

Sondeo:		P-5	Ubicación:						CAV CERRO CRISTO REY			Localización:			CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie				
B	0,0-1,6	Limo arcilloso color amarillo vetas café y rojas con un medio bajo porcentaje de arena y raíces menudas consistencia media	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
C	1,6-3,0	Limo inorganico de color amarillo rojizo con vetas café y rojas con un medio bajo porcentaje de arena consistencia media.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Sondeo:		P-6	Ubicación:						CAV CERRO CRISTO REY			Localización:			CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie				
A	0,0-0,4	Capa vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
C	0,4-2,0	Arcilla limosa color amarillo y vetas gris y rojas con un medio alto porcentaje de roca meteorizada	Entre 62 Y 72	Entre 38 Y 47	Entre 26 Y 28	Entre 13 Y 20	Entre 34 Y 40	CL ML	-	-	-	-				
Sondeo:		P-7	Ubicación:						CAV CERRO CRISTO REY			Localización:			CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie				
A	0,0-0,30	Capa Vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
B	0,30-4,2	Limo inorganico de color rojizo vetas café y amarilla con un porcentaje medio alto de roca meteorizada consistencia media.	56	50	40	10	28	MH	-	1,57	1,58	-				
C	4,2-4,5	Limo inorganico de color amarillo con vetas gris con un porcentaje medio bajo de arena consistencia media.	94	61	37	25	34	MH	-	-	-	-				
Sondeo:		P-8	Ubicación:						CAV CERRO CRISTO REY			Localización:			CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie				
A	0,0-0,4	Capa Vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
B	0,4-2,0	Limo inorganico de color amarillo rojizo y vetas café y gris con un bajo porcentaje de arena consistencia media.	93	55	36	19	34	MH	-	-	-	-				
C	2,0-6,0	Limo inorganico de color rojizo y vetas café y amarillas con un porcentaje bajo de arena consistencia dura.	93	61	38	23	35	MH	-	-	-	-				
Sondeo:		P-9	Ubicación:						CAV CERRO CRISTO REY			Localización:			CALI-VALLE	
Capa	Prof m	Descripción	Pasa 200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HN (%)	USCS	AAHSTO	g T/m3	qu Kg/cm2	N golp/pie				
A	0,0-0,3	Capa vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
B	0,3-6,0	Limo inorganico de color rojizo vetas café y amarillas bajo porcentaje de arena consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

Tabla No. 4 Propiedades geomecánicas por sondeo (continuación)

En las tablas No. 5 y No. 6 se dan valores de referencia para la consistencia y densidad de suelos cohesivos y granulares.

N. Número de Golpes (SPT.)	Descripción relativa de la arena en cuanto al tamaño del grano	Estado relativo de densidad	Angulo de fricción del suelo
1-2 2-3 3-6	Fina Media Gruesa	Muy suelta	26-28 27-28 28-30
3-6 4-7 5-9	Fina Media Gruesa	Suelta	25-40
7-15 8-20 10-25	Fina Media Gruesa	Media	40-50
16-30 21-40 26-45	Fina Media Gruesa	Densa	50-60
>45	Fina Media Gruesa	Muy densa	50-70

Tabla No 5. Densidad relativa y de suelos cohesivos respecto a N

N. Número de Golpes (SPT.)	Consistencia	(Qu). Resistencia a la Compresión
0-2	Muy blanda	0-25
2-5	Blanda	25-50
5-10	Medio firme	50-100
10-20	Firme	100-200
20-30	Muy firme	200-400
>30	Dura	>400

