



María Margarita Montoya

Ingeniera Civil - Geotecnista
Universidad Nacional de Colombia

INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PARA LA ADECUACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CASA VILLA DE LOS ÁNGELES LOCALIZADA EN LA CANDELARIA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

INFORME FINAL
Versión 1
Junio de 2017

Preparado por:
María Margarita Montoya Castañeda



María Margarita Montoya

Ingeniera Civil - Geotecnista
Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, 08 de junio de 2017

Señores
CURADURÍA URBANA
Ciudad

Yo, Nelson Fernando Rodríguez Vásquez, Ingeniero Civil, debidamente titulado e inscrito con matrícula profesional No. 25202-142335 otorgada por el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA) hago entrega del estudio de suelos y recomendaciones de cimentación para el proyecto "ADECUACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA CASA VILLA DE LOS ÁNGELES.", localizado en el barrio La Candelaria en la ciudad de Bogotá. Se informa que este estudio fue realizado de acuerdo a la normatividad vigente incluyendo la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo-Resistente NSR-10.

En consecuencia asumo la responsabilidad por los análisis y diseños geotécnicos y se exonera a la Curaduría de toda responsabilidad que conlleve el presente estudio.

Atentamente,

NELSON FERNANDO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ

Ingeniero Civil
Universidad Nacional de Colombia
M.P: 25202-142335 CND



Tabla de contenido

1.	GENERALIDADES.....	5
1.1.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	5
1.2.	ALCANCE DEL ESTUDIO.....	6
1.3.	COMPLEJIDAD DEL PROYECTO.....	6
1.4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	6
2.	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	8
2.1.	EXPLORACIÓN MEDIANTE SONDEOS GEOMECÁNICOS.....	8
3.	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA.....	10
4.	VARIACIÓN ESPACIAL DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUBSUELO.....	11
4.1	Subsuelo.....	21
4.2	NIVEL FREÁTICO.....	22
5.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO.....	23
6.	SOFTWARE DE DISEÑO.....	25
7.	SISTEMA DE CIMENTACIÓN ACTUAL.....	25
8.	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN ACTUAL.....	26
8.1.	ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS.....	26
8.2.	COMPORTAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN ANTE CARGAS DINÁMICAS.....	27
8.3.	CONCLUSIONES.....	27
9.	SISTEMA DE CIMENTACIÓN.....	28
9.1.	ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS.....	29
9.2.	CALCULO DE FACTORES DE SEGURIDAD.....	29
9.2.1.	<i>Factor de Seguridad directo</i>	29
9.2.2.	<i>Factor de Seguridad directo</i>	30
9.2.3.	<i>Factor de Seguridad en condición de Sismo</i>	30
10.	PLACAS DE CONTRAPISO.....	31
11.	DRENAJES.....	31
12.	FACTORES DE DISEÑO SÍSMICO.....	32
13.	LIMITACIONES DEL DISEÑO.....	33



Índice de Figuras

Figura 1. Localización del Proyecto	5
Figura 2. Planta estructura actual - Primer piso	7
Figura 3. Localización de los sondeos	8
Figura 4. Plano geológico del sector en estudio con las diferentes unidades geológicas (INGEOMINAS).....	10
Figura 5. Perfil Estratigráfico Barreno 1.....	12
Figura 6. Perfil Estratigráfico Barreno 2.....	12
Figura 7. Perfil Estratigráfico Barreno 3.....	13
Figura 8. Perfil Estratigráfico Barreno 4.....	14
Figura 9. Perfil Estratigráfico Sondeo 5.....	14
Figura 10. Perfil Estratigráfico Barreno 6.....	15
Figura 11. Perfil Estratigráfico Barreno 7.....	15
Figura 12. Perfil Estratigráfico Apique 1.....	16
Figura 13. Perfil Estratigráfico Apique 2.....	17
Figura 14. Perfil Estratigráfico Apique 3.....	18
Figura 15. Perfil Estratigráfico Apique 4.....	19
Figura 16. Perfil Estratigráfico Apique 5.....	20
Figura 17. Zonificación estratigráfica	21
Figura 18. Parámetros de resistencia Limo	23
Figura 19. Parámetros de resistencia arenisca	24
Figura 20. Cimentación detectada mediante la ejecución de apiques	25
Figura 21. Asentamientos totales para el sistema de cimentación actual	26
Figura 22. Análisis del Factor de seguridad sismo.....	27
Figura 23. Asentamientos Totales (m).....	29
Figura 24. Calculo del Factor de Seguridad Directo	30
Figura 25. Determinación del Factor de Seguridad - Sismo.....	31
Figura 26. Ubicación del proyecto en la microzonificación sísmica de Bogotá	33

Índice de Tablas

Tabla 1. Exploración realizada.....	9
Tabla 2. Ensayos de Laboratorio	11
Tabla 3. Parámetros de Diseño no drenados.....	23
Tabla 4. Parámetros de resistencia efectivos	24
Tabla 5. Factores de Seguridad.....	28



1. GENERALIDADES

1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en el Barrio La Candaría de la ciudad de Bogotá, una entrada se encuentra en la Calle 11 Con 3 y adicional cuenta con un ingreso adicional sobre la carrera 4. En la Figura 1 se presenta la localización del proyecto.



Figura 1. Localización del Proyecto



1.2. ALCANCE DEL ESTUDIO

1. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO: Basados en la información y exploración realizada, se definirá el perfil de suelo y sus propiedades principales de compresibilidad y resistencia al cortante.
2. ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS DE LOS SISTEMAS DE CIMENTACIÓN ACTUALES: Usando las cargas, dimensiones y configuraciones de sistemas de cimentación para la estructura, se procederá a calcular asentamientos elásticos de cada una de las estructuras, para definir si es necesario modificar el sistema de cimentación actual.
 - 2.1. De acuerdo a las características del proyecto existente y características geotécnicas del subsuelo, se evaluarán los estados límite de falla (capacidad de carga admisible) y servicio (asentamientos).
3. GENERACIÓN DE UN INFORME: El producto final contendrá un resumen de los pasos descritos anteriormente, esquemas y detalles de los sistemas propuestos de cimentación y observaciones o recomendaciones generales a tener en cuenta.

1.3. COMPLEJIDAD DEL PROYECTO

De acuerdo con lo establecido en el Título H de las normas NSR-10 el proyecto materia de estudio se ha clasificado como CATEGORÍA BAJA, según la tabla H.3.1-1 teniendo en cuenta el número total de niveles y las cargas máximas de servicio aplicadas a la estructura vinculando tanto la carga viva como la carga muerta.

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consta de dos casas de 2 pisos la estructura actual consiste muros de adobe y mampostería. En la Figura 2 y Figura 3 se presentan los planos en planta del proyecto. Adicional a esta estructura actual, presentada en las figuras, se realizará una ampliación de la estructura.



2. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

2.1. EXPLORACIÓN MEDIANTE SONDEOS GEOMECÁNICOS

La exploración del subsuelo se llevó a cabo mediante la ejecución de 7 sondeos de entre 2,12 y 5,55 metros de profundidad. Adicional a lo anterior, se realizaron 5 apiques con el fin de identificar y verificar la cimentación existente. La distribución de los sondeos se muestran en la Figura 3 y el resumen de exploración se presenta en la Tabla 1. En los sondeos se efectuaron ensayos corridos de penetración estándar (SPT.) con equipo de perforación a percusión, donde se sacaron muestras semi - alteradas para los respectivos ensayos de laboratorio.

