



LGA INGENIEROS CIVILES S.A.S.

2022-11-02I

**PROYECTO – EL EDEN
MUNICIPIO DE LA UNIÓN (ANT)
ESTUDIO DE SUELOS
DICIEMBRE DE 2023**

EDYFICA
• ORGANIZACIÓN •



TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN.....	5
2	LOCALIZACIÓN.....	6
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	7
4	ASPECTOS GEOTÉCNICOS	9
4.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO Y ANÁLISIS DE LABORATORIO	9
4.2	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES.....	12
4.2.1	Aspectos geológicos	12
4.2.2	Génesis geológico.....	12
4.2.3	Geomorfología:.....	12
4.2.4	Condiciones de estabilidad geotécnica:.....	12
4.2.5	Estratigrafía.	12
4.2.6	Nivel Freático.....	13
4.3	Análisis potencial de licuación	14
5	ANÁLISIS DE CIMENTACIONES.....	18
5.1	SISTEMA DE CIMENTACIÓN	18
5.2	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUBSUELO	18
5.3	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS PILOTES.....	20
5.4	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA LOSA	24
5.5	CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS.....	24
5.5.1	Asentamiento Losa de cimentación.....	24
5.5.2	Asentamiento del sistema de Pilotes.....	¡Error! Marcador no definido.
5.6	DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN	28
5.6.1	Pilotes	28
5.6.2	Losa de cimentación	28
5.7	PROCESO CONSTRUCTIVO	29
5.8	PARÁMETROS PARA DISEÑO SISMO-RESISTENTE.....	31
5.8.1	Perfil del subsuelo	32
5.8.2	Módulo de reacción lateral.....	33



5.9	SISTEMAS DE DRENAJE.....	34
5.10	INCIDENCIA DE LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO EN LA INFRAESTRUCTURA Y CONSTRUCCIONES VECINAS.....	34
5.11	OTRAS RECOMENDACIONES.....	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización del proyecto	6
Figura 2.	Urbanismo General.....	7
Figura 3.	Planta edificios	7
Figura 4.	Vista frontal del proyecto	8
Figura 5.	Vista Lateral del proyecto	8
Figura 6.	Localización sondeos exploratorios	10
Figura 7.	Perfil estratigráfico	13
Figura 8.	Análisis licuación perforación 9	15
Figura 9.	Análisis licuación perforación 11	16
Figura 10.	Análisis licuación perforación 14	16
Figura 11.	Análisis licuación perforación 18	17
Figura 12.	Correlación SPT - ángulo de fricción	18
Figura 13.	Correlación SPT - Módulo de elasticidad	19
Figura 14.	Etapas 1 - colocación del remplazo estructural.....	29
Figura 15.	Etapas 2 - construcción de pilotes.....	30
Figura 16.	Etapas 3 - Construcción parcial de la estructura	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17.	Etapas 4 - Construcción losa de cimentación	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18.	Terminación de la estructura.....	30
Figura 19.	Perfil de velocidades.....	31
Figura 20.	Clasificación de los perfiles de suelo.....	32



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura y profundidad sondeos	9
Tabla 2. RESUMEN DE RESULTADOS DE EXPLORACIÓN Y DE LABORATORIO	11
Tabla 3. Registros de nivel freático	13
Tabla 4. Valores CRR.....	14
Tabla 5. Factor de corrección CRR	15
Tabla 6. Parámetros geomecánicos del suelo	19



1 PRESENTACIÓN

Este documento corresponde al informe del estudio de suelos y recomendaciones geotécnicas para el proyecto denominado “**EL EDEN**”, localizado en el municipio de **LA UNIÓN (Antioquia)**, cuya construcción estará a cargo de la firma **EDYFICA**, el cual estará conformado en su primera etapa por tres torres de apartamentos de 5 niveles.

El estudio se adelantó de acuerdo con los términos de referencia establecidos en la propuesta técnica-económica presentada a consideración de la firma **EDYFICA**, propuesta que fue aprobada oportunamente por dicha empresa; se orientó entonces a identificar en detalle las condiciones geotécnicas del subsuelo y sus propiedades mecánicas aplicables al análisis y al diseño de la infraestructura correspondiente al edificio en cuestión.

Para el desarrollo del estudio, la empresa **EDYFICA** suministró información correspondiente a la exploración del subsuelo (perforaciones en profundidad y ensayos de laboratorio), adelantados por la empresa INCIGAM con fecha de diciembre de 2020.; dicha información fue procesada y evaluada por parte nuestra; con base en ello se realizaron entonces los análisis correspondientes de acuerdo con la tipología de las edificaciones en proyecto. El estudio se orientó **específicamente** a analizar alternativas de cimentación de los edificios con base en la información del estudio de suelos disponible.

De acuerdo con lo anterior se establecieron criterios y parámetros de tipo geotécnico aplicables al análisis y diseño del sistema de cimentación de las edificaciones en cuestión y de su infraestructura correspondiente.

Se presentan entonces en este documento conclusiones en relación con las características geotécnicas del lugar y se formulan criterios, parámetros y recomendaciones aplicables a la elaboración de los diseños correspondientes y para la construcción del proyecto.

Se consigna en este informe una memoria descriptiva del proceso desarrollado, resultados y conclusiones específicas en relación con los siguientes aspectos:

- Tipo de formación geológica;
- Relieve predominante;
- Configuración estratigráfica del subsuelo;
- Propiedades mecánicas de los materiales predominantes.
- Condiciones de agua libre subterránea;
- Tipo, profundidad y características de sistemas de cimentación;



- Parámetros por tener en cuenta para el diseño sismo resistente de las estructuras;
- Recomendaciones generales para sistemas de drenaje.
- Recomendaciones geotécnicas aplicables al proceso constructivo.

2 LOCALIZACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en el sector El Edén del municipio de La Unión, a la altura de la vía La Unión-Sonsón, a menos de 1 km hacía el oriente del casco urbano del municipio.

El Municipio de La Unión se localiza en el Oriente Antioqueño, limitando con los municipios de La Ceja, Abejorral, Carmen de Viboral y Sonsón.

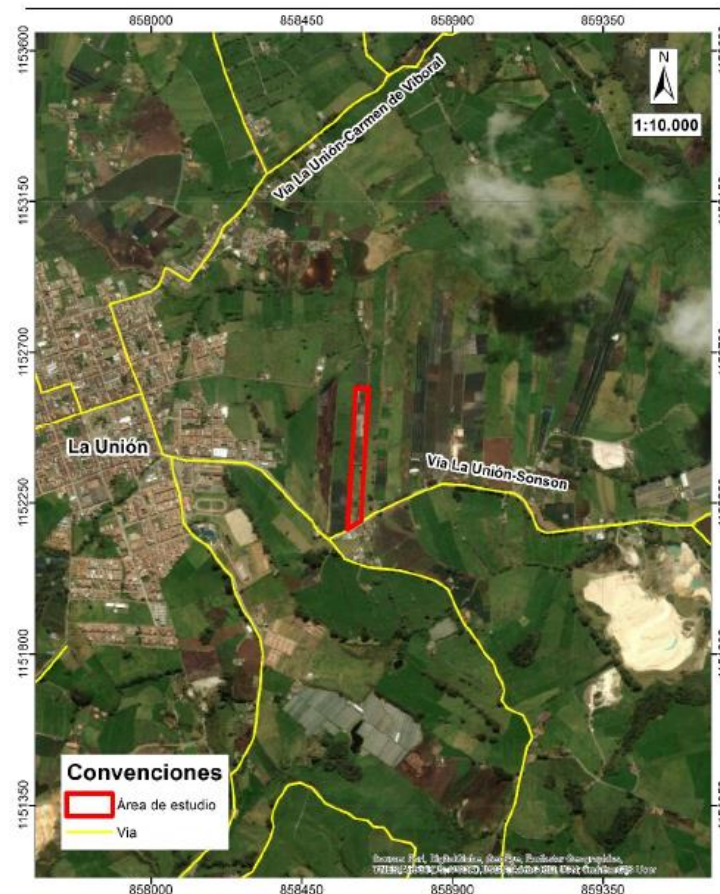


Figura 1. Localización del proyecto



3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto en cuestión estará conformado por tres torres de apartamentos de 5 niveles. La estructura de las torres estará conformada por muros en concreto reforzado.

En las figuras 1 y 2 se ilustra la distribución del proyecto.



Figura 2. Urbanismo General

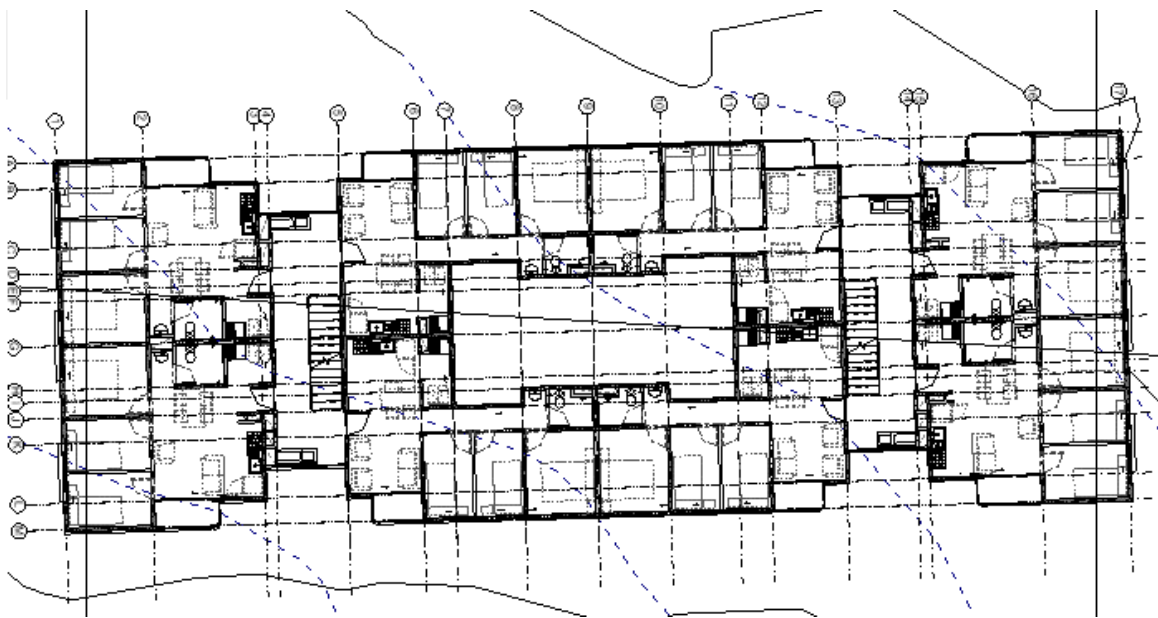


Figura 3. Planta edificios



LGA INGENIEROS CIVILES S.A.S.

ASESORÍA GEOTÉCNICA
INTERVENTORIA
SUPERVISIÓN TÉCNICA DE OBRAS CIVILES
PAVIMENTOS

En las figuras 4 y 5 se ilustran las fachadas del proyecto.