Tabla No 6. Consistencia de suelos cohesivos respecto a N

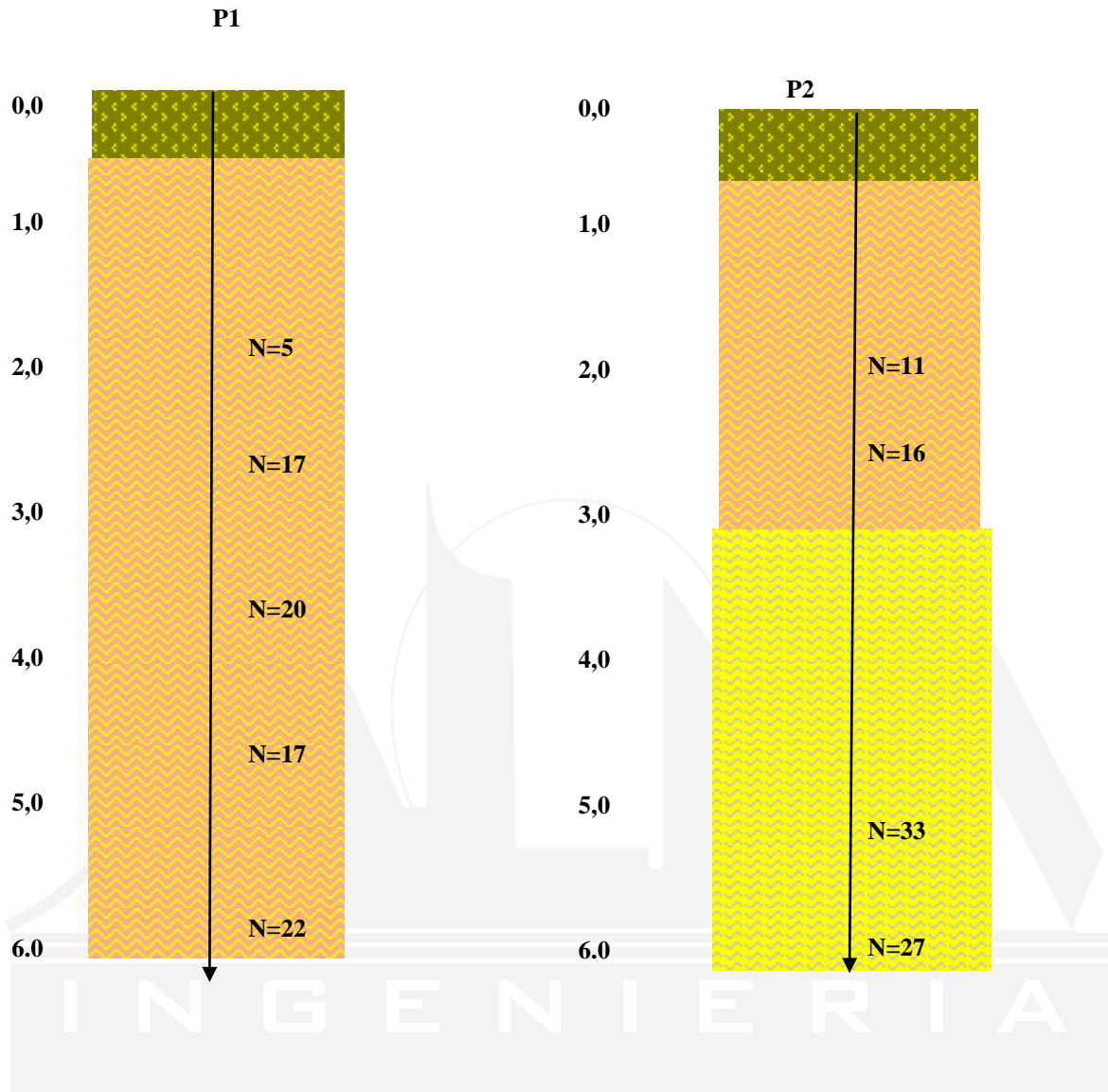


Figura No 5. Columnas estratigráficas P1 y P2

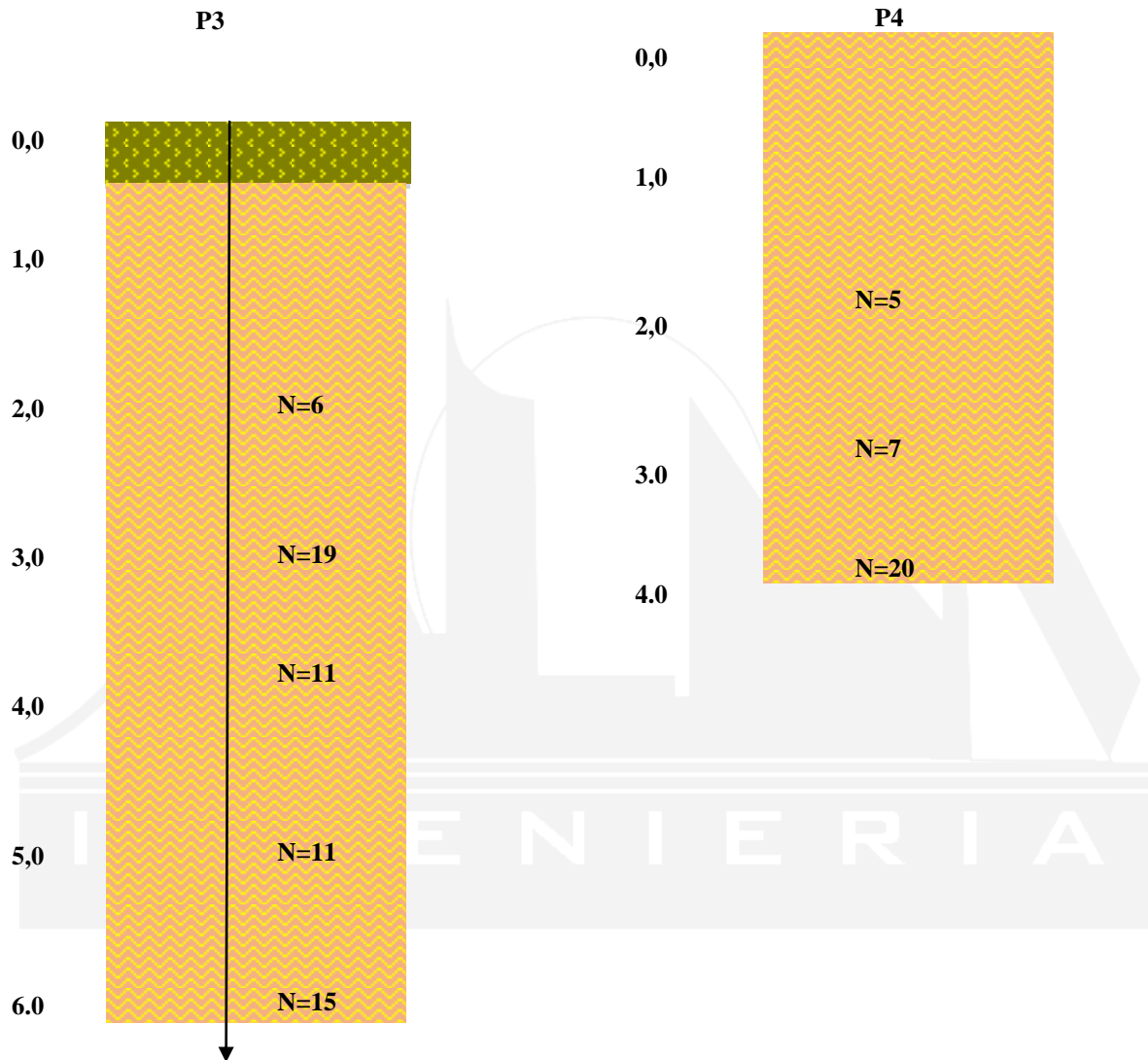


Figura No 6. Columnas estratigráficas P3 y P4

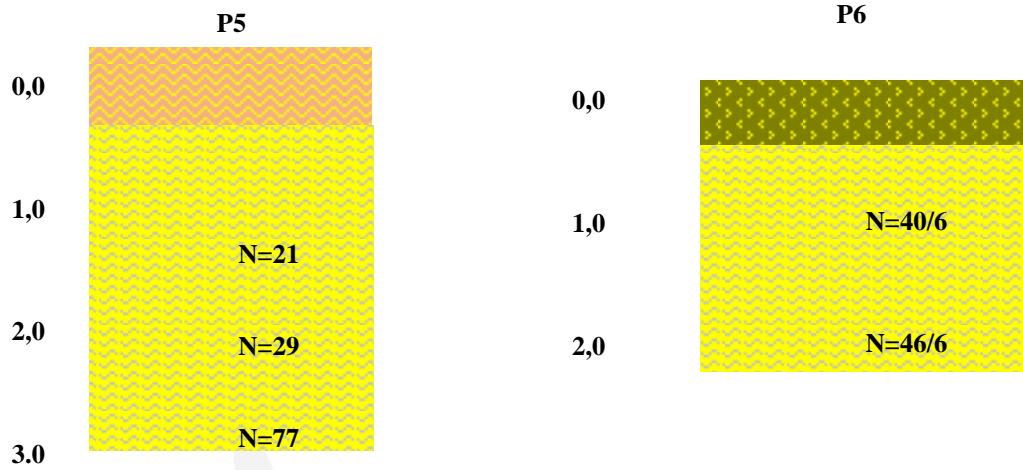


Figura No 7 Columnas estratigráficas P5 y P6

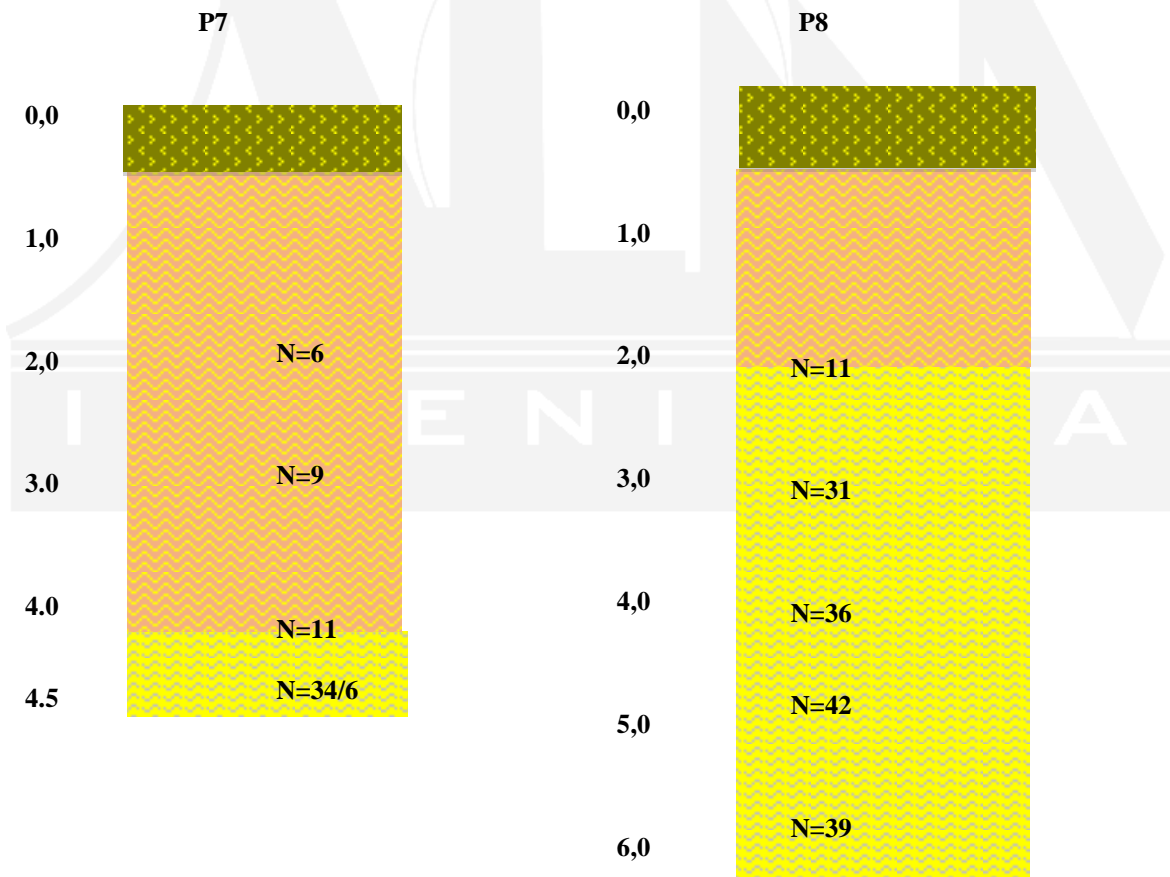


Figura No 8 Columnas estratigráficas P7 y P8

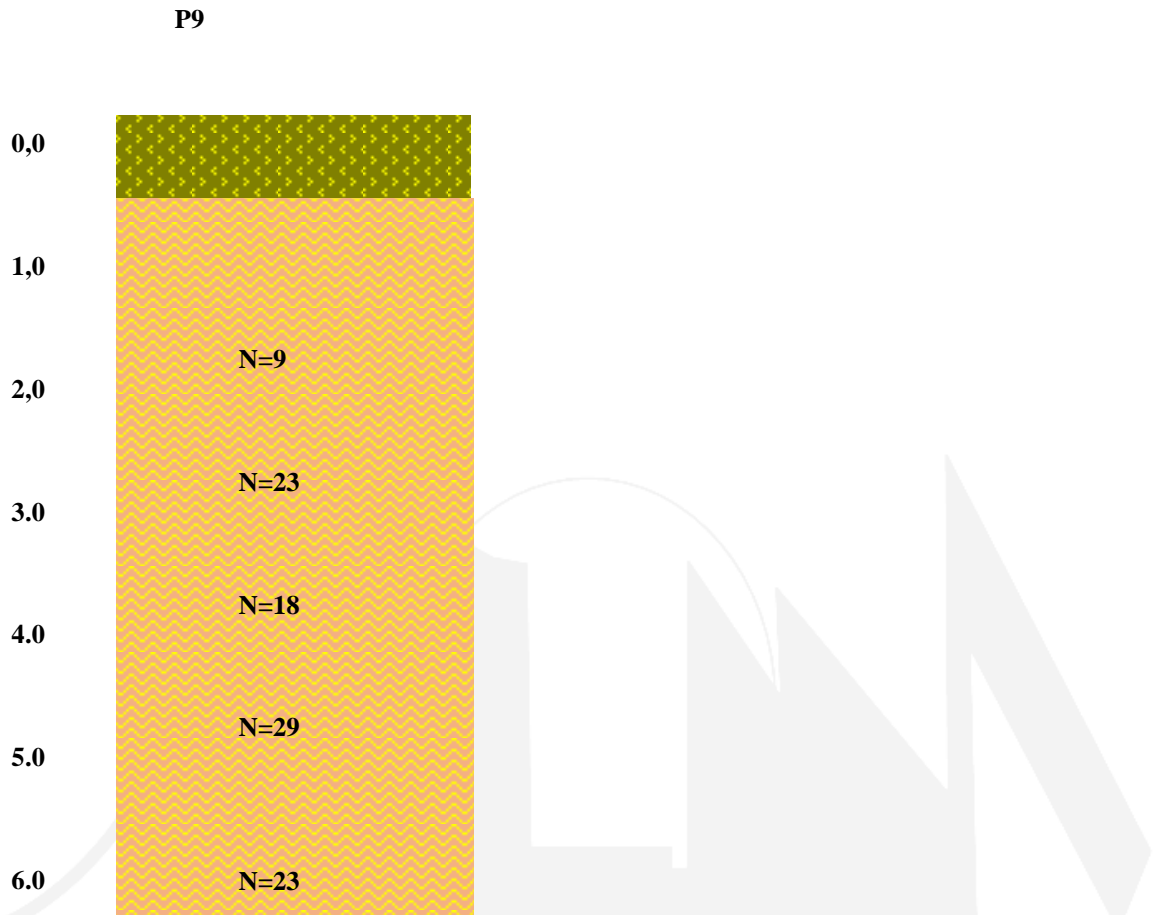