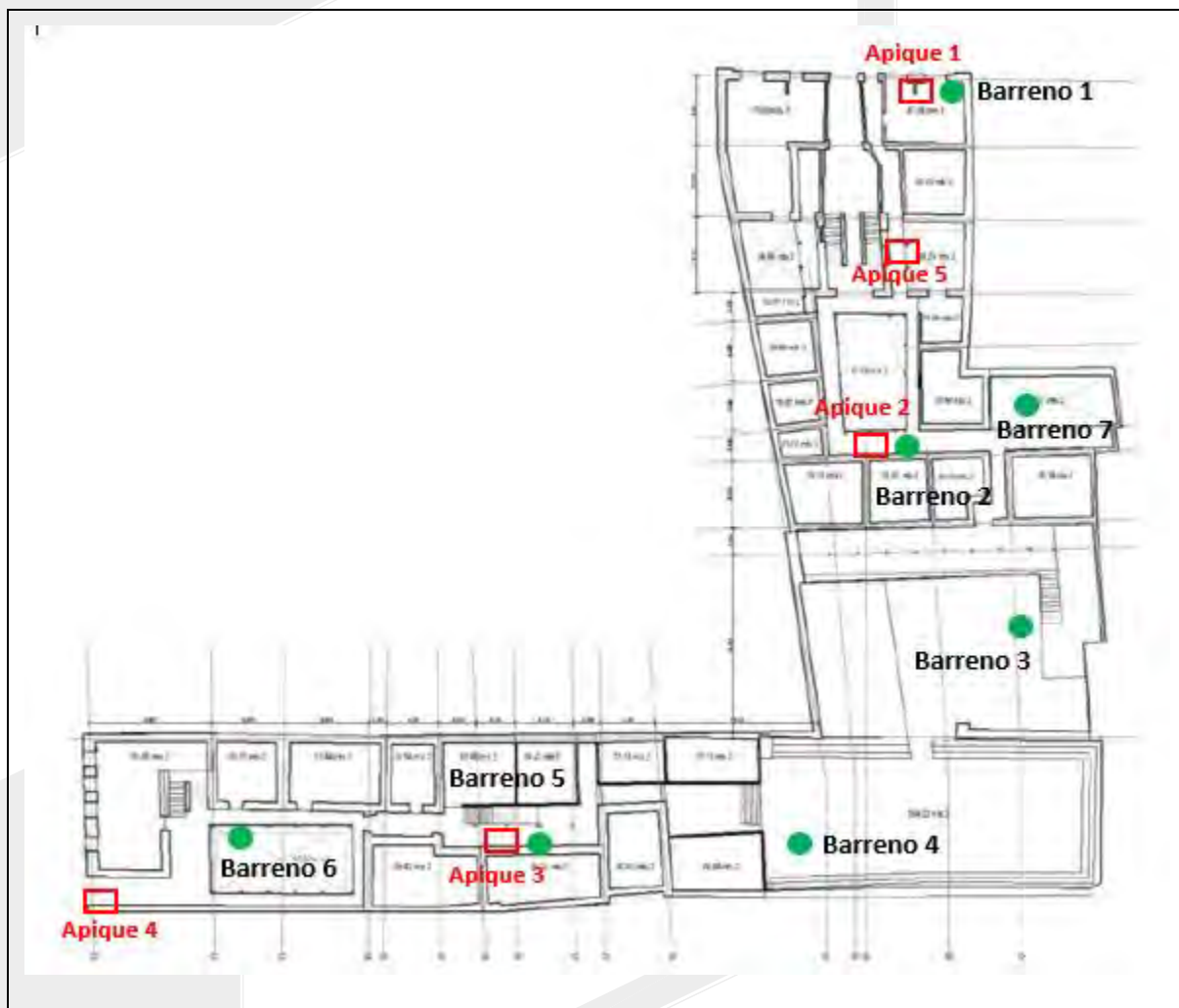


Figura 3. Localización de los sondeos.



Tabla 1. Exploración realizada

Exploración	Profundidad (m)	Nivel sobre el terreno	Ensayo de campo
Barreno 1	2.7	0 (Referencia)	SPT
Barreno 2	4.2	0.35	SPT
Barreno 3	5.5	4.45	SPT
Barreno 4	2.1	4.45	SPT
Barreno 5	3.6	1.95	SPT
Barreno 6	2.65	1.95	SPT
Barreno 7	3.9	1.35	SPT
Apique 1	2.25	0 (Referencia)	---
Apique 2	1.5	0.35	---
Apique 3	2	1.95	---
Apique 4	1	1.95	---
Apique 5	1.4	0	---

2.1.1. Muestreador del ensayo de penetración estándar (SPT) de 2pulg de diámetro exterior.

El muestreador del SPT fue introducido en el suelo con un martillo de seguridad 140 libras y una caída de 30 pulg (aproximadamente, se espera algún error del operados dado el uso del mecanismo cuerda y malacate). El muestreador fue introducido hasta 50 golpes en los primeros 15 cm o 100 golpes en los últimos 30cm (rechazo), cualesquiera que ocurra primero. El número de golpes fue registrado en golpes por pie para los sondeos actuales.



3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La ciudad se localiza sobre un extenso relleno de origen lacustre y edad Cuaternaria, rodeado por cerros constituidos por areniscas, arcillolitas y conglomerados. El depósito de la parte plana se denomina formación Sabana (Qs) conformada por una sucesión de capas horizontales de Arcilla y limo normalmente consolidadas. La base del depósito se compone de arcillas duras, de color verdoso, sedimentadas en el fondo de las lagunas que llenaron los pliegues formados en el Terciario. La parte intermedia del depósito está ocupada por arcillas y limos blandos progresivamente más duros con la profundidad, en respuesta a una presión de sobrecarga igualmente creciente.

La parte más superficial corresponde a arcillas de inundación, depositadas en pantanos recurrentes, en los bordes del antiguo lago. Originalmente todo el depósito fue distinguido como Formación Sabana, aunque más modernas interpretaciones circunscriben esta Formación a las arcillas de inundación y adjudican el resto a la Formación Tilatá.

El proyecto se encuentra ubicado en la Formación Sabana que está constituida por arcillas plásticas de color gris oscuro, con intercalaciones de lentes de arena y grava que corresponde a depósitos fluvio – lacustres de la unidad de Complejo de Conos (Qcc).