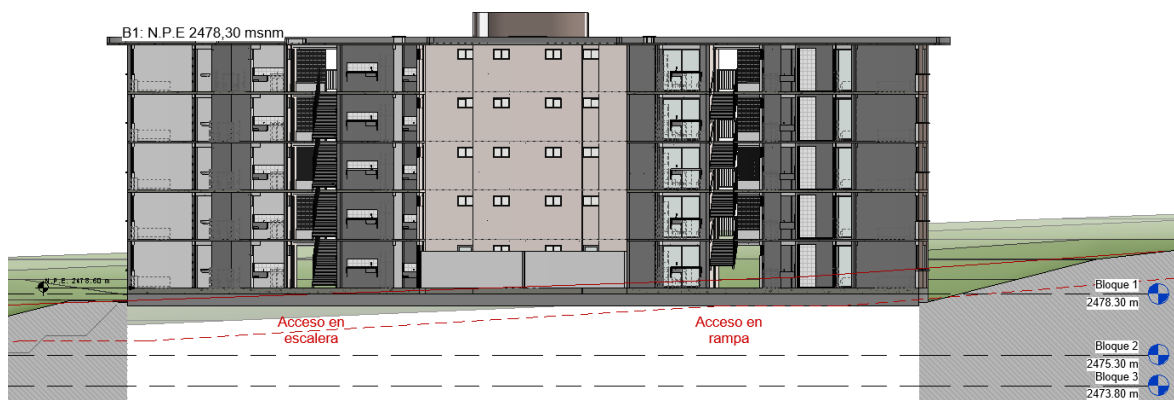


Figura 4. Vista frontal del proyecto



Figura 5. Vista Lateral del proyecto



4 ASPECTOS GEOTÉCNICOS

La asesoría geotécnica de nuestra parte se adelantó con la siguiente secuencia de actividades:

4.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Inicialmente se examinó el informe del estudio de suelos del lote que nos fue suministrado por la firma Edyfica y de acuerdo con ello se realizó un reconocimiento geotécnico a nivel macroscópico de todo el predio; en esta etapa se verificaron los accidentes geotécnicos de mayor relevancia para su desarrollo, a saber: relieve, geomorfología, sistemas de drenaje, tipos de suelos y en general condiciones de estabilidad geotécnica predominantes en el lugar.

Sondeos

Verificación, de acuerdo con la localización de las edificaciones y de sus características (número de niveles), de la representatividad de los sondeos exploratorios practicados por la empresa INCIGAM con fecha de diciembre de 2020, (8 de ellos localizados en los sectores donde se implantarán las torres de apartamentos y 3 sondeos en el sector de la plataforma de parqueaderos), sondeos realizados con equipo mecánico hasta profundidad máxima de 15 metros, con ensayos de penetración normal metro a metro y registro de la secuencia estratigráfica encontrada y de las condiciones de agua libre subterránea (presencia ó ausencia del nivel freático).

En la **figura 6** se ilustra de forma esquemática la localización aproximada de los sondeos exploratorios adelantados; su nomenclatura y profundidad se consignan en la tabla # 1.

Perforación	Profundidad (m)
9	15.5
10	15.5
11	15.5
12	15.5
13	15.5
14	15.5
17	15.5
18	15.5

Tabla 1. Nomenclatura y profundidad sondeos

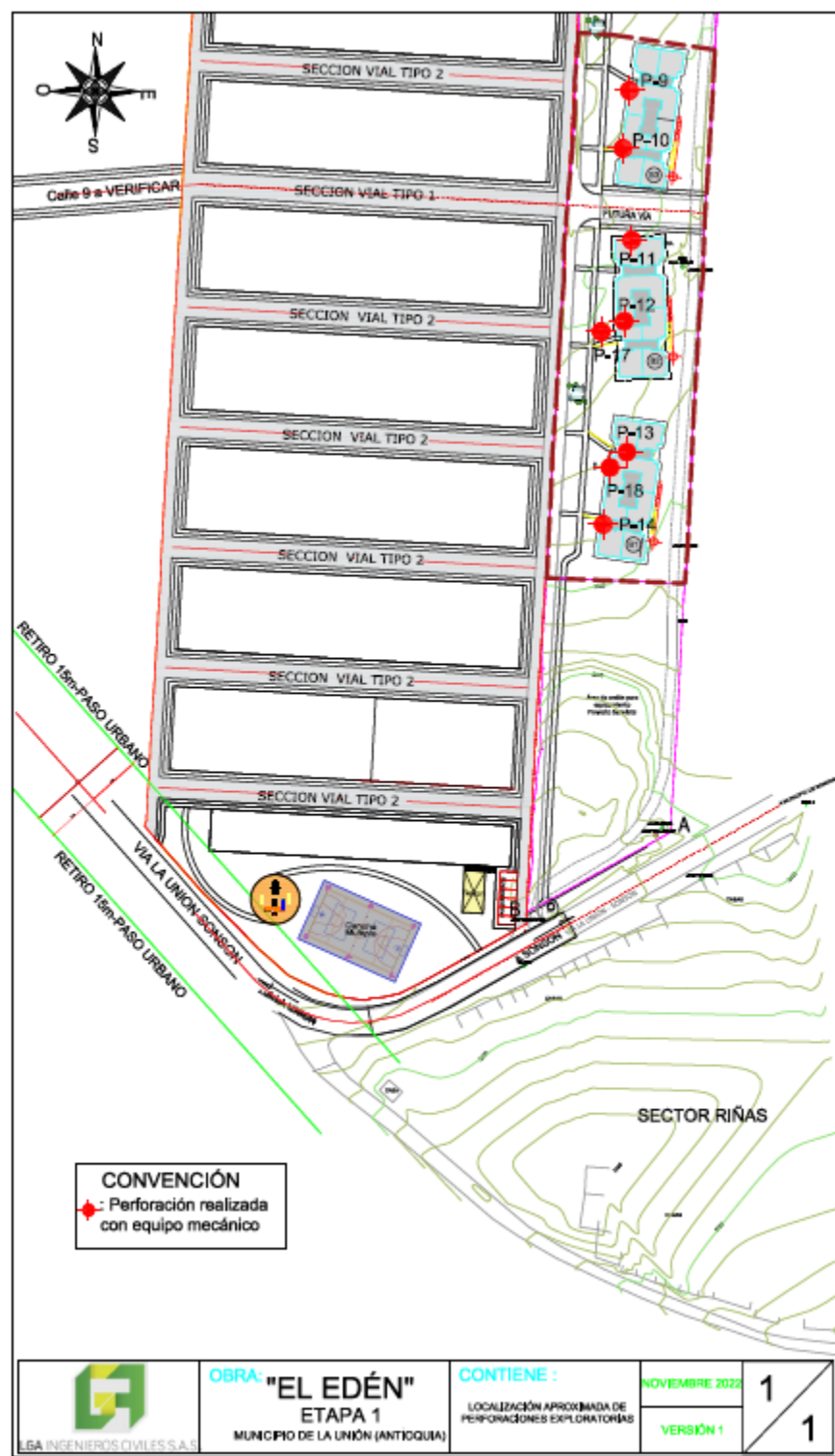


Figura 6. Localización sondeos exploratorios



Análisis e interpretación de resultados

Los resultados correspondientes a las etapas de campo y de laboratorio referidas en los apartes anteriores fueron analizados a la luz de las características específicas del proyecto y de las condiciones particulares identificadas en el subsuelo.

Resultados

En los registros de exploración y de laboratorio (ANEXOS 1 Y 2) y en el cuadro resumen de resultados que se anexan al final de este informe se ilustran en forma esquemática los resultados extraídos del informe de suelos disponible en las etapas descritas en los apartes anteriores; se consigna información específica en relación con los siguientes aspectos:

- Registro estratigráfico del subsuelo;
- Resultados de ensayos SPT;
- Contenido natural de humedad de muestras seleccionadas;
- Registro de la profundidad del nivel freático;
- Límites de consistencia y clasificación de muestras representativas del subsuelo;
- Fracción fina (partículas menores que el tamiz N° 200) para los ejemplares sometidos a ensayos granulométricos; y

PERFORACIÓN #	PASA 200 (%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	HUMEDAD NATURAL (%)	CLASIFICACIÓN UNIFICADA (U.S.C.)	COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm ²)	DENSIDAD SECA (Kg/m ³)
P9-M4	80	74	38	36	59	MH		
M5	89	98	49	49	78	MH		
M8	46	37	24	13	32	SC		
M11	47	38	25	13	29	SC		
P10-M4	94	74	39	35	60	MH		
M12	47	37	25	12	33	SC		
M13	49	38	26	12	28	SM		
P11-M4	87	84	41	43	72	MH		
M6	71	61	33	28	57	MH		
M12	46	37	23	14	26	SC		
P12-M8	87	66	37	29	61	MH		
P13-M3	85	116	54	62	103	MH		
M11	49	40	22	18	34	SC		
P14-M4	78	90	50	40	99	MH		
M9	88	94	42	52	82	MH		
M11	49	37	24	13	30	SC		

P18-M4					34			
M5	81	67	35	32	50	MH		
M9	65	61	33	28	46	MH		
M15	45	38	25	13	33	SM		

Tabla 2. RESUMEN DE RESULTADOS DE EXPLORACIÓN Y DE LABORATORIO



4.2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES

4.2.1 Aspectos geológicos

Las características geológicas generales de la región y correspondientes al lote en estudio se presentan en detalle en el informe de suelos presentado por la empresa INCIGAM con fecha de diciembre de 2020.

Se resaltan los siguientes aspectos:

4.2.2 Génesis geológico

Con base en la exploración geotécnica se detecta en profundidad la presencia de depósitos aluviales finogranulares de origen lacustre, sobre los cuales reposan depósitos de ceniza volcánica recubiertos por capas orgánicas de espesores variables. La formación lacustre reposa sobre suelos de formación de tipo residual (meteorización “in situ” de la roca originaria).

4.2.3 Geomorfología:

El lote en estudio se ubica sobre una ladera que exhibe pendiente baja, descendente en sentido general Sur-Norte.

4.2.4 Condiciones de estabilidad geotécnica:

En el área donde se desarrollará el proyecto no se identifican procesos morfodinámicos que puedan repercutir en el correcto desarrollo de las obras.

4.2.5 Estratigrafía.

En términos generales, a través de la profundidad total explorada, se detectó al interior del subsuelo la siguiente secuencia estratigráfica:

- El estrato superficial que conforma el subsuelo (primeros 2 metros) corresponden principalmente a depósitos de ceniza volcánica de carácter superficial está constituido por materiales de naturaleza limo-arcillosa, los cuales ofrecen consistencia muy baja; presentan en promedio unos 2 golpes/pie en el ensayo de penetración normal (S.P.T); el material característico se clasifica geotécnicamente como MH (Sistema U.S.C); son de plasticidad alta y su contenido natural de humedad es alto, en general cercano al límite plástico correspondiente al material.
- Bajo los primeros 2 metros del subsuelo se identifica hasta una profundidad de 10 metros un estrato de suelos finogranulares constituidos por materiales de naturaleza limo-arcillosa, se presentan niveles importantes de turbas altamente descompuestas, troncos y raicillas, los cuales ofrecen consistencia excepcionalmente baja; presentan en promedio unos 2 golpes/pie en el ensayo de penetración normal (S.P.T); el material característico se clasifica geotécnicamente como MH (Sistema U.S.C); son de plasticidad alta y su contenido natural de humedad es alto, en general cercano al límite plástico correspondiente al material; se identifican dentro de este estrato limos de color café y beige.