Figura No 9. Columnas estratigráficas P9

6. NIVEL FREÁTICO Y DRENAJE

El nivel freático estabilizado no se detectó a las profundidades exploradas. Por lo tanto, y dados los niveles de excavación proyectados no se anticipan mayores inconvenientes acarreados por la infiltración de aguas, además, se deberá tener en cuenta la utilización de motobombas para evacuar las

excavaciones, máxime si se acometen trabajos durante la temporada invernal.

Sin embargo, se deberá dotar todas las estructuras de las debidas obras hidráulicas y drenajes para prevenir erosión de taludes y sobrecargas por acumulación de presión hidrostática tras los muros de contención.

6. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO SISMO-RESISTENTE

6.1 SISMICIDAD REGIONAL (Fuente: OSSO - Ingeominas)

Toda la región andina de Colombia está determinada, en términos de fallas geológicas y sismos, por la convergencia de dos grandes placas tectónicas, la de Nazca (oceánica) y la de Sudamérica (continental). Entre estas dos, el llamado "Bloque Norandino" se ha desarrollado como una microplaca, con movimiento en dirección NNE.

Dentro del esquema de esfuerzos regionales producidos por la fricción entre estas placas, se destacan tres tipos de fuentes sísmicas de importancia para la zona:

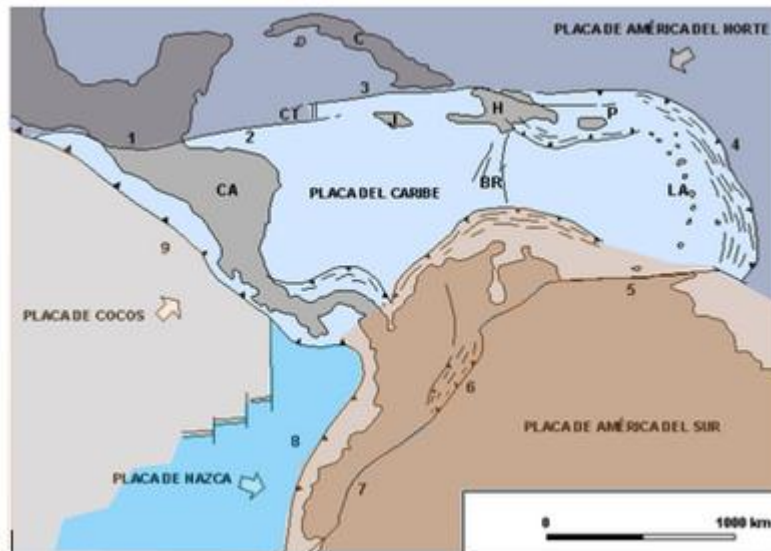


Figura No 8. Estado de esfuerzos-tectónica regional.