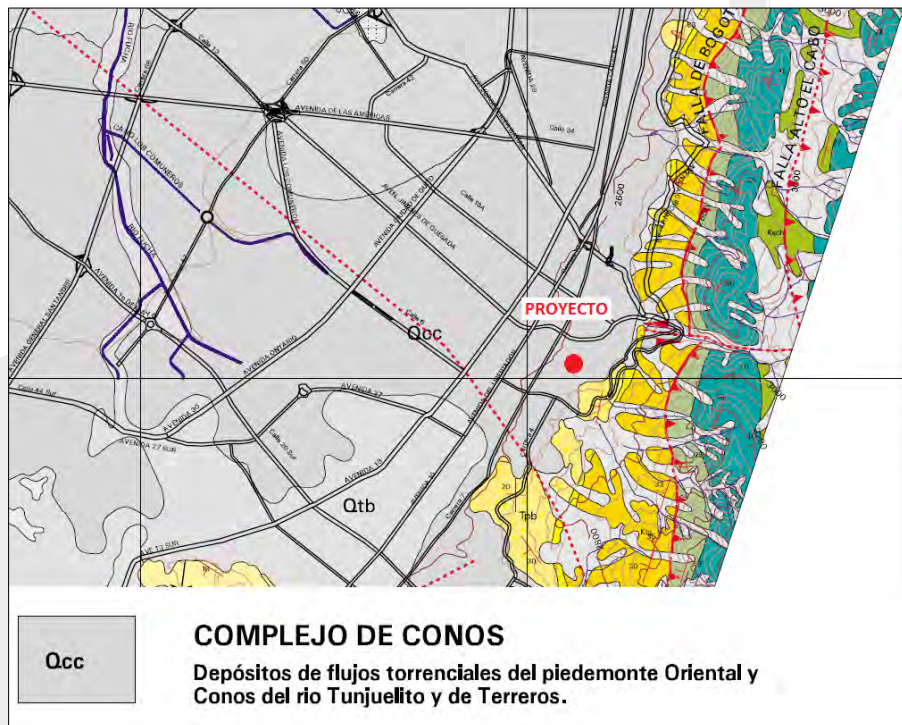


Figura 4. Plano geológico del sector en estudio con las diferentes unidades geológicas (INGEOMINAS).



4. VARIACIÓN ESPACIAL DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUBSUELO

De acuerdo a los resultados de los trabajos de campo se presenta a las series estratigráficas del subsuelo de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** A partir de las muestras recuperadas, se realizó la cantidad necesaria de ensayos para la caracterización del suelo. El resumen de ensayos de laboratorio se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Ensayos de Laboratorio

Sondeo	Muestra	Prof. [m]	Tipo	Humedad Natural	Límites de Consistencia	Peso Unitario
B1	1	1.00-1.50	SPT	X		X
B1	2	2.50-2.75	SPT	X		
B2	1	1.00-1.50	SPT			
B2	2	2.50-3.00	SPT			X
B2	4	4.00-4.35	SPT	X	X	
B3	1	1.00-1.50	SPT			
B3	2	2.50-3.00	SPT	X	X	
B3	3	4.00-4.50	SPT	X	X	X
B3	4	5.50-5.55	SPT			
B4	1	0.50-1.00	SPT	X		X
B4	2	2.00-2.12	SPT	X		X
B5	1	1.00-1.50	SPT			
B5	2	2.50-3.00	SPT			X
B5	3	3.50-3.58	SPT	X		
B6	1	1.00-1.50	SPT			X
B6	2	2.50-2.65	SPT	X		
B7	1	1.00-1.50	SPT	X	X	X
B7	2	2.50-3.00	SPT		X	
B7	3	3.50-4.00	SPT	X	X	X



REGISTRO DE PERFORACION

BARRENO No 3

OBRA CANDELARIA

EQUIPO BARRENO

PERFORADOR DARIO ARROYAVE

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS	Nº	TIPO	DE	A	GOLPES CADA 6 PULGADAS		
0	0.00 0.10							
	PLACA DE CONCRETO							
	RELLENO DE LIMO Y RESIDUOS DE OBRA							
1	1.50	1	SPT	1.00	1.50	2	2	3
	BLOQUES DE ARENISCA EN UNA MATRIZ DE LIMO NEGRO							
2	2.80	2	SPT	2.50	3.00	8	4	4
	ARENISCA CON ARENA Y LENTES DE ARCILLA COLOR ROJIZO CON LIMO CAFÉ OSCURO							
4	4.50	3	SPT	4.00	4.50	5	7	11
	PRESENCIA DE HUMEDAD							
	ARENISCA CON ARENA Y LENTES DE ARCILLA COLOR ROJIZO CON LIMO CAFÉ OSCURO							
5	5.55	4	SPT	5.50	5.55	30/2"		
	RECHAZO							
6								

Figura 7. Perfil Estratigráfico Barreno 3.



REGISTRO DE PERFORACION

BARRENO No 4

OBRA CANDELARIA

EQUIPO BARRENO

PERFORADOR DARIO ARROYAVE

PROFUNDIDAD (m)		DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS	Nº	TIPO	DE	A	GOLPES CADA 6 PULGADAS		
0	0.00	PLACA DE CONCRETO	1	SPT	0.50	1.00	3	3	3
	0.04	CAPA DE RECEBO							
	0.14								
1		LIMO CAFÉ OSCURO CON ARENA FINA Y BLOQUES DE ARENISCA							
2	2.12	RECHAZO	2	SPT	2.00	2.12	38/4"		

Figura 8. Perfil Estratigráfico Barreno 4.

REGISTRO DE PERFORACION

BARRENO No 5

OBRA CANDELARIA

EQUIPO BARRENO

PERFORADOR DARIO ARROYAVE

PROFUNDIDAD (m)		DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS	Nº	TIPO	DE	A	GOLPES CADA 6 PULGADAS		
0	0.00	BALDOSA							
	0.04								
1		LIMO CAFÉ OSCURO CON RESIDUOS DE OBRA	1	SPT	1.00	1.50	1	1	2
2	2.35	ARENA CON BLOQUES DE ARENISCA COLOR GRIS CLARO	2	SPT	2.50	3.00	3	8	12
3	3.45	ARENISCA COLOR HABANO	3	SPT	3.50	3.58	40/3"		
	3.58	RECHAZO							

Figura 9. Perfil Estratigráfico Sondeo 5.



REGISTRO DE PERFORACION

BARRENO No 6

OBRA CANDELARIA

EQUIPO BARRENO

PERFORADOR DARIO ARROYAVE

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS	Nº	TIPO	DE	A	GOLPES CADA 6 PULGADAS		
0	0.00							
	0.08							
	0.40							
1	LIMO CAFÉ OSCURO	1	SPT	1.00	1.50	3	4	4
	2.30	2	SPT	2.50	2.65	20	42/5"	
2.65								

Figura 10. Perfil Estratigráfico Barreno 6.

REGISTRO DE PERFORACION

BARRENO No 7

OBRA CANDELARIA

EQUIPO BARRENO

PERFORADOR DARIO ARROYAVE

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS	Nº	TIPO	DE	A	GOLPES CADA 6 PULGADAS		
0	0.00							
	0.05							
	0.13							
	0.30							
1	ARENA CON ALGO DE LIMO Y ARCILLA COLOR CARMELITO	1	SPT	1.00	1.50	4	9	14
	LIMO ARCILLOSO CON ARENA CAFÉ CLARO							
2	1.00	2	SPT	2.50	3.00	7	6	5
	1.35							
3	3.00	3	SPR	3.50	4.00	6	8	25
	3.90							
4	ARENISCA GRIS CLARO							

Figura 11. Perfil Estratigráfico Barreno 7.