- Subyace al manto de suelo descrito en el párrafo anterior y se prolonga hasta la profundidad total explorada (15 metros) un estrato de suelo constituido por materiales de naturaleza Areno-arcillosa (Horizonte IC), los cuales ofrecen consistencia media; presentan en promedio unos 25 golpes/pie en el ensayo de penetración normal (S.P.T); el material característico se clasifica geotécnicamente como SC (Sistema U.S.C); son de plasticidad alta y su contenido natural de humedad es medio, cercano al límite plástico correspondiente al material; se identifican dentro de este estrato de arenas de color gris verdoso.

4.2.6 Nivel Freático.

Durante la época en que se realizó la exploración de campo (octubre-noviembre de 2020), se detectó el nivel freático en los sondeos realizados, como se muestra en la siguiente tabla. Es posible que estas profundidades difieran con el tiempo, debido a cambios en las condiciones climáticas.

Sondeo	Nivel freático (m)	Sondeo	Nivel freático (m)	Sondeo	Nivel freático (m)
P1	0.10	P8	1.45	P15	1.20
P2	0.10	P9	No se encontró	P16	1.10
P3	0.10	P10	2.18	P17	0.08
P4	0.08	P11	1.06	P18	1.32
P5	0.05	P12	0.10	P19	1.32
P6	1.10	P13	0.15	P20	0.08
P7	1.90	P14	0.10	P21	0.08

Tabla 3. Registros de nivel freático

A continuación, se ilustra de forma gráfica la estratigrafía típica del terreno.

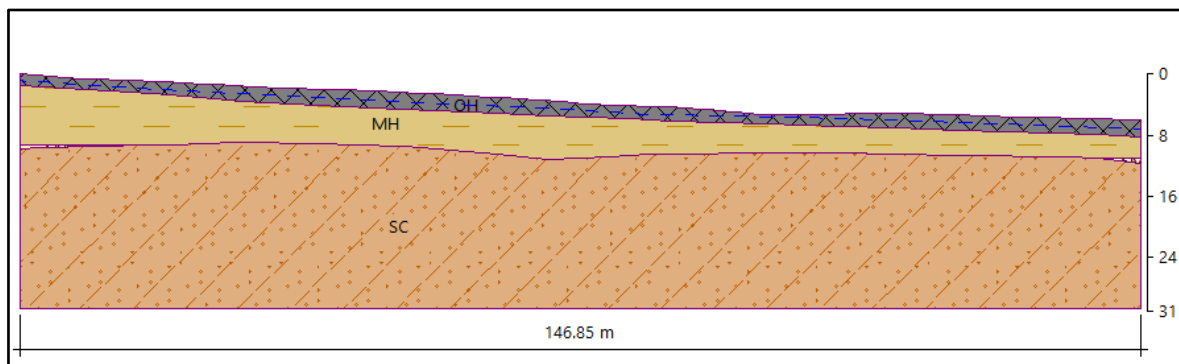


Figura 7. Perfil estratigráfico



4.3 Análisis potencial de licuación

Se realiza el análisis de potencial de licuación de los suelos con el fin de descartar este fenómeno que pueda comprometer el perfil del suelo de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma sismo-resistente vigente a la fecha.

Con el fin de evaluar de una manera cuantitativa la susceptibilidad del material se modela la acción de un sismo usando el software Liquec, considerando un sismo de magnitud 6.0 en la escala de Richter, junto con el perfil estratigráfico de los sondeos representativos, que corresponden a los sondeos P9, P11, P14 y P18.

Seed e Idriss propusieron que la relación de esfuerzo cíclico para un suelo a una profundidad determinada durante un terremoto puede ser evaluada; un suelo sufrirá licuación si la razón de tensión tangencial cíclica CSR ocasionada por un sismo es mayor que la resistencia tangencial de un suelo. Es decir:

$$CSR = \frac{\tau_{cm}}{\sigma'_v} = 0,65 \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \frac{a_{max}}{g} r_d$$

Donde:

τ_{cm} = esfuerzo cortante cíclico medio

σ_v = tensión total

σ'_v = tensión efectiva

a_{max} = aceleración máxima horizontal

g = aceleración de la gravedad

r_d = factor de reducción con la profundidad ($r_d = 1 - 0,015z$, siendo z la profundidad).

CRR: Valor de resistencia a la licuefacción (Cyclic Resistance Ratio). Se trata de un número adimensional que trata de medir la resistencia a la licuación en base al contenido en finos y valor del SPT corregido por la sobrecarga y efecto de la energía de ensayo.

(N_{60})	Porcentaje de finos		
	$\leq 5\%$	15%	30%
5	0,06	0,10	0,13
10	0,11	0,16	0,18
15	0,16	0,23	0,26
20	0,22	0,29	0,40
25	0,29	>0,4	>0,5
30	>0,4		

Tabla 4. Valores CRR

Los valores mostrados en la tabla anterior están indicados para terremotos de magnitud momento $M_w=7,5$. Para otros sismos, el valor del CRR debe corregirse por los siguientes valores de corrección:



Magnitud M_w	Factor de corrección
5,5	2,20 a 2,80
6	1,76 a 2,10
6,5	1,44 a 1,60
7	1,19 a 1,25
7,5	1
8	0,84
8,5	0,72

Tabla 5. Factor de corrección CRR

El factor de seguridad frente a la licuación se puede verificar según la siguiente expresión:

$$FS_{liq} = \frac{CRR}{CSR}$$

FS_{liq} : Coeficiente de seguridad, cuando el valor es próximo a la unidad 0,9 a 1,1 las probabilidades de licuación son altas.



Figura 8. Análisis licuación perforación 9



Figura 9. Análisis licuación perforación 11



Figura 10. Análisis licuación perforación 14



Figura 11. Análisis licuación perforación 18

En todas las perforaciones se obtiene factores de seguridad aceptables al fenómeno de licuación; la perforación 14 presenta factores de seguridad cercanos al límite (1.1) entre 5 y 8m, pero ningún valor menor que este, por lo cual se considera que no se tendrán problemas considerables por efectos de licuación.



5 ANÁLISIS DE CIMENTACIONES

5.1 SISTEMA DE CIMENTACIÓN

Las torres de apartamentos por construir estarán conformadas por 5 plantas y estarán soportadas en muros de concreto reforzado los cuales en condición de servicio transmitirán a nivel de cimentación una carga total de la edificación de **2900 ton** (información suministrada por el diseñador estructural).

Por solicitud de la empresa Edyfica se analizaron varias alternativas de cimentación y dentro de ellas para las características geotécnicas encontradas en el subsuelo se encontró como solución adecuada un sistema mixto compuesto por una losa de cimentación complementada por pilotes hincados. Para el apoyo de la losa se propone realizar un remplazo estructural de 2m de espesor en un material seleccionado (sub-base no procesada), para mejorar las propiedades del suelo de apoyo.

El estrato de suelo encontrado hasta los primeros 8m (depósito aluvial fino granular) presenta propiedades mecánicas y una capacidad portante muy desfavorable que presentarán deformaciones considerables ante la inducción de las cargas del edificio; por tal motivo se recomienda el sistema mixto para reducir la presión de contacto que transmitirá la losa de cimentación y que los pilotes en cierta medida controlen los asentamientos posibles.

5.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUBSUELO

Los parámetros de ángulo de fricción (ϕ) y módulo de elasticidad de los materiales se obtuvieron a través de correlación del SPT corregido (**N60**) según las figuras 12 y 13 y se resumen en la tabla # 6.

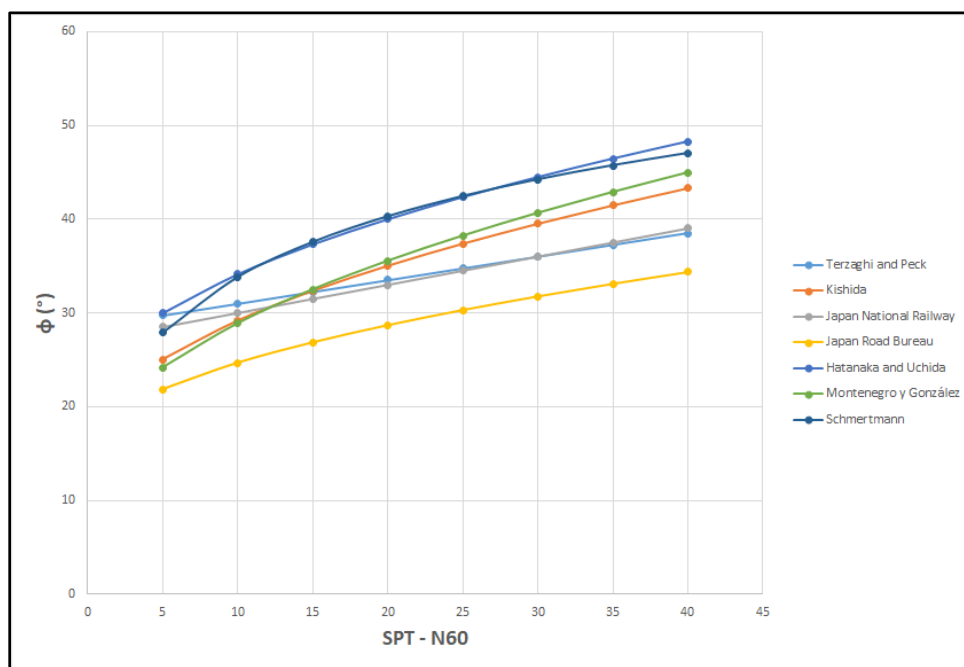


Figura 12. Correlación SPT - ángulo de fricción

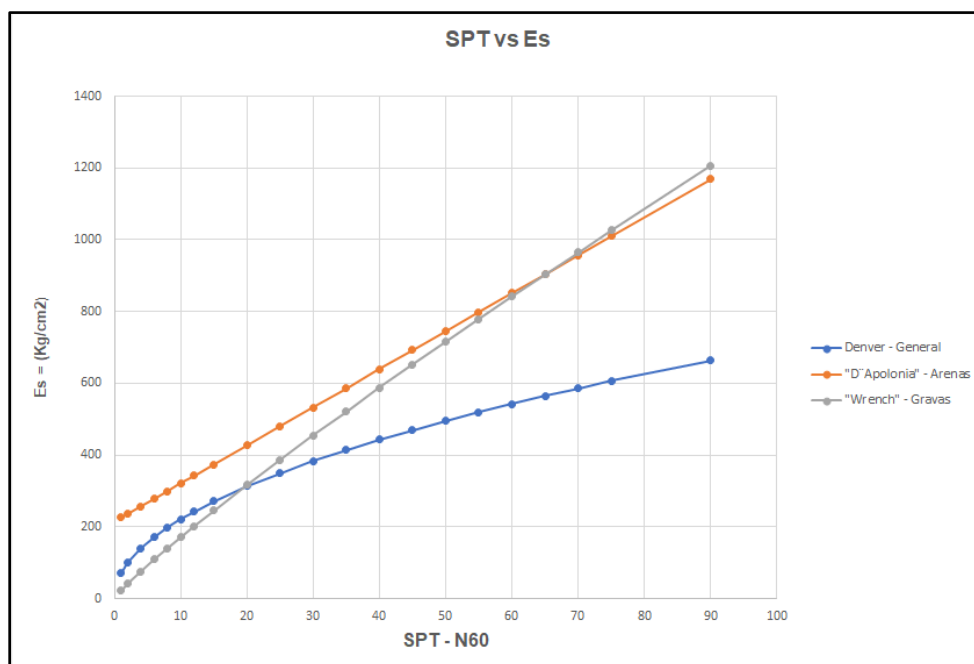


Figura 13. Correlación SPT - Módulo de elasticidad

De acuerdo con lo anterior para cada uno de los estratos de suelos descritos se asocian los siguientes parámetros geotécnicos que controlan su resistencia mecánica (parámetros obtenidos del estudio de suelos, ensayos de laboratorio y correlaciones):