- a) La "*Zona de Subducción*", cuya traza superficial corre a unos 150-200 Km de la Costa Pacífica. Es la más importante de las fuentes sísmicas en Colombia, en términos de magnitudes máximas (mayores de 8.0) y recurrencias, con sismicidad superficial hasta profundidades de 40 Km, aproximadamente.
- b) Sismicidad de la "*Zona de Wadati-Benioff*", en la parte profunda del plano de fricción entre las placas que convergen. Su sismicidad es la más profunda de la región, hasta más de 100 Km.

Su actividad se concentra básicamente en la parte norte del departamento del Valle del Cauca, provenientes de fuentes tales como

las *Fallas Orientales del Rio Cauca y el Sistema Frontal de la Cordillera Oriental*. Sus magnitudes pueden ser de 7.0, a profundidades intermedias (cerca de 50 Km)

- c) "*Sismicidad "Intraplaca"*". A esta categoría pertenecen fallas del sistema que atraviesa el País de Sur a Norte y puede generar los sismos más cercanos a la ciudad. Otros sistemas de fallas activos que eventualmente afectarían por su cercanía a la zona son la *Falla de Trujillo, Falla de Dagua - Calima* y algunas fallas transversales.

6.2 PERFIL DE SUELO

Al cruzar tanto las informaciones preliminares de orden geológico y geotécnico, se puede recomendar en la modelación estructural a fin de valorar los efectos locales de amplificación de ondas sísmicas de acuerdo a la Norma Sismo-Resistente Colombiana (NSR-2010) lo siguiente:

Siguiendo lo estipulado por la actualización de la Norma (NSR-2010), se puede asumir como un perfil tipo C, cuyo espectro de respuesta se puede trazar con los parámetros mostrados en las tablas No. 8 y No. 9. Los distintos valores de aceleraciones pico y zona de amenaza se muestra en la Tabla No 10.

C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (=1 \text{ kgf/cm}^2)$

Figura No 9. Perfil de Suelo Amplificación Efecto de Sitio

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1
E	2.5	1.7	1.2	0.9	nota
F	nota	nota	nota	nota	nota

nota: debe realizarse una investigación geotécnica para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

Tabla No 8. Valores coeficiente F_a para zona periodos cortos del espectro.

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	nota
F	nota	nota	nota	nota	nota

nota: debe realizarse una investigación geotécnica para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

Tabla No 9. Valores coeficiente F_v para la zona periodos largos del espectro

En la tabla No 10. se muestra la zona de amenaza y los parámetros de diseño sísmico para la Ciudad de Cali, incluyendo el Umbral de Daño para este tipo de edificaciones.

Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_c	A_d
Cali	76001	0.25	0.25	Alta	0.15	0.09

Tabla No 10. Valores de A_a , A_v , A_e y A_d para la zona del proyecto.

Respecto a la microzonificación sísmica de Santiago de Cali, el sector corresponde a la **Zona No 1: Cerros**

Unidad	Id	Periodo Elástico	PGA	Diseño				Mínimos				Seguridad Limitada				Umbral Daño			
				Aa=0.25		Av=0.25		Aa=0.25		Av=0.25		Ae=0.15				Ad=0.09		Tod=0.25	
		seg	Ao	Tc	Fa	Tl	Fv	Tc	Fa	Tl	Fv	Tc	Fa	Tl	Fv	Fv	S	TCd	Tld
Cerros	1	0.2 - 0.3	0.26	0.55	0.86	3.00	0.99	0.55	0.72	3.00	0.83	0.55	0.86	3.00	0.99	0.99	1.24	0.62	3.00

Tabla 11. Coeficientes para Diseño Sísmico Zona 2. Cerros

6.3 LICUACIÓN

La licuación de suelos, es un fenómeno en el que, el incremento de la presión del agua intersticial de los suelos, hace que la fricción entre los granos se pierda, reduciendo la resistencia al corte al mínimo, al punto de no poder soportar su propio peso y mucho menos, el de las cargas impuestas., comportándose mecánicamente el suelo, como un líquido.

Este incremento de presión lo pueden generar entre otros factores, un flujo de agua de infiltración con sub-presión excesiva, y en la mayoría de los casos, vibraciones de alta frecuencia, como la generada por maquinaria y generalmente, los sismos. Las arenas limpias, relativamente sueltas son los materiales más susceptibles.

El riesgo de licuación de estratos superficiales, inducido por cargas dinámicas, (en este caso, sísmicas) se puede presentar en suelos con las siguientes características:

- Fracción menor que 0.05 mm \leq 15%
- Contenido de humedad \cong límite líquido
- Límite líquido \leq 35%
- Índice de plasticidad \leq 6
- $D_{10} \cong 0.1$ mm y $C_u \leq 5$ para arenas sueltas saturadas
- (SPT) $N < 20$ arenas y gravas finas saturadas

De acuerdo a los materiales encontrados en el presente estudio, la posibilidad de licuación de los suelos de apoyo es nula.