PROFUNDIDAD METROS		DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS
0	0.00	RECEBO
	0.25	LADRILLO EN TIZÓN
	0.80	CICLOPEO EN BLOQUES DE ARENISCA Y ARENA
1		
2	2.25	FIN

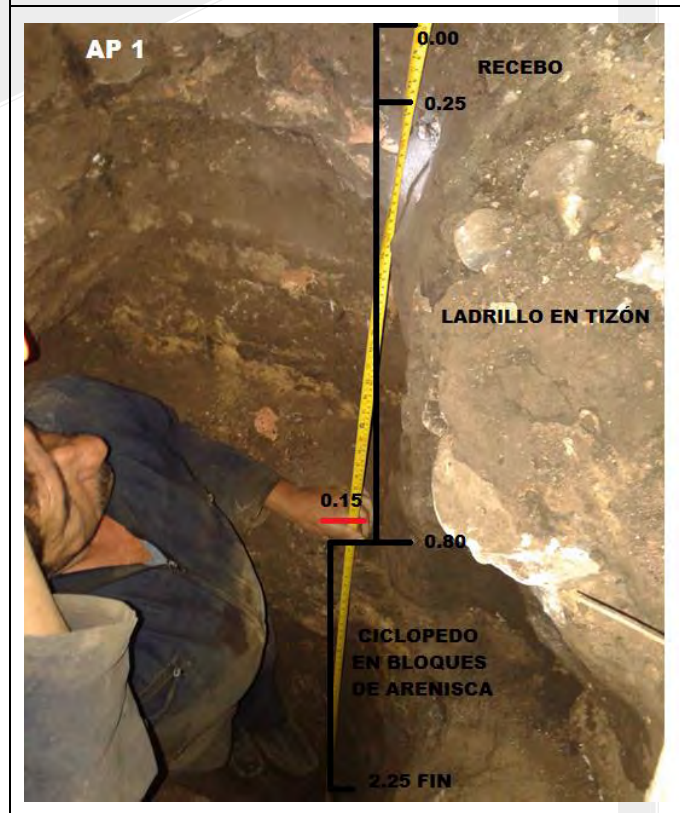


Figura 12. Perfil Estratigráfico Apique 1.



PROFUNDIDAD METROS		DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS
0	0.00	BALDOSIN SOBRE MORTERO
	0.14	ENROCADO
1		
	1.50	FIN



Figura 13. Perfil Estratigráfico Apique 2.



PROFUNDIDAD METROS		DESCRIPCION DE LOS ESTRATOS
0	0.00	LADRILLO
	0.30	
1		CICLOPEO
2	2.00	FIN

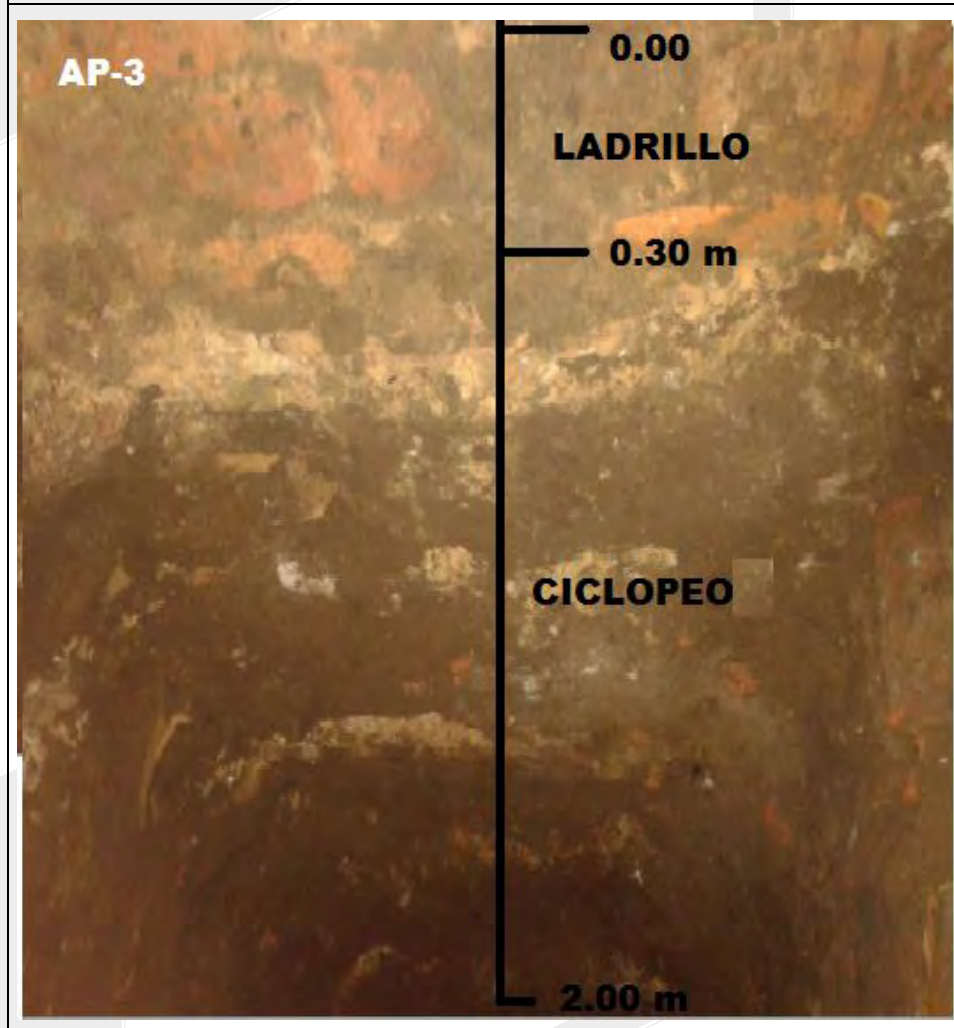


Figura 14. Perfil Estratigráfico Apique 3.