Profundidad Terreno natural	Estrato	Peso Un. (kn/m³)	SPT (N60)	Angulo de Fricción (°)	Cohesión (kPa)	Módulo Elasticidad (Mpa)
0 a 2m	Remplazo Estructural	20	-	41	0	100
2 a 8m	MH	18	-	0	28	2.75
a partir de 9m	SC	18	25	32	0	30

Tabla 6. Parámetros geomecánicos del suelo



5.3 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS PILOTES

La estimación de la resistencia por fricción en el estrato de arcilla se realiza utilizando el **método λ**

Método λ

Este método, propuesto por Vijayvergiya y Focht (1972), se basa en la suposición de que el desplazamiento del suelo ocasionado por el hincado del pilote da por resultado una presión lateral pasiva a cualquier profundidad y que la resistencia superficial unitaria promedio es

$$f_{\text{prom}} = \lambda(\bar{\sigma}'_o + 2c_u) \quad (11.51)$$

donde

$\bar{\sigma}'_o$ = esfuerzo vertical efectivo medio para toda la longitud de empotramiento

c_u = resistencia cortante no drenada media ($\phi = 0$)

Longitud de empotramiento, L (m)	λ
0	0.5
5	0.336
10	0.245
15	0.200
20	0.173
25	0.150
30	0.136
35	0.132
40	0.127
50	0.118
60	0.113
70	0.110
80	0.110
90	0.110

Para el desarrollo de esta metodología se tiene los siguientes parámetros del suelo entre 0 y 10m de profundidad:

$$C_u = 28 \text{ kPa} \text{ — Resistencia al corte no drenada}$$

$$\sigma'_o = 60 \text{ KPa} \text{ — Esfuerzo efectivo medio}$$

Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente se obtiene una resistencia **última por fricción** en el estrato arcilloso de:

$$Q_{s1} = 350 \text{ kN}$$



La estimación de la resistencia por fricción en el estrato arenoso se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$f = K\sigma'_o \tan \delta'$$

K = coeficiente efectivo de presión de tierra
 σ'_o = esfuerzo vertical efectivo a la profundidad en consideración
 δ' = ángulo de fricción suelo-pilote

Tipo de pilote	K
Perforado o hincado con ayuda de chorro de agua	$\approx K_o = 1 - \sin \phi'$
Hincado de bajo desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \sin \phi'$ a $1.4K_o = 1.4(1 - \sin \phi')$
Hincado de alto desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \sin \phi'$ a $1.8K_o = 1.8(1 - \sin \phi')$

Para el desarrollo de esta metodología se tiene los siguientes parámetros del suelo a partir de 10m de profundidad:

$$\phi = 32^\circ - \text{Angulo de fricción del suelo}$$

$$\sigma'_o = 112 \text{ KPa} - \text{Esfuerzo efectivo medio}$$

Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente se obtiene una resistencia última por fricción en el estrato arenoso de:

$$Q_{s2} = 77 \text{ kN}$$

Se realiza el cálculo de la capacidad portante por punta del sistema de pilotes por el método de Meyerhof. Se toma como referencia las cargas suministradas por el ingeniero calculista.

Según Meyerhof la capacidad de carga por punta de un pilote se puede estimar de la siguiente forma:

$$Q_p = A_p q_p = A_p q' N_q^*$$



donde

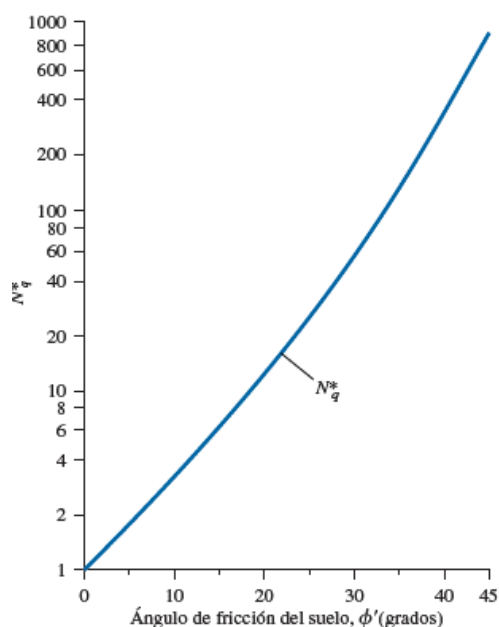
A_p = área de la punta del pilote

c' = cohesión del suelo que soporta la punta del pilote

q_p = resistencia unitaria de punta

q' = esfuerzo vertical efectivo al nivel de la punta del pilote

N_c^*, N_q^* = factores de capacidad de carga



Para el desarrollo de esta metodología se tiene los siguientes parámetros del suelo de apoyo a 13m de profundidad:

$\phi = 32^\circ$ — *Angulo de fricción del suelo*

$N_q^* = 81$ — *Factor de capacidad de carga*

$q' = 88 \text{ KPa}$ — *Esfuerzo efectivo a 13m*

Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente se obtiene una capacidad ultima por punta de:

$$q_p = 895 \text{ kPa}$$



La resistencia de punta límite es

$$q_t = 0.5 p_a N_q^* \tan \phi'$$

donde

p_a = presión atmosférica (= 100 kN/m²)

ϕ' = ángulo de fricción efectivo del suelo del estrato de apoyo

$$q_t = 2530 \text{ kPa}$$

Para un **factor de seguridad de 3** se obtiene una capacidad admisible de:

$$q_{adm} = 843 \text{ kPa}$$

$$Q_p = q_{adm} \cdot A_p$$

$$A_p = 0.125 \text{ m}^2 - \text{Área de la punta de un pilote de 40cm de diámetro}$$

$$Q_p = 100 \text{ kN}$$

Sumando la capacidad por fricción y la capacidad por punta se obtiene el siguiente resultado:

$$Q = \frac{Q_{s1} + Q_{s2} + Q_p}{FS} \quad Q = \frac{350 \text{ kN} + 77 \text{ kN} + 100 \text{ kN}}{2}$$
$$Q = 263 \text{ kN}$$

La carga máxima de servicio por unidad de pilote será de 250 kN.



5.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA LOSA

Como se menciona con anterioridad el diseño de las fundaciones estará gobernado por los asentamientos que se van a generar en el estrato de suelo encontrado hasta los primeros 8m (depósito aluvial fino granular). Por tal motivo se realiza una modelación para verificar la magnitud de los asentamientos de la losa de fundación a partir de una presión de contacto de **24 kPa**.

5.5 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

5.5.1 Asentamiento Losa de cimentación

ASENTAMIENTO ELÁSTICO

Los asentamientos primarios están dados por la deformación elástica lineal. La relación tensión-deformación lineal sigue la ley de Hook:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma_{ef}}{E}$$

Donde:	ε	-	Deformación inducida por la tensión efectiva en la capa del suelo
	$\Delta\sigma_{ef}$	-	Cambio inducido por la tensión efectiva en la capa del suelo
	E	-	Módulo Young en la capa del suelo
	ν	-	Coefficiente de Poisson

El asentamiento de la capa de suelo s , se determina multiplicando la deformación de la capa de suelo ε por el espesor de la capa (altura) H_o :

$$s = \varepsilon \cdot H_o$$

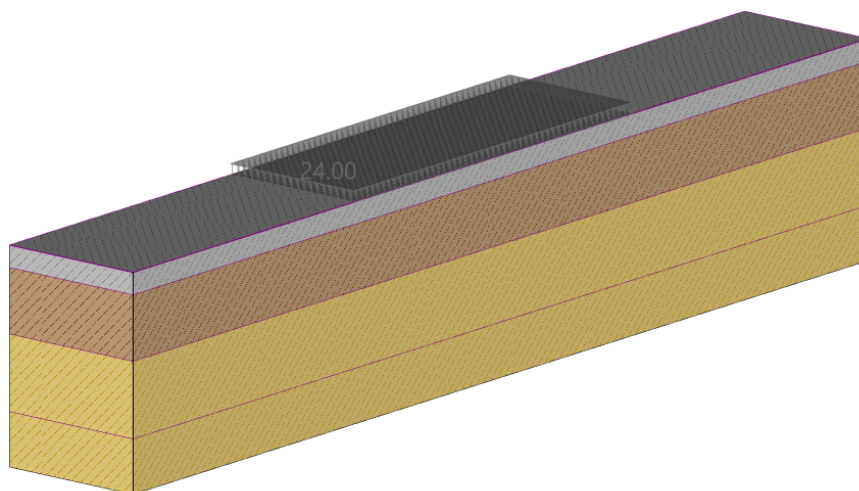
Donde:	ε	-	Deformación de la capa del suelo
	H_o	-	Espesor de la capa del suelo

En el caso de subsuelos en capas, se obtiene el asentamiento total sumando el asentamiento de cada capa individual:



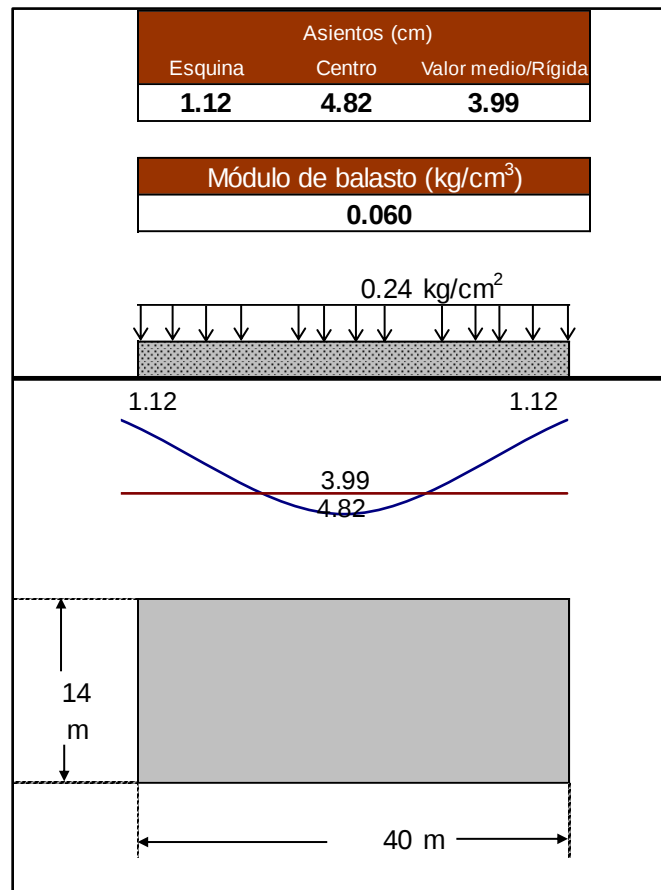
$$s = \sum s_i = \sum \varepsilon_i \cdot H_{oi}$$