7 POTENCIAL CONTRACTO EXPANSIVO DEL SUELO.

Los suelos pueden contener minerales arcillosos que, dada su composición química, pueden causar reacciones físico-químicas al contacto con moléculas de agua. Estas reacciones se ven reflejadas de manera macroscópica, con incrementos (ante el exceso de agua) o disminuciones (con la pérdida de agua) del volumen de los materiales.

Estas variaciones se ven reflejadas en movimientos estacionales ascendentes o descendentes de la superficie del suelo, que pueden afectar la estabilidad de las estructuras y pisos apoyados sobre el mismo. Las arcillas y limos de alta plasticidad, ubicados sobre el nivel freático son los suelos más susceptibles. En este caso, los materiales de las Capas B y C, no presentan características que los hacen susceptibles de sufrir problemas de contracto-expansión.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidometro bajo presión vertical de 0.07 Kgf/cm2	Limite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra	Expansión libre EL, en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	>63	<10	>32	>37	>100
Alto	20-30	50-63	6-12	23-45	18-37	>100
Medio	10-20	39-50	8-18	12-34	12-27	50-100
Bajo	<10	<39	>13	<20	<17	<50

Tabla No 12. Valores de referencia suelos Potencial Contracto-expansivo.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9.1 CIMENTACIÓN EDIFICACIONES

- Los materiales encontrados constan de una capa vegetal de 30-40 cm, sobre suelos residuales, conformados por limos arcillosos de alta plasticidad y consistencia media a dura, incrementando con la profundidad.

- En el momento de la elaboración del presente informe, no se tiene el diseño arquitectónico del proyecto, pero la información preliminar permite hacer recomendaciones para edificaciones de dos pisos y luces relativamente pequeñas.
- Por tal razón, inicialmente se recomienda (en caso que los valores de fuerzas y momentos transmitidos a la cimentación lo permitan sin que se repercutan en dimensiones exageradas de los elementos) acometer un diseño de cimentación superficial tipo zapata, sobre un relleno de mejoramiento. Ver figura No 9
- Estos elementos deberán estar apoyados sobre un reemplazo en material granular (tipo sub-base granular Norma INVIAS 330) o Concreto Ciclópeo de espesor mínimo, 0.5 m, apoyado sobre materiales de la Capa B, a una profundidad (D_r) a seleccionar de acuerdo a los requerimientos de carga y basada en la información suministrada en la tabla No 13.

Profundidad (D_r)	q_{adm} (ton/m ²)
-1.5	12.0
-2.0	16.0
-2.5	18.0

Tabla No 13. Capacidad portante admisible vs profundidad.

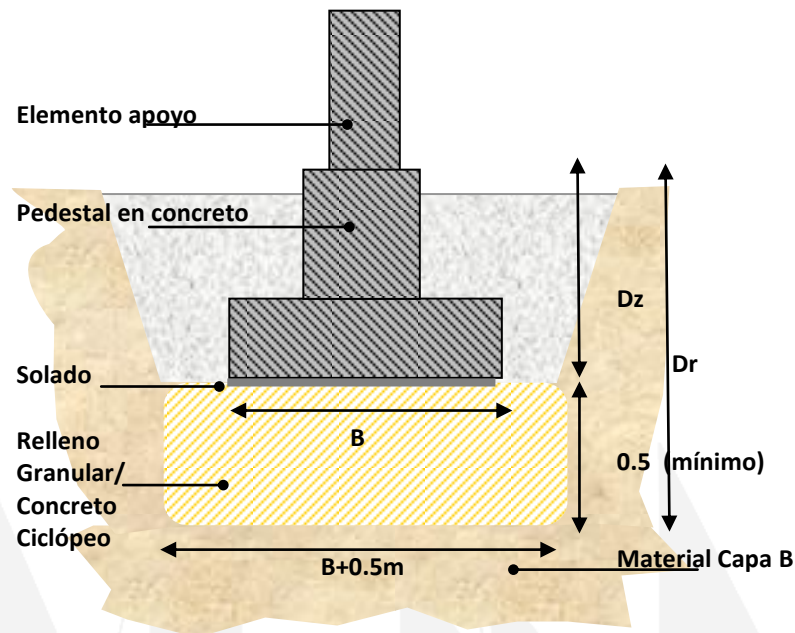


Figura No 9. Cimentación superficial estructura

- El fondo de las excavaciones deberá ser recompactado con equipo liviano (rana o saltarín) en un espesor mínimo de 15 cm.
- Los materiales presentan buena estabilidad ante cortes verticales, hasta alturas cercana a los 2.5 m, por lo que no se anticipa ninguna medida de contención adicional para las excavaciones. Sin embargo, se recomienda proveerlos de un chaflán de 1H: 3V para mejorar su estabilidad a corto plazo.