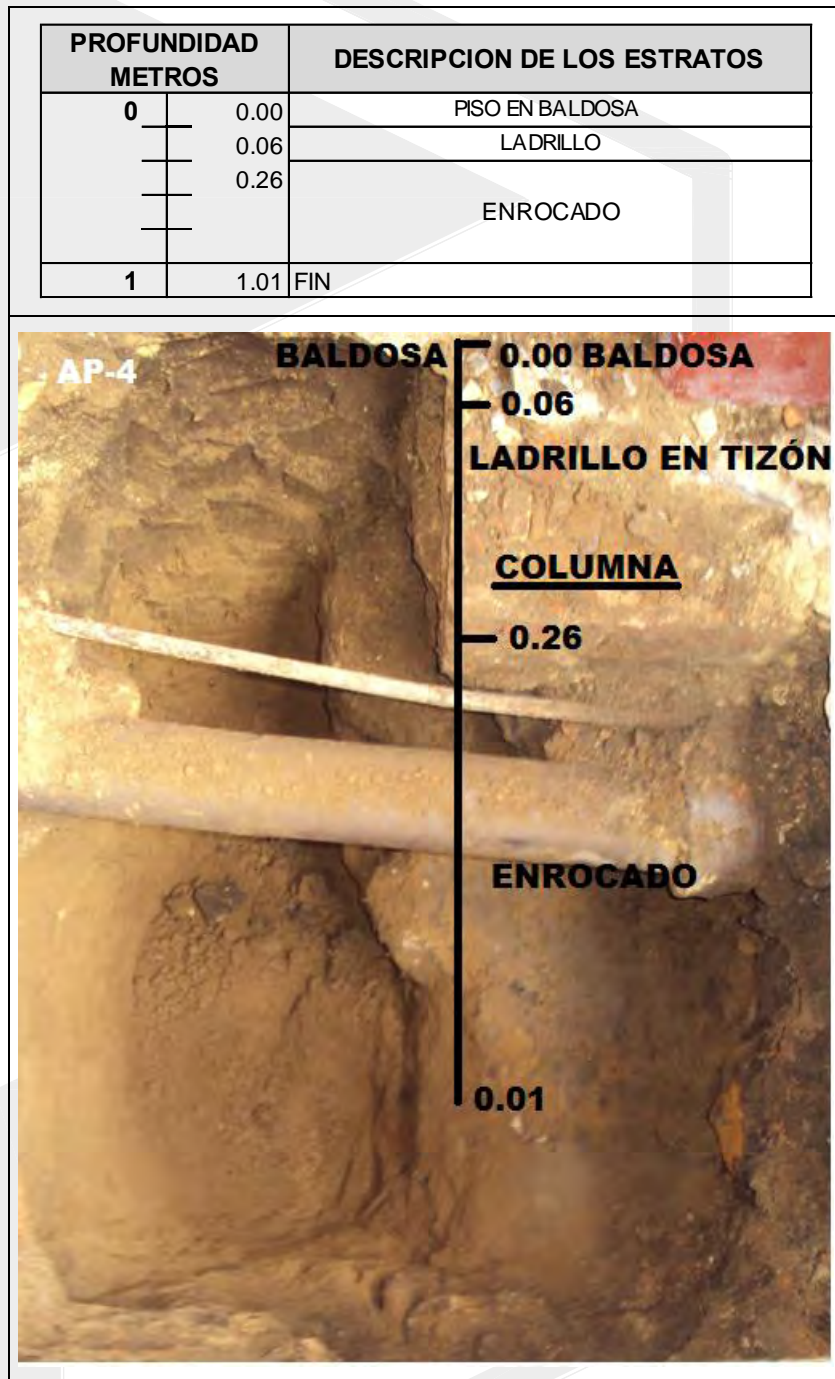


Figura 15. Perfil Estratigráfico Apique 4.

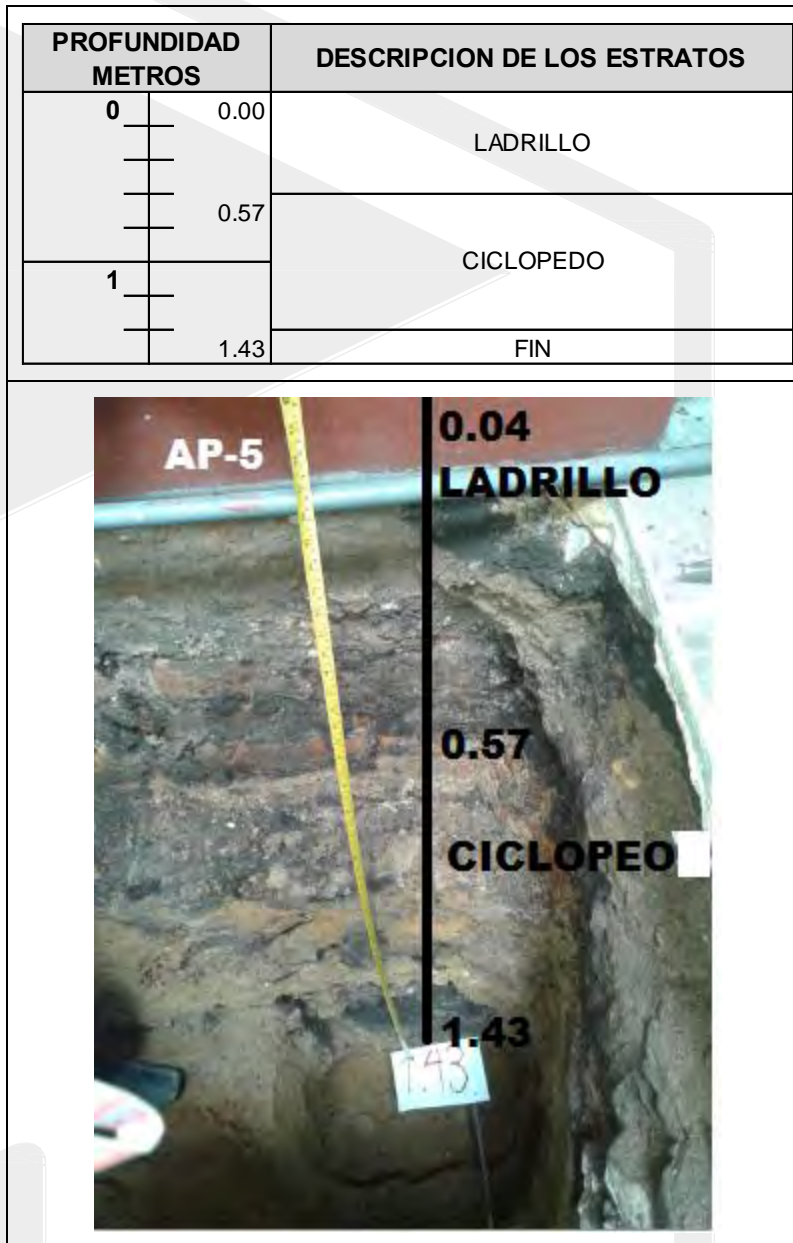


Figura 16. Perfil Estratigráfico Apique 5.



4.1 Subsuelo

A continuación se presenta la descripción del subsuelo a partir del nivel actual del terreno. Para realizar esta descripción se tiene en cuenta los diferentes niveles de la edificación actual. De acuerdo a esto se dividen 3 Zonas presentadas en la Figura 17 :



Figura 17. Zonificación estratigráfica



- **Estratigrafía Zona 1:**

A. 0,00 – 1,3m

Relleno de limo arcilloso y/o arcilla limo arenosa de color café claro y/o negro con presencia de arena de consistencia entre blanda y media. Con N del ensayo de SPT de 5 golpes/pie.

B. 1,3m –4.20 m

Bloques de Arenisca con presencia de arena suelta de color ocre y/o amarilla. Con N del ensayo SPT entre 15 y 42 golpes/pie.

- **Estratigrafía Zona 2:**

Esta zona corresponde a un relleno realizado para alcanzar el nivel actual.

A. 0,00 –1.5 m

Relleno de limo arcilloso y/o arcilla limo arenosa de color café claro con presencia de residuos de obra. Con N del ensayo de SPT de 5 golpes/pie.

B. 1.5 m –5.55 m

Relleno compuesto por arenisca, arcilla color rojizo, limo color café oscuro. Con N del ensayo SPT entre 8 y 30 golpes/pie.

- **Estratigrafía Zona 3:**

A. 0,00 –2,6 m

Relleno de limo arcilloso y/o arcilla limo arenosa de color café claro y/o negro con presencia de arena de consistencia entre blanda y media. Con N del ensayo de SPT de entre 3 y 8 golpes/pie.

B. 2,6 m –3.58 m

Bloques de Arenisca con presencia de arena suelta de color ocre y/o amarilla. Con N del ensayo SPT entre 20 y 42 golpes/pie.

En esta zona se identifica una cancha, a un nivel mayor que el primer piso de la casa. De acuerdo a la estratigrafía identificada, este nivel de la cancha corresponde al terreno natural, es decir, no se realizó un relleno para alcanzar este nivel.

4.2 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático no se detectó en ninguna de las perforaciones realizadas.



5. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO

A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras extraídas durante la exploración del subsuelo, y utilizando correlaciones ampliamente reconocidas en la práctica de la ingeniería, a continuación se presentan los parámetros de resistencia al corte y compresibilidad del suelo:

Tabla 3. Parámetros de Diseño no drenados.