Donde:	s	-	Asiento en las capas del subsuelo
	ε_i	-	Deformación de la capa del suelo i^{th}
	H_{oi}	-	Espesor de la capa del suelo i^{th}



Se realiza la modelación de la losa de cimentación y se obtienen los asentamientos elásticos a corto plazo (presión de contacto resultante de 24 kPa):

Método de Steinbrenner para el cálculo de asentos						
Carga neta, q:		0.24 kg/cm²				
Lado menor, b:		14.00 m				
Lado mayor, a:		40.00 m				
Nivel	Z _{final} (m)	E (kg/cm ²)	Coef. Poisson	Centro Esquina		Δq (kg/cm ²)
				Asientos (cm)		
I	2.00	1000	0.25	0.03	0.01	0.22
II	10.00	30	0.40	3.77	0.85	0.15
III	15.00	300	0.30	0.21	0.07	0.12
IV						
V						
VI						
VII						
VIII						
IX						
X						
				4.01	0.93	



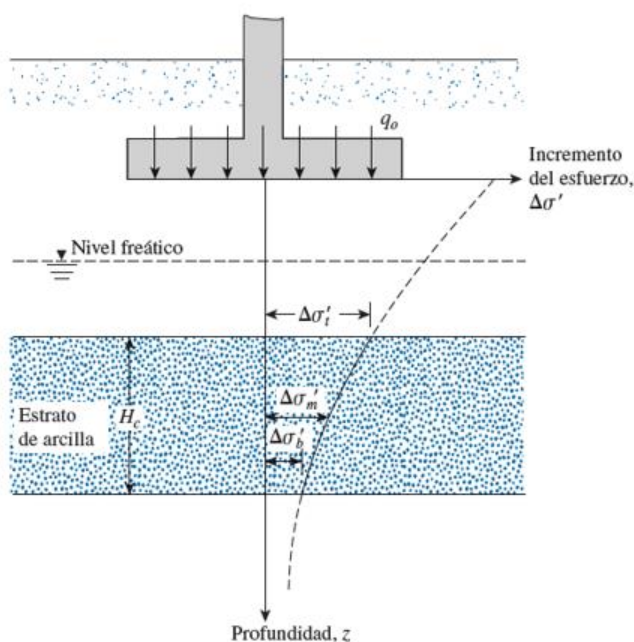
Los asentamientos elásticos de la losa esperados a corto plazo son de unos 5cm.



ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN

El asentamiento por consolidación ocurre al paso del tiempo en suelos finogranulares saturados sometidos a una carga incrementada ocasionada por la construcción de una cimentación. Este se describe como:

$$S_{c(p)} = \frac{C_c H_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'_{prom}}{\sigma'_o}$$



donde

- σ'_o = presión efectiva promedio sobre el estrato de arcilla antes de la construcción de la cimentación
- $\Delta\sigma'_{prom}$ = incremento promedio en la presión efectiva sobre el estrato de arcilla causado por la construcción de la cimentación
- σ'_c = presión de preconsolidación
- e_o = relación de vacíos inicial del estrato de arcilla
- C_c = índice de compresión
- C_r = índice de recompresión
- H_c = espesor del estrato de arcilla

El incremento del esfuerzo efectivo sobre el estrato arcilloso ($\Delta\sigma'$) es tan pequeño que los asentamientos por consolidación son irrelevantes.

El asentamiento total estimado es entonces de aproximadamente 5cm.



5.6 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN

De acuerdo con lo anterior se presentan las siguientes recomendaciones y criterios geotécnicos para el sistema de cimentación mixto compuesto por una placa de cimentación apoyada en un reemplazo estructural y pilotes hincados, de diámetro 40 cm en concreto reforzado.

La distribución de cargas debe ser de:

PLACA = 42%

PILOTES = 58%

5.6.1 Pilotes

CARACTERÍSTICAS

Pilotes hincados de concreto reforzado, de sección circular de 40cm de diámetro, de fuste continuo.

PROFUNDIDAD DE APOYO:

Los pilotes se apoyarán a no menos de **13 metros** bajo el nivel de desplante de la losa de cimentación.

PRESIÓN DE CONTACTO ADMISIBLE SOBRE EL SUELO DE APOYO:

Los pilotes se diseñarán para transmitir al subsuelo sus solicitaciones verticales mediante mecanismo de “punta”, y fricción a través del fuste. Para su diseño aplica un valor de carga máxima de servicio por pilote de **250 kN (25 ton)**. Para condiciones sísmicas se puede considerar hasta un 25% de incremento.

SUELO DE APOYO:

Arena limosa ó Arena arcillosa de consistencia media - alta.

5.6.2 Losa de cimentación

CARACTERÍSTICAS

Losa de cimentación de concreto reforzado, apoyada sobre un reemplazo estructural en suelo seleccionado (sub-base no procesada).

PROFUNDIDAD DE APOYO:

La losa se apoyará en el plano superior del reemplazo.

PRESIÓN DE CONTACTO ADMISIBLE SOBRE EL SUELO DE APOYO:

La losa se diseñará para transmitir al reemplazo estructural una presión de contacto máxima de servicio de **24 kPa**.

Módulo de Westergaard = $K_v = 3,0 \text{ Kg/cm}^3$



SUELO DE APOYO:

Reemplazo estructural de **2m de espesor** en suelo seleccionado (sub-base no procesada), compactado con referencia de un 90% del ensayo de Proctor modificado. El reemplazo se debe apoyar sobre una capa de geotextil tejido T-2400.

5.7 PROCESO CONSTRUCTIVO

Una vez conformado el reemplazo estructural, para garantizar el funcionamiento adecuado de la solución de cimentación propuesta se requiere implementar un proceso constructivo en el cual en una primera etapa se realiza la construcción del sistema de pilotes y vigas de amarre. Posteriormente se realiza la construcción de la losa de cimentación y por último se realiza la conformación de la estructura.