- Las edificaciones pequeñas como casetas se podrán apoyar sobre vigas de amarre y/o equilibrio, chequeadas con una capacidad portante de 0.9 kg/cm^2 (9.0 ton/m^2), apoyadas sobre un relleno en material tipo sub-base granular o concreto ciclópeo de dimensiones mínimas, $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ llevados hasta material de la Capa B. Esta cimentación es apta para estructuras pequeñas en mampostería estructural.
- Los valores de capacidad portante, en el caso de chequeo por sismo, pueden ser incrementados en un 25% dado que son eventos de corta duración.
- Las distintas nivelaciones podrán ser realizadas con material tipo Afirmado (Norma INVIAS 311).
- Parámetros especializados de diseño elástico y modelación de estructuras enterradas, tales como coeficientes de balasto horizontal y vertical (k_h, k_v) y módulos elásticos (E_s), dependen de la sección, dimensiones de tales estructuras y hasta del método de modelación, por lo que, en esta fase del proyecto se suministran de manera preliminar, en la tabla No 14.

- Estos valores son válidos para el cálculo de estructuras de contención temporal y muros de contención de baja altura (hasta 3.0 m).

PARAMETROS DE DISEÑO SUELO		Capa B : Limos arcillosos medios		
Parámetro		Símbolo	Valor	Unid
Cohesión no drenada		Cu	0,80	Kg/cm ²
Peso unitario húmedo		γ	1,80	T/m ³
Angulo de fricción interna		ϕ	20	°
Coefficiente empuje activo		Ka	0,49	Adim
Coefficiente empuje pasivo		Kp	2,04	Adim
Angulo fricción suelo-concreto		μ	10	°
Módulo de elasticidad		Es	2,450	MPa
Módulo de cortante		G'	91863	KPa
Módulo de Poisson		ν	0,50	Adim
Coefficiente de balasto vertical		k _{sv}	1,98	kg/cm ³
Coefficiente de balasto horizontal		k _{sh}	0,99	kg/cm ³

Tabla No 9.4 Parámetros de diseño elástico enterradas en Capa B

- En caso que las magnitudes de cargas y momentos, resultado de la modelación estructural, redunden en dimensiones exageradas de zapatas, se deberá optar por cimentaciones profundas o semi-profundas. Datos sobre capacidades de carga y profundidades de cimentación, se suministrarán ante solicitud del calculista y previa entrega de los resultados de dicha modelación.
- Los cortes si van a permanecer a la intemperie durante lapsos más o menos prolongados, se deberán proteger de la desecación mediante

concreto lanzado sobre malla de gallinero, humedeciendo constantemente.

- Estos valores deberán ser chequeados cuando se tengan los valores definitivos de carga y momentos impuestos por la súper-estructura.
- Las excavaciones, perimetralmente deberán ser provistas de un chaflán (pendiente) 1H:3V.
- Así mismo, se debe procurar construir zanjas de drenaje perimetral para evitar el acceso del agua de escorrentía desde el exterior del predio hacia las plataformas de las edificaciones.
- Los taludes permanentes, deberán ser protegidos de la erosión y socavación mediante empradizado y siembra de especímenes autóctonos que aporten estabilidad con su sistema radicular.
- La estructura de pavimentos y pisos (nuevos) se sugiere en la figura No. 9.2. Se les debe dotar de todas las respectivas obras de arte, bombeo y drenajes.



Figura No 10. Alternativa estructura pisos (tráfico liviano)

10. LIMITACIONES

Todas las especificaciones y recomendaciones consignadas en este informe (cuya variación no debe hacerse sin previa autorización escrita) son fruto de los resultados obtenidos tanto en los trabajos de campo como en los ensayos de laboratorio. Por lo tanto, no se anticipa limitación alguna a menos que se cambie la magnitud de las cargas sin previo aviso o se ejecuten las labores de diseño y construcción sin la correspondiente supervisión técnica (interventoría) ni el debido control de calidad en cada uno de los pasos del proyecto.

LUIS FERNANDO MONTOYA G
INGENIERO CIVIL
MP 76202-76700 VLL

ANEXO No 1
FORMATOS TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