Estrato	Profundidad (m)	γ (ton/m ³)	E (Ton/m ²)
1	0.0 – 1,3/2,6	2,0	685
2	1,3/1,6-2,12/5,55	2,0	1835

Donde:

γ = Peso Unitario (ton/m³)

E =Modulo de Elasticidad del suelo.

Calculo de los parámetros efectivos de resistencia del suelo:

Para el cálculo de los parámetros efectivos de resistencia del suelo, se utiliza el artículo “Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT” de Álvaro J. González G.

- Parámetros de resistencia efectivos Material: Relleno de Limo

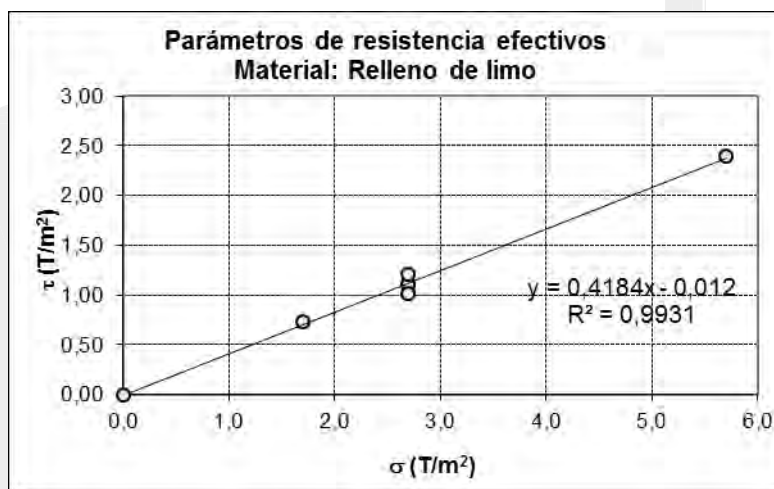


Figura 18. Parámetros de resistencia Limo



- Parámetros de resistencia efectivos Material: Arenisca

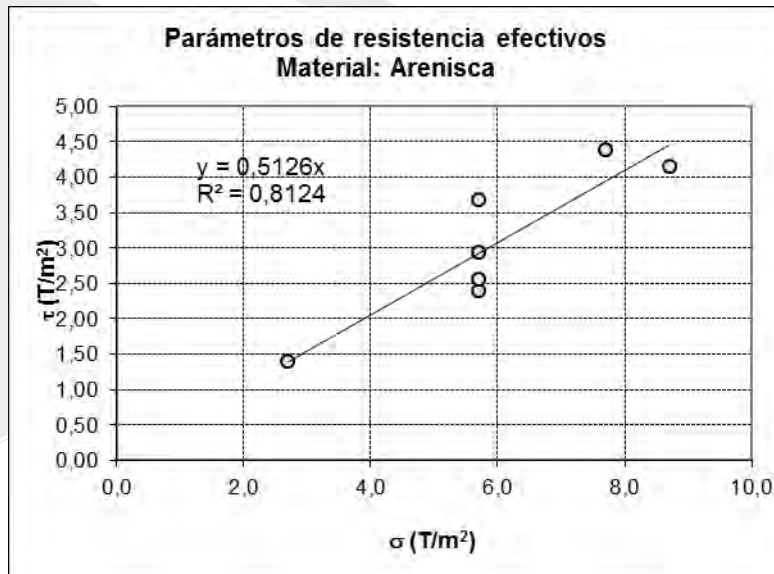


Figura 19. Parámetros de resistencia arenisca

Tabla 4. Parámetros de resistencia efectivos

Estrato	Profundidad	ϕ'
	(m)	
1	0.0 – 1,3/2,6	23
2	1,3/2,6-2,12/5,55	27

Donde:

ϕ = Angulo de Fricción Interna del Suelo



6. SOFTWARE DE DISEÑO

Para desarrollar los diseños que hacen parte de este estudio se utilizaron correlaciones y métodos de diseños clásicos de ingeniería, también se utilizaron los siguientes programas:

- Cbear: software que analiza la capacidad portante de cimentaciones superficiales. Se puede analizar zapatas rectangulares, corridas y cuadradas. También se consideran los efectos del empotramiento, cargas inclinadas y excéntricas, superficie terreno en pendiente, y la sobrecarga. Este programa fue desarrollado por la federal highway administration en 1994.
- Slide 5.0 de Rocscience: programa para calcular el factor de seguridad ante sismo.
- Settle 3D versión 2.0 de Rocscience: Programa de elementos finitos para el cálculo de asentamientos.
- PHASE 2 versión 6.0 de Rocscience: Para la modelación mediante métodos de elementos finitos de la interacción suelo-estructura.

7. SISTEMA DE CIMENTACIÓN ACTUAL

A continuación se describe la cimentación existente de acuerdo a la información encontrada durante la ejecución de los apiques:

Se detectaron cimientos corridos compuestos por 0.5 m de un muro en ladrillo, y concreto ciclópeo hasta una encontrar la arenisca detectada. Este concreto ciclópeo permite transmitir las cargas hasta la arenisca.

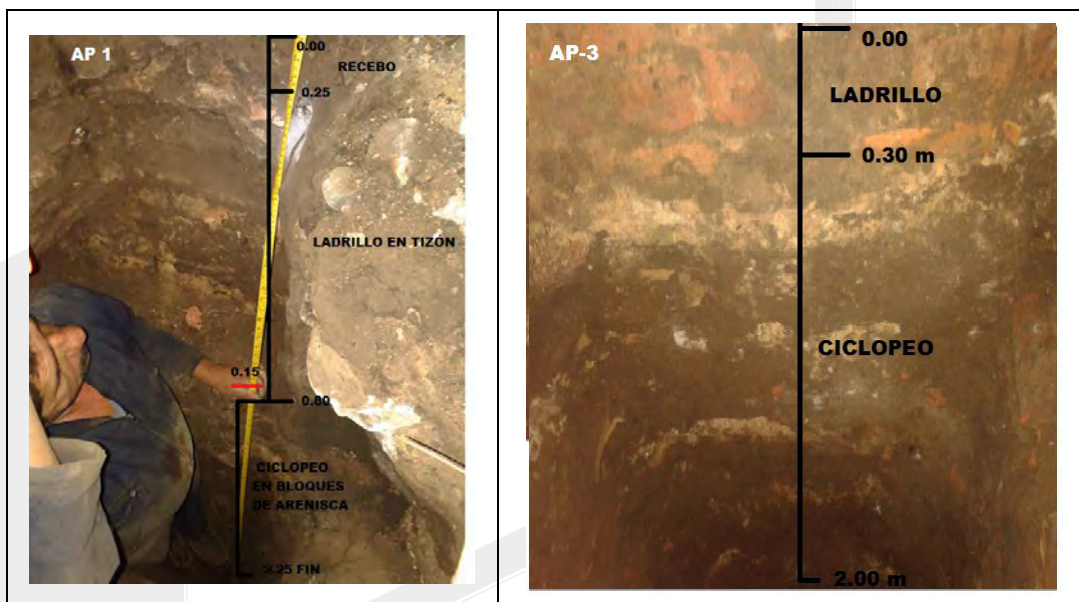


Figura 20. Cimentación detectada mediante la ejecución de apiques



8. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN ACTUAL

A partir de la geometría detectada de los cimientos, la información suministrada, la altura actual de 2 pisos y teniendo en cuenta los parámetros efectivos calculados para el suelo de apoyo se determinó la capacidad portante del suelo utilizando los métodos clásicos de cálculo obteniendo un valor de 37,64 Ton/m² según Vesic.