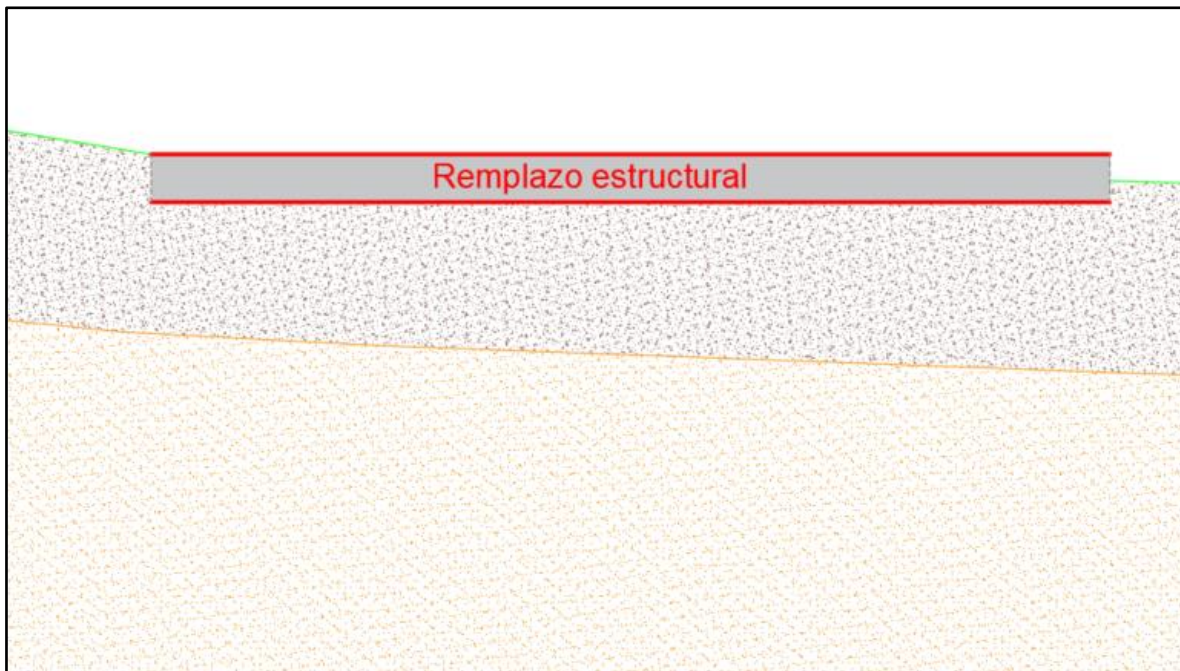


Figura 14. Etapa 1 - colocación del reemplazo estructural

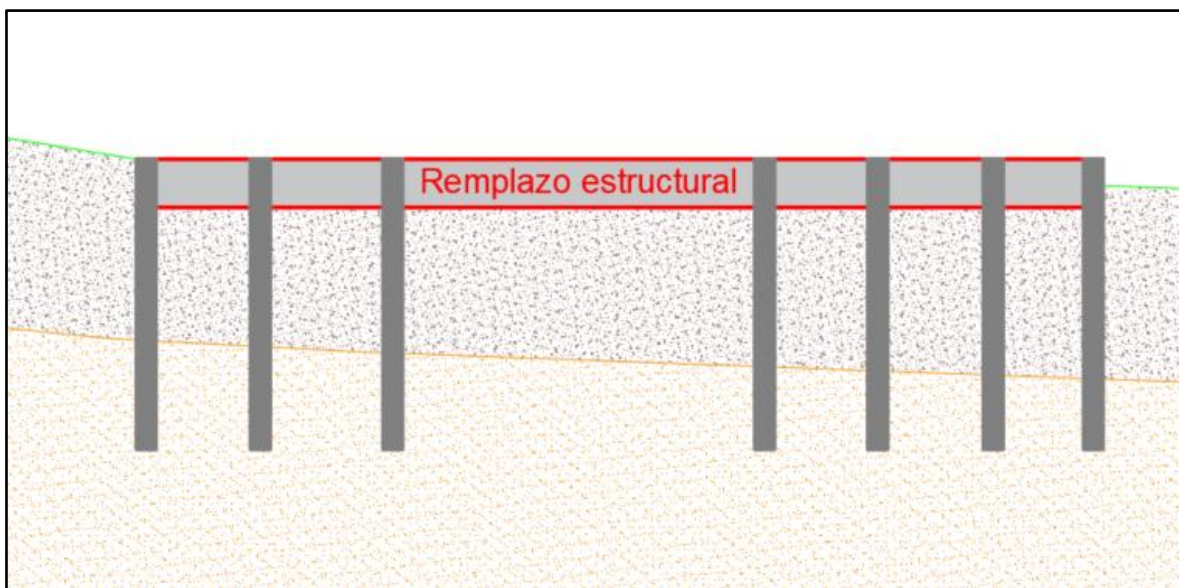


Figura 15. Etapa 2 - construcción de pilotes y losa

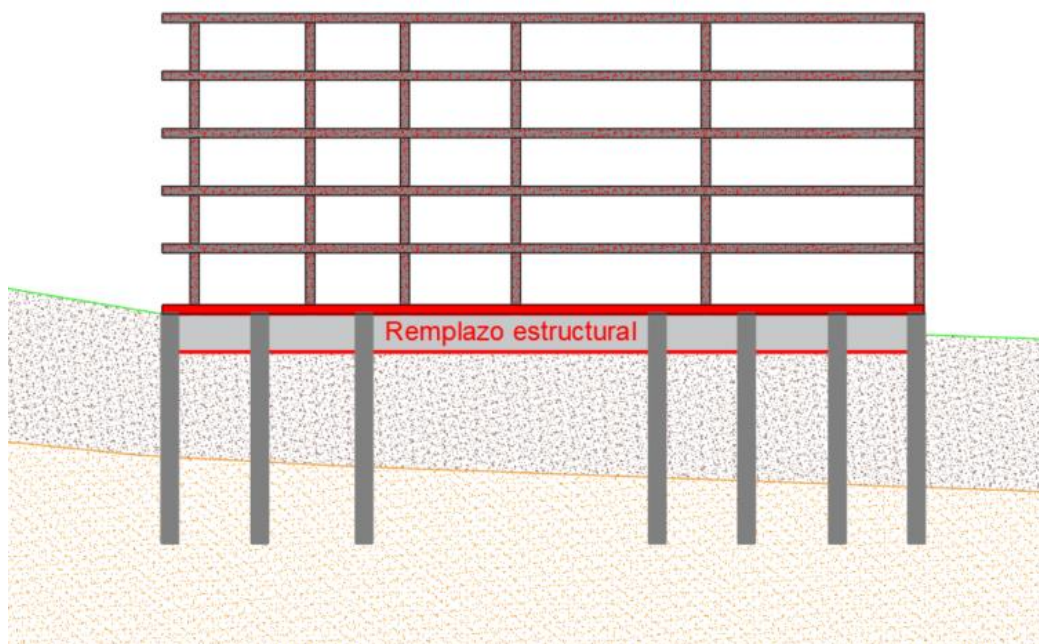


Figura 16. Conformación de la estructura



5.8 PARÁMETROS PARA DISEÑO SISMO-RESISTENTE

Debido a que en el lote existe la presencia de turbas orgánicas superiores a los 3.0 m de espesor, por lo que en condiciones ordinarias el perfil de suelo debería corresponder a tipo F, sin embargo, para estructuras de hasta 5 niveles, la NSR 10 permite definir los coeficientes de amplificación a usar, sin necesidad de un estudio particular en el sitio. Para la definición de los coeficientes F_a y F_v a usar se parte en la definición del tipo de perfil de suelo con base en los 30 m superiores del mismo y considerando los valores de velocidad de onda cortante, obtenidos a partir de la ejecución de la línea sísmica.

El perfil de velocidad de onda de corte en profundidad en el punto medio de la línea es presentado por medio del **perfil** presentado la **Figura 19**.

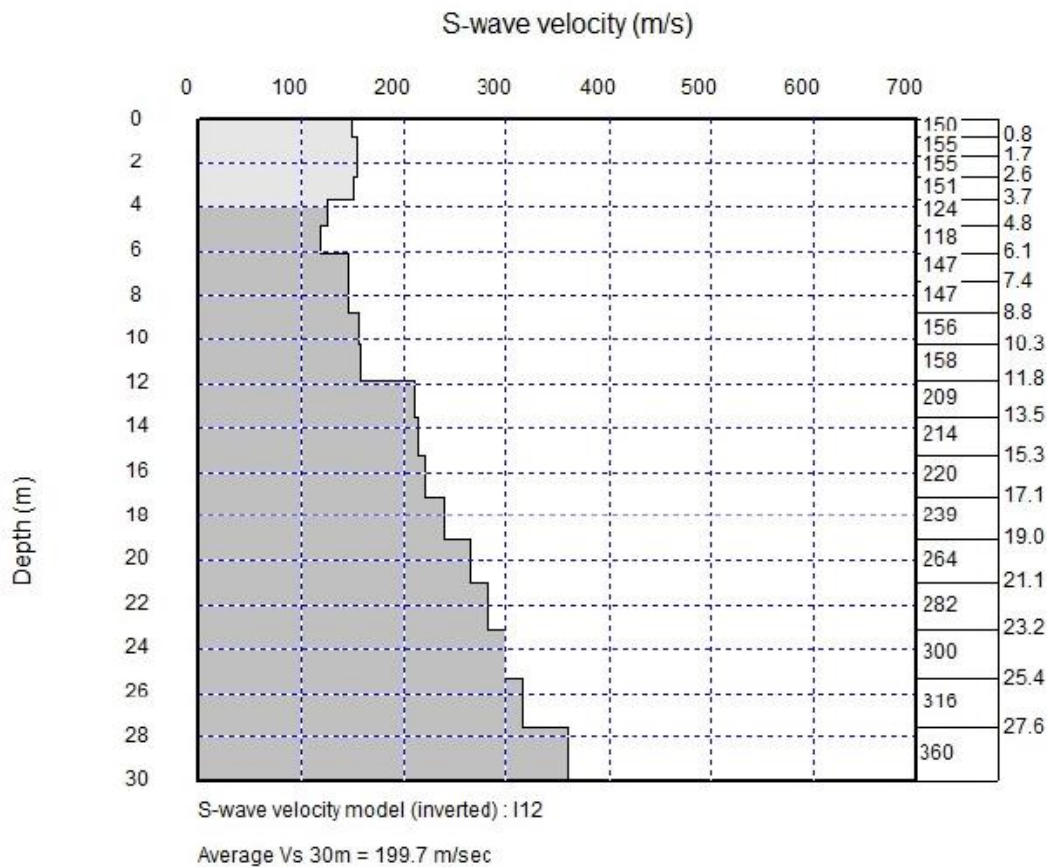
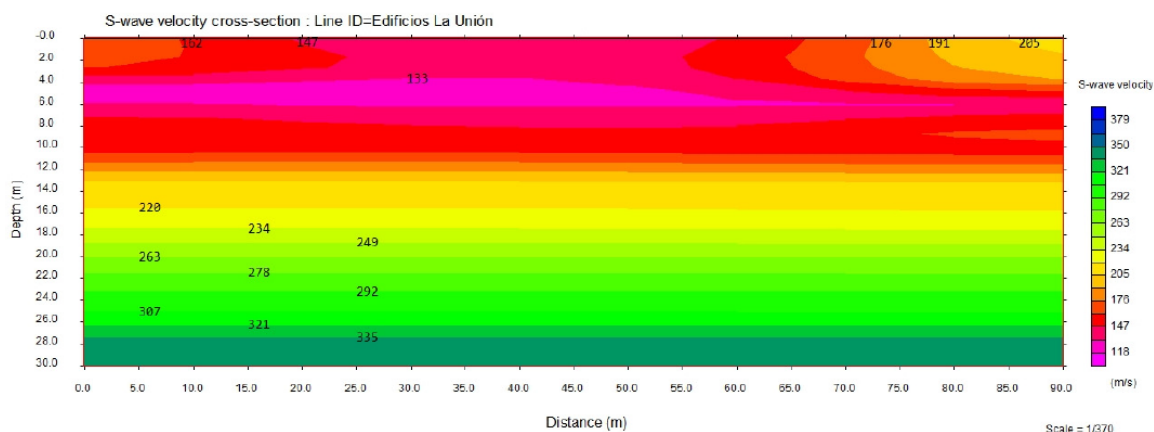


Figura 17. Perfil de velocidades



5.8.1 Perfil del subsuelo

Para el diseño Sismo-resistente de la estructura se tendrá en cuenta un perfil de sub-suelo “E”, de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma sismo-resistente vigente a la fecha.

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanca, que cumplan con cualquiera de los 2 criterios	$N \geq 50$ o $S_u \geq 100$ Kpa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las condiciones	$50 > N \geq 15$ o $100 > S_u \geq 50$ Kpa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda cortante, o	$180 \text{ m/s} > V_s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $W \geq 40\%$ $50 \text{ Kpa} > S_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotécnico de acuerdo con el procedimiento A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: Suelo licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 - Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H> 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas)	
	F3-Arcillas de muy alta plasticidad(H> 7,5 m con Índice de Plasticidad IP>75)	
	F4 - Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H>36 m.)	

Figura 18. Clasificación de los perfiles de suelo

De acuerdo con lo estipulado en el capítulo A.2.4.4. De la NSR-10, adoptando el criterio de la media ponderada de la velocidad promedio de onda de corte para los primeros 30 metros “Vs30”, se obtienen las velocidades promedio de onda de corte de 199.7 m/s, lo que lo califica como perfil tipo D, esta clasificación debe ser evaluada ante la presencia de estratos blandos y compresibles con materia orgánica y arcillas de espesores importantes. Debido a que se presentan capas de arcilla blanda altamente plástica y de baja resistencia, (la cuales presentan espesores variables en el sitio de estudio, pero generalmente superiores a 3 m), se considera que el perfil de suelo debe



corresponder a un tipo E, ya que estos materiales blandos son más susceptibles a amplificar la onda sísmica.

5.8.2 Módulo de reacción lateral

El módulo de reacción horizontal (K_h) aplicable al análisis sismo-resistente se determina para cada estrato a partir de la fórmula propuesta por Vesic, la cual para la mayoría de los casos prácticos corresponde con: (*Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design – Braja M Das, Principios de Ingeniería de cimentaciones*):

$$K_s = \frac{E_s}{B(1-u^2)}$$

Donde:

- E_s : Módulo elástico del suelo (Kg/cm^2)
- B : Diámetro de la pila de cimentación (cm)
- u : Módulo de poisson del suelo que rodea la pila

El valor de E_s se determina en función de los valores promedios de SPT, para lo cual existen gran cantidad de correlaciones: en este caso se utiliza la ecuación propuesta por Denver (1982) con representación gráfica en la figura 13 de este documento

Estrato 1 (0-2 m)

$$E_s = 1000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K_h = 9,0 \text{ kg/cm}^3$$

Estrato 2 (2-8 m)

$$E_s = 27,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K_h = 0,5 \text{ kg/cm}^3$$

Estrato 3 (8-12 m)

$$E_s = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K_h = 2,6 \text{ kg/cm}^3$$

Los valores anteriores aplican como constantes a través del tramo de fuste especificado en cada caso.



5.9 SISTEMAS DE DRENAJE.

Dada la presencia superficial del nivel freático se requiere construir un sistema denso de filtros que controlen la ascensión de dicho nivel creando sub-presiones en el sistema de cimentación; se recomienda entonces perimetralmente a la edificaciones la construcción de un sistema de filtros con una profundidad entre 1.5m y 2m, en material granular (grava limpia recubierta con geotextil no tejido), con sección de 60 x 60 cm, con tubería perforada de 6" de diámetro y drenaje a la red de aguas lluvias.