De acuerdo con las cargas estimadas por áreas aferentes a partir de las dimensiones del levantamiento arquitectónico, se tiene que los cimientos se encuentran trabajando actualmente con una presión de contacto de 18 ton/m² (dato estimado) y por lo tanto se tiene un factor de seguridad indirecto de 2,091 el cual es inferior al mínimo recomendado. Teniendo en cuenta lo anterior se hace necesario reforzar la cimentación para que cumpla con las recomendaciones del capítulo 9.

8.1. ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

Con el fin de evaluar los asentamientos desarrollados dadas las cargas aplicadas por la cimentación del edificio se utilizó el programa Settle 3D que permite realizar un análisis de desplazamientos verticales tanto elásticos como por consolidación bajo la superficie ante cargas aplicadas.

Los asentamientos que debieron presentar durante la construcción de la estructura por efectos de las cargas generadas debieron ser del orden de 1 cm con diferenciales controlados por el tipo de cimentación. Como se muestra a continuación:

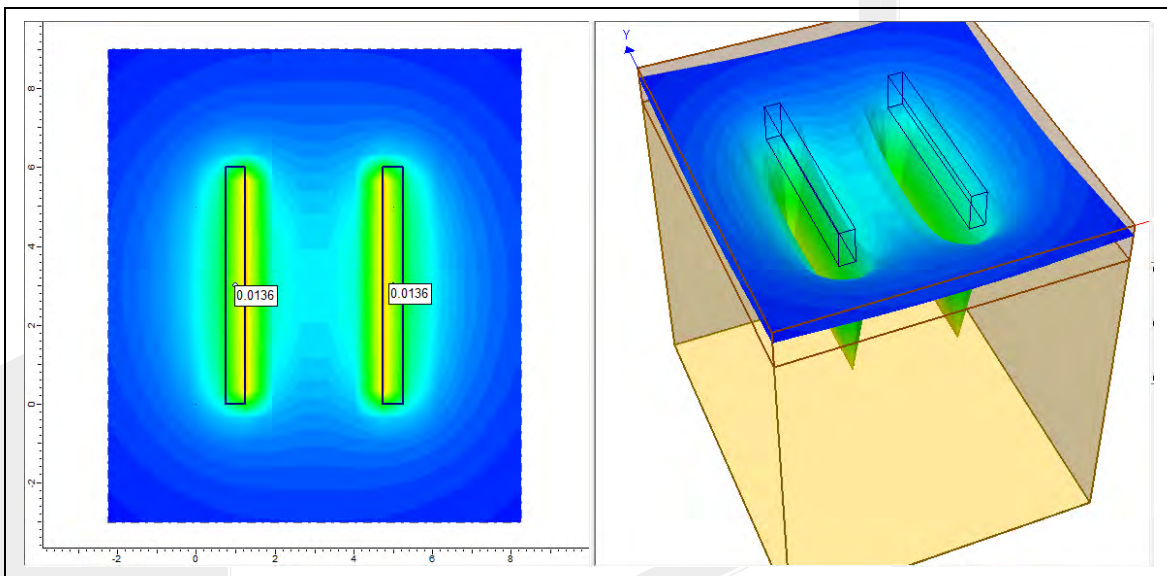


Figura 21. Asentamientos totales para el sistema de cimentación actual



8.2. COMPORTAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN ANTE CARGAS DINÁMICAS

El análisis en sismo se realiza mediante el programa SLIDE para un eventual sismo de 0.15 g de aceleración horizontal de acuerdo con el NSR del 2010 como se ilustra a continuación, obteniendo un factor de seguridad de 1,961 el cual es adecuado ante lo exigido por la norma sismoresistente:

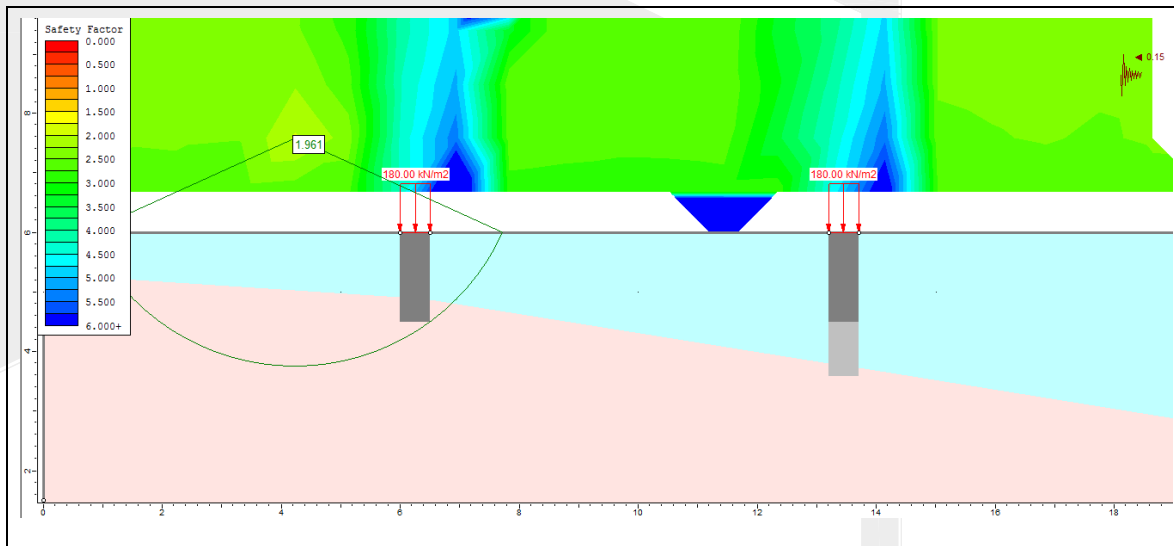


Figura 22. Análisis del Factor de seguridad sismo

8.3. CONCLUSIONES

Con base en los trabajos de campo y la totalidad de análisis efectuados, se tiene que la cimentación actual se encuentra trabajando en rangos bajos para el tipo de cimentación y nivel de cargas actuales. Teniendo en cuenta que la estructura ha estado en servicio desde hace aproximadamente 100 años, todos los asentamientos ya se han desarrollado. Teniendo en cuenta lo anterior la cimentación se encuentra presenta factores de seguridad insuficientes por lo que se hace necesario verificar que tanto cimientos existentes o cimientos nuevos que surjan de la evaluación estructural, se encuentren trabajando con los parámetros que se establecen a continuación

Es importante resaltar que el ingeniero calculista deberá revisar el estado estructural de los cimientos encontrados dada su antigüedad, a la luz de los requisitos de la NSR -2010.



9. SISTEMA DE CIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta que la cimentación actual está trabajando con factores de seguridad bajos y que es posible que se necesiten cimentar nuevas cargas, las mismas se apoyaran sobre la arenisca detectada. Estas nuevas cargas totales se estimaron en hasta 12 ton/m.

El sistema de cimentación proyectado consistirá en zapatas corridas en concreto reforzado apoyadas a 1,5 m de profundidad medidos a partir de la losa de contrapiso sobre la arenisca detectada.