El alineamiento y distribución de la red de filtros se deberá precisar en campo una vez realizado el replanteo definitivo del proyecto. Se nos debe informar oportunamente para prestar la asesoría requerida

5.10 INCIDENCIA DE LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO EN LA INFRAESTRUCTURA Y CONSTRUCCIONES VECINAS.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente la implantación del proyecto no afecta adversamente la infraestructura y las viviendas existentes en el entorno inmediato al predio en estudio.

Las actividades que involucran alguna remoción de terreno y que podrían modificar desfavorablemente el equilibrio actual son: movimiento de tierras para implantación de los edificios y excavación de pilas de cimentación; para la ejecución de estas actividades se recomienda:

- **Movimientos de tierras:** Antes de realizar el movimiento de tierras para la implantación de los edificios se debe realizar todas las obras de drenaje indicadas en el numeral 5.7

Las anteriores recomendaciones están orientadas a preservar la estabilidad de las excavaciones y a la vez son medidas de protección para las edificaciones vecinas y su entorno.

5.11 OTRAS RECOMENDACIONES

- Antes del inicio de los trabajos es indispensable llevar a cabo una evaluación detallada del estado de las vías, edificaciones vecinas y de todo el entorno, con registro fotográfico (ojalá fílmico) que permita verificar cualquier efecto posterior asociado con los trabajos de excavación; de ello debe levantarse un acta debidamente firmada por cada uno de los propietarios involucrados;
- Debe implementarse un adecuado control de asentamientos, a partir del vaciado de la primera placa de los edificios, colocando referencias permanentes que permitan realizar las mediciones sistemáticamente durante el periodo constructivo (realizar controles quincenales durante la etapa de construcción de la estructura y mensualmente durante la etapa de acabados); los resultados obtenidos deben comunicarse oportunamente a esta oficina para su interpretación y evaluación;



LGA INGENIEROS CIVILES S.A.S.

ASESORÍA GEOTÉCNICA
INTERVENTORIA
SUPERVISIÓN TÉCNICA DE OBRAS CIVILES
PAVIMENTOS

Atentamente,



LIBARDO GALLEGO ARIAS
Director
Matrícula Profesional # 05202 – 03984



DAVID GALLEGO MUNERA
Ing. Civil – Especialista en geotécnica
Matrícula Profesional # 05202 - 170380

Anexos:

1. Registros de exploración y de laboratorio
2. Cuadro resumen de ensayos de laboratorio
3. Localización aproximada de perforaciones



LGA INGENIEROS CIVILES S.A.S.

ANEXO # 1

REGISTROS DE PERFORACIÓN Y LABORATORIO

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:

Proyecto: Edificio COMFAMA

Localización: La Unión, Antioquia

Equipo:	Trípode
---------	---------

Perforador:	Mario Rodríguez
--------------------	-----------------

Responsable: William Suárez**Fecha:**

4/10/2020

Perforación No.

P9

Hoja No:

1 de: 3



										RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO							
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m ³)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.		
0.0	1	Seco		Capa orgánica, desarrollada sobre ceniza volcánica, limo arcilloso café oscuro a negro con raicillas y pequeños sectores de ceniza, húmedo a muy húmedo, blanda a muy blanda y plástico.	STD	1 1 1		58.5				73.8	36.34	79.49	MH		
0.5																	
1.0	2																
1.5			Ceniza volcánica color pardo y gris verdoso, sectores menores con materia orgánica, blando a firme, poroso, buena estructura.	STD	2 3 2												
2.0	3																
2.5																	
3.0	4		Depósito aluvial finogranular, arcilla limosa con algo de arena fina, zonas de ceniza removida y abundante materia orgánica poco descompuesta, tallos finos de madera. La muestra 3 es color gris a negro con zonas café a a gris, las 4 y 9 son de colores beige a crema	STD	1 1 2												
3.5																	
4.0	5			SH	2 2 2												
4.5																	
5.0	6				STD											1 2 8	
5.5																	
6.0	7			Horizonte IC de granitoide, descrito en las paginas siguientes.	STD		9 10 8										
6.5																	
7.0																	

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:

Proyecto:	Edificio COMFAMA
------------------	------------------

Localización: La Unión, Antioquia

Equipo:	Trípode
---------	---------

Perforador:	Mario Rodríguez
--------------------	-----------------

Responsable: William Suárez

COORDENADAS:

N: 858616.9

E: 1152408

Z:

Fecha:

4/10/2020

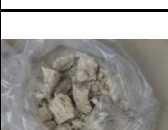
Perforación No

P9

Hoja No

2 de: 3



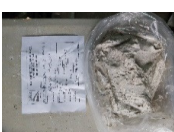
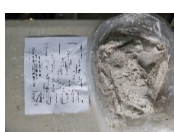
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO												
								Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.					
7.0	8	Seco		Horizonte IC de granitoide, saprolito limo arcilloso con arenas de color crema a blanco, compacto, disgregable, ligeramente mas grueso y toma tonos verdes en profundidad, húmedo y moderadamente plástico.	SH	9		32.09	Cohesión		Φ	37.09	13.47	46.45	SC					
9	19,3 KPa					30.6														
10																				
7.5																				
8.0	9																	STD	10	
8.5																			9	
9.0	10				10															
9.5					STD		11													
10.0	11						13													
10.5							15													
11.0	12				STD	30														
11.5						32														
12.0	13					30														
12.5																				
13.0	14																	STD	35	
13.5																			35	
14.0					35															

REGISTRO DE PERFORACIÓN

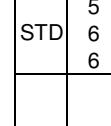
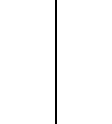
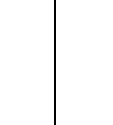
INFORMACIÓN GENERAL:		Fecha:	
Proyecto:	Edificio COMFAMA	4/10/2020	
Localización:	La Unión, Antioquia	Perforación No.	
Equipo:	Trípode	P9	
Perforador:	Mario Rodríguez	Hoja No:	
Responsable:	William Suárez	3 de 3	

[illegible]

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:						Fecha:									
Proyecto:		Edificios Comfama La Unión		COORDENADAS:		17/11/2020									
Localización:		La Unión, Antioquia				Perforación No.									
Equipo:		Petty		N:		1152345				P10					
Perforador:		Juan Guillermo Martínez		E:		1151871				Hoja No:					
Responsable:		William Suarez		Z:		-		1 de: 3							
RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO															
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
0	1		2.18	Capa orgánica, desarrollada sobre ceniza volcánica, limo arcilloso café oscuro o con raicillas y pequeños sectores de ceniza, húmedo a muy húmedo, blanda a muy blanda y plástico.	STD	3 3 4		59.88				73.92	35.25	94.29	MH
0.5															
1	2			Ceniza volcánica color pardo y gris verdoso, sectores café amarillentos, con materia orgánica, blando a firme, poroso, buena estructura.	STD	2 3 3									
1.5															
2	3		SH	2 2 2											
2.5															
3	4	Depósito aluvial finogranular, arcillas beige, se hace mas blanca en la muestra 5, la muestra 4 presenta abundantes troncos, y tallos. La muestra 5 se reduce esta cantidad de materia orgánica. Materiales muy blando y saturados.	STD	2 1 2											
3.5															
4	5		STD	4 4 6											
4.5															
5	6	Horizonte IC de granitoide, roca ígnea plutónica de grano medio a grueso, suelo color blanco a beige con abundante cuarzo que da origen a arcillas arenosas, toma un tono ligeramente mas cremoso en profundidad, presenta abundantes micas claras, sectores amarillos. material firme, húmedo y moderadamente plástico. ligeras variaciones composicionales en profundidad, homogéneo.	STD	3 4 5											
5.5															
6	7		STD	3 4 4											
6.5															
7															

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:							Fecha:								
Proyecto:		Edificios Comfama La Unión		COORDENADAS:		17/11/2020									
Localización:		La Unión, Antioquia				Perforación No.									
Equipo:		Petty				P10									
Perforador:		Juan Guillermo Martínez				Hoja No:									
Responsable:		William Suarez		Z:		-		2 de: 3							
RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO															
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
7.8	8			8Horizonte IC de granitoide, roca ígnea plutónica de grano medio a grueso, suelo color blanco a beige con abundante cuarzo que da origen a arcillas arenosas, toma un tono ligeramente mas cremoso en profundidad, presenta abundantes micas claras, sectores amarillos. material firme, húmedo y moderadamente plástico. ligeras variaciones composicionales en profundidad, homogéneo.	SH	6 4 9		33.39				36.73	12.2	46.64	SC
7.5															
8.9	STD		5 6 6												
8.5															
9.10			STD		7 6 8										
9.5															
10.11			STD		7 7 8										
10.5															
11.12			STD		6 7 7										
11.5															
12.13			SH		7 9 11										
12.5															
13.14			STD		8 8 9										
13.5															
14															
								28.3	Cohesión 19,4 KPa		Φ 28	37.85	12.32	49.01	SM

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:			Fecha:	
Proyecto:	Edificios Comfama La Unión	COORDENADAS:	15/11/2020	
Localización:	La Unión, Antioquia		Perforación No.	
Equipo:	Petty		P11	
Perforador:	Juan Guillermo Martínez		Hoja No:	
Responsable:	William Suarez		1 de: 3	
		Z:	-	

[illegible]

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:				Fecha:	
Proyecto:	Edificios Comfama La Unión	COORDENADAS:		15/11/2020	
Localización:	La Unión, Antioquia			Perforación No.	
Equipo:	Petty	N:	1152363	P11	
Perforador:	Juan Guillermo Martínez	E:	858612	Hoja No:	
Responsable:	William Suarez	Z:	-	2 de: 3	

Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO							
								Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
7.8				Horizonte IC de granitoide, limo arcilloso color beige claro con sectores anaranjados, las muestras 6 y 7 tienen poca textura y estan saturadas, se percibe mas limoso y arenoso el suelo en profundidad, suelos blandos, humedos y plasticos. Material muy homogeneo que conserva la textura de la roca parental.	SH	4 6 8		25.8				37.4	14.2	46.3	SC
7.5															
8.9			STD		6 8 10										
8.5															
9.10			STD		7 6 7										
9.5															
10.11			STD		5 8 8										
10.5															
11.12			SH		7 9 11										
11.5															
12.13			STD		6 8 10										
12.5															
13.14			STD		7 7 9										
13.5															
14															

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:

Proyecto:	Edificio COMFAMA
------------------	------------------

Localización: La Unión, Antioquia

Equipo:	Tripode
----------------	---------

Perforador: Mario Rodriguez

Responsable: William Suárez

COORDENADAS:

N:

E:

Z:

Fecha:

11/11/2020

Perforación No

P12

Hoja No

1 de:



Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO							
								Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m ³)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
0.0	1	10 cm		Capa orgánica, desarrollada sobre ceniza volcánica, limo arcilloso café oscuro a negro con raicillas y pequeños sectores de ceniza, húmedo a muy húmedo, blanda a muy blanda y plástico.	STD	1									
0.5			1												
1.0	2		1												
1.5			Ceniza volcánica color pardo y gris verdoso, sectores menores con materia orgánica, blando a firme, poroso, buena estructura.	STD	2										
2.0	3				1										
2.5					1										
3.0	4		Depósito aluvial finogranular, limo arcilloso color café oscuro, turbas, abundante materia orgánica de color café medio a claro. Homogéneo, muy blando. Húmedo a saturado. Es un material muy blando, saturado.	STD	1										
3.5					1										
4.0	5				1										
4.5			Depósito aluvial finogranular, arcillas color beige con zonas café medio, abundantes tallos, muy blando y saturado, humedo y plastico. Sectores café, sectores negros tienen abundantes contenidos de materia organica (niveles de turba)	SH	2										
5.0	6	2													
5.5		1													
6.0	7		STD	1											
6.5				1											
7.0				1											

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:

Proyecto:	Edificio COMFAMA
------------------	------------------

Localización: La Unión, Antioquia

Equipo:	Tripode
---------	---------

Perforador: Mario Rodriguez

Responsable: William Suárez**Fecha:**

11/11/2020

Perforación No

P12

Hoja No

2 de: 2

[illegible]

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:		Fecha:	
Proyecto:	Edificio COMFAMA	9/11/2020	
Localización:	La Unión, Antioquia	Perforación No.	
Equipo:	Tripode	P13	
Perforador:	Mario Rodríguez	Hoja No:	
Responsable:	William Suárez	1 de 3	

Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO							
								Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m ³)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
0.0	1	15 cm		Capa orgánica , abundantes raicillas dentro de un limo arcilloso y cenizas volcánicas, color café oscuro a negro, humedad baja, disgregable, algo plástico.	STD	1 1 1		103.4				116.3	62.88	85.4	MH
0.5															
1.0	2		Ceniza volcánica , limo arcilloso color pardo.	STD	1 1 1										
1.5															
2.0	3			STD	1 0 0										
2.5															
3.0	4		Depósito aluvial finogranular , limo arcilloso color café oscuro, turbas, abundante materia orgánica de color café medio a claro. Homogéneo, muy blando. Húmedo a saturado.	STD	0 0 0										
3.5															
4.0	5			SH	4 5 4										
4.5															
5.0	6			STD	5 4 4										
5.5															
6.0	7		Depósito aluvial finogranular , Arcillas sin textura y pocos restos orgánicos, húmedo, blando a muy blando y plástico. Presenta algunas zonas amarillas en matriz blanca a beige.	STD	4 3 3										
6.5															
7.0															

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:

Proyecto: Edificio COMFAMA

Localización: La Unión, Antioquia

Equipo:	Tripode
----------------	---------

Perforador: Mario Rodriguez

Responsable: William Suárez

COORDENADAS:

N: 0

E: 0

z:

Fecha:

9/11/2020

Perforación No.

P13

Hoja No:

2 de: 3



Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO								
								Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m ³)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.	
7.0	8			Continúa depósito descrito en la pagina anterior.	SH	3		33.47					39.64	17.35	48.82	SC
				4												
				6												
7.5																
8.0	9			STD	8											
					8											
					11											
8.5																
9.0	10			STD	10											
					10											
					12											
9.5																
10.0	11			STD	15											
					17											
					18											
10.5																
11.0	12	STD	20													
			23													
			23													
11.5																
12.0	13	STD	23													
			23													
			22													
12.5																
13.0	14	STD	23													
			24													
			27													
13.5																
14.0																

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:		Fecha:	
Proyecto:	Edificio COMFAMA	9/11/2020	
Localización:	La Unión, Antioquia	Perforación No.	
Equipo:	Tripode	P13	
Perforador:	Mario Rodríguez	Hoja No:	
Responsable:	William Suárez	3 de 3	

[illegible]

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:

Proyecto: Edificio COMFAMA

Localización: La Unión, Antioquia

Equipo:	Trípode
---------	---------

Perforador:	Mario Rodríguez
--------------------	-----------------

Responsable: William Suárez

COORDENADAS:

N: 858608.4

E: 1152288

z:

Fecha:

6/11/2020

Perforación No.

P14

Hoja No:

1 de: 3



								RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO							
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m ³)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
0.0	1	10 cm		Capa orgánica , abundantes raicillas dentro de un limo arcilloso y cenizas volcánicas, color café oscuro a negro, humedad baja, disgregable, algo plástico.	STD	1 1 1		98.95				89.54	39.12	77.54	MH
0.5															
1.0	2		STD		1 2 1										
1.5															
2.0	3		STD	0 0 0											
2.5															
3.0	4		STD	1 1 1											
3.5															
4.0	5		STD	2 1 1											
4.5															
5.0	6		SH	1 - -											
5.5															
6.0	7		STD	- - -											
6.5															
7.0															

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:

Proyecto: Edificio COMFAMA

Localización: La Unión, Antioquia

Equipo:	Trípode
----------------	---------

Perforador:	Mario Rodríguez
--------------------	-----------------

Responsable: William Suárez

COORDENADAS:

N: 858608.4

E: 1152288

Z:

Fecha:

6/11/2020

Perforación No.

P14

Hoja No:

2 de: 3



Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO									
								Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m ³)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.		
7.0	8			Continúa depósito aluvial finogranular descrito en paginas anteriores.	STD	-		82.41					93.94	51.55	87.65	MH	
	-																
	-																
7.5																	
8.0	9				STD	0 1 1											
8.5																	
9.0	10			Horizonte IC , limo arcilloso con poca arena, presenta textura, poco plástico, humedad baja, se observan micas bien desarrolladas, feldespato y cuarzo en menor proporción, color gris verdoso hacia la muestra 14 con zonas blancas a crema, se hace mas duro y arenoso en profundidad.	STD	7 8 10		29.67					37.13	12.72	48.54	SC	
9.5																	
10.0	11				STD	12 13 15											
10.5																	
11.0	12			SH	15 15 19												
11.5																	
12.0	13			STD	19 15 15												
12.5																	
13.0	14			STD	19 21 23												
13.5																	
14.0																	

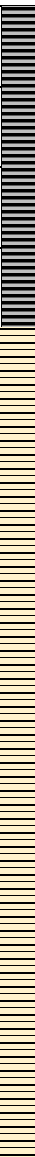
REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:		Fecha:	
Proyecto:	Edificio COMFAMA	6/11/2020	
Localización:	La Unión, Antioquia	Perforación No.	
Equipo:	Trípode	P14	
Perforador:	Mario Rodríguez	Hoja No:	
Responsable:	William Suárez	3 de 3	

[illegible]

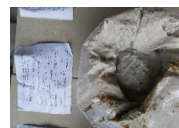
REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:			Fecha:		
Proyecto:	Edificios Comfama La Unión	COORDENADAS:	20/11/2020		
Localización:	La Unión, Antioquia		Perforación No.		
Equipo:	Petty	N:	1152443		P17
Perforador:	Juan Guillermo Martínez	E:	858616		Hoja No:
Responsable:	William Suarez	Z:	-		1 de: 3

								RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO							
Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
0	1			Capa orgánica , desarrollada sobre ceniza volcánica, limo arcilloso café oscuro a negro con raicillas y pequeños sectores de ceniza, húmedo a muy húmedo, blanda a muy blanda y plástico.	STD	1 1 1									
0.5															
1	2			Ceniza volcánica color pardo y gris verdoso, sectores menores con materia orgánica, blando a firme, poroso, buena estructura.	SH	2 2 1									
1.5															
2	3			Depósito aluvial finogranular arcilla café amarillenta claro a beige, con abundantes materiales vegetales como troncos y fibras, material muy blando, húmedo y plástico, entre 4 y 6.5 m se hace mas blando y saturado, tiene sectores ocasionales de material negro y gris, muy plástico y homogéneo.	STD	1 2 2									
2.5															
3	4				STD	2 2 2									
3.5															
4	5				STD	1 2 3									
4.5															
5	6	STD	1 1 2												
5.5															
6	7	STD	1 2 2												
6.5															
7															

REGISTRO DE PERFORACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL:				Fecha:		
Proyecto:	Edificios Comfama La Unión		COORDENADAS:		24/11/2020	
Localización:	La Unión, Antioquia				Perforación No.	
Equipo:	Petty		N:	1152304	P18	
Perforador:	Juan Guillermo Martínez		E:	858610	Hoja No:	
Responsable:	William Suarez		Z:	-	1 de: 3	

Prof. (m)	Muestra No.	Símbolo	Nivel Freático	Descripción del Material	Muestreador	Golpes/15 cm	Registro fotográfico	RESUMEN RESULTADOS LABORATORIO							
								Humedad Natural (%)	Peso unitario húmedo (kN/m ³)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Compresión simple: q _u (kPa)	Límite líquido (%)	Índice Plástico (%)	Pasa malla #200	Clasificación U.S.C.S.
0	1			Capa orgánica , limo arcilloso color café oscuro, muy blando, húmedo y plástico. Presencia de raicillas	STD	2 1 1		34.34	17	12.6	39	66.7	31.97	80.56	MH
0.5															
1	2			Depósito aluvial finogranular , limo arcilloso color café oscuro, turbas, abundante materia orgánica de color café medio a claro. Homogéneo, muy blando. Húmedo a saturado. La muestra 5 es un material muy blando, saturado.	STD	1 1 1									
1.5															
2	3			STD	1 2 1										
2.5															
3	4			SH	2 2 2										
3.5															
4	5			STD	1 1 2										
4.5															
5	6			STD	1 2 2										
5.5															
6	7			STD	1 2 2										
6.5															
7															



LGA INGENIEROS CIVILES S.A.S.

ANEXO # 2

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS

OBRA: "EL EDÉN" - ETAPA 1 - MUNICIPIO DE LA UNIÓN (ANTIOQUIA)

RESUMEN DE RESULTADOS DE EXPLORACIÓN Y DE LABORATORIO

PERFORACIÓN #	PASA 200 (%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	HUMEDAD NATURAL (%)	CLASIFICACIÓN UNIFICADA (U.S.C.)	COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm ²)	DENSIDAD SECA (Kg/m ³)
P9-M4	80	74	38	36	59	MH		
M5	89	98	49	49	78	MH		
M8	46	37	24	13	32	SC		
M11	47	38	25	13	29	SC		
P10-M4	94	74	39	35	60	MH		
M12	47	37	25	12	33	SC		
M13	49	38	26	12	28	SM		
P11-M4	87	84	41	43	72	MH		
M6	71	61	33	28	57	MH		
M12	46	37	23	14	26	SC		
P12-M8	87	66	37	29	61	MH		
P13-M3	85	116	54	62	103	MH		
M11	49	40	22	18	34	SC		
P14-M4	78	90	50	40	99	MH		
M9	88	94	42	52	82	MH		
M11	49	37	24	13	30	SC		

PERFORACIÓN #	PASA 200 (%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	HUMEDAD NATURAL (%)	CLASIFICACIÓN UNIFICADA (U.S.C.)	COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm ²)	DENSIDAD SECA (Kg/m ³)
P18-M4					34			
M5	81	67	35	32	50	MH		
M9	65	61	33	28	46	MH		
M15	45	38	25	13	33	SM		



LGA INGENIEROS CIVILES S.A.S.

ANEXO # 3

LOCALIZACION DE PERFORACIONES