- a) El área de las zapatas se determinará con base en una presión de contacto de:

$$P = 12 \text{ Ton/m}^2$$

El cálculo de los factores de seguridad obtenidos se presenta en el capítulo 9.3 y sus valores se resumen en la siguiente Tabla:

Tabla 5. Factores de Seguridad

ESTÁTICO		SISMO Aa=0.15G
INDIRECTO	DIRECTO	
3,39	3,29	2.209

Para garantizar la estabilidad de los cimientos los mismos deberán tener por lo menos un ancho de 0,6 m.

- b) Todos los muros de fachada y divisorios deberán apoyarse sobre cimientos o vigas de amarre.
- c) Las zapatas se enlazarán mediante una red de vigas de amarre proyectadas para trasladar un 10% de la carga a los elementos contiguos.
- d) El suelo de apoyo deberá ser recubierto con 3 cm de concreto pobre para evitar la alteración del mismo por cambios de humedad.
- e) Todos los ductos de aguas como drenajes, redes de alcantarillado y bajantes deben sellarse de tal manera que no se presenten fugas, ya que los suelos de cimentación son susceptibles a cambios de volumen debido a cambios de humedad. Se recomienda que las tuberías a utilizar admitan deformaciones y movimientos como es el caso del PVC.
- f) En caso que la arenisca no sea detectada a 1,5 m se hace necesario apoyar los cimientos sobre concreto ciclópeo compuesto por piedra 40% y concreto de 2500 psi el 60%, hasta detectar la arenisca.
- g) La planta de cimentación deberá ser aprobada por esta consultoría, sin esta aprobación los planos de cimentación no tendrán validez.
- h) Esta consultoría debe aprobar el suelo de cimentación.



- i) Para este sistema de cimentación se han calculado asentamientos teóricos máximos de 2 cm.

9.1. ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

Para las condiciones del proyecto y el subsuelo descrito en este informe se esperan asentamientos totales del orden de 2 cm, de los cuales la mayor parte se desarrollaran durante la construcción.

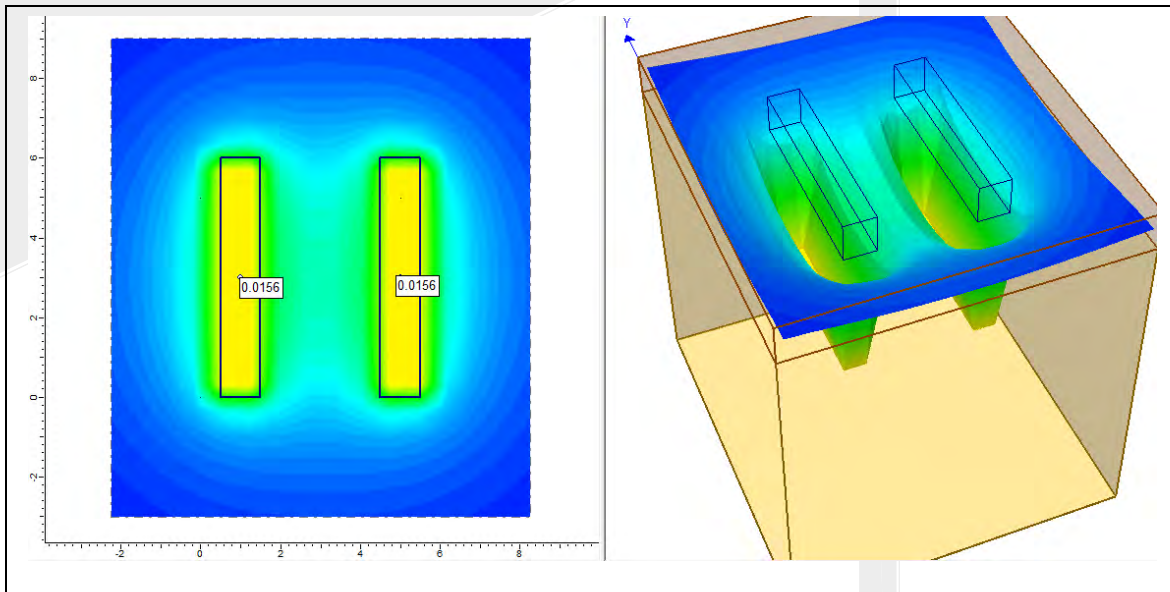


Figura 23. Asentamientos Totales (m)

9.2. CALCULO DE FACTORES DE SEGURIDAD

9.2.1. Factor de Seguridad directo

El factor de seguridad indirecto para condición estática se establece la relación entre la capacidad de carga última q_u y la capacidad de admisible de trabajo q_{adm} .

$$FS_{indirecto\ estatico} = \frac{40,70 \frac{Ton}{m^2}}{12 \frac{Ton}{m^2}} = 3,39$$

Se tiene un factor de seguridad indirecto de 3.39, que está acorde con los requerimientos de la NSR-2010, consignados en la Tabla H.4.7-1 Factores de Seguridad Indirectos FSICP (Factores de seguridad indirectos ante capacidad portante) Mínimos donde se exige se exige un valor de mínimo 3,0.



9.2.2. Factor de Seguridad directo

Utilizando el software phase 2 y utilizando la función de Strength reduction factor se obtuvo el factor de seguridad:

Del modelo de elementos finitos se obtiene que el factor de seguridad para la cimentación es de 3.26, valor que se considera adecuado para el tipo de cimentación lo que cumple con lo exigido en la Tabla H.2.4-1 Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos, de la NSR-10 donde se exige un FS de mínimo 1,1.

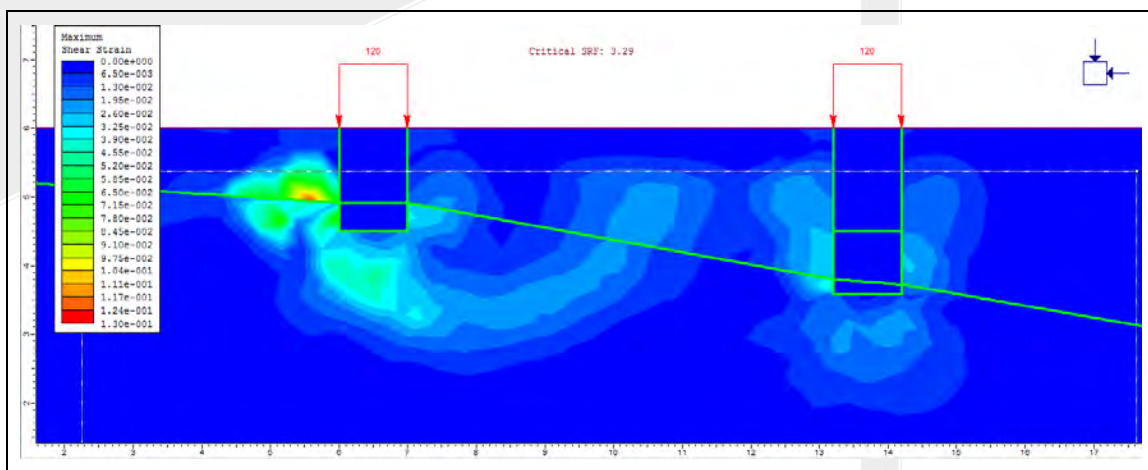


Figura 24. Calculo del Factor de Seguridad Directo

9.2.3. Factor de Seguridad en condición de Sismo

El análisis en sismo se realiza mediante el programa SLIDE para un eventual sismo de 0.15 g de aceleración horizontal de acuerdo con el NSR del 2010 como se ilustra a continuación:

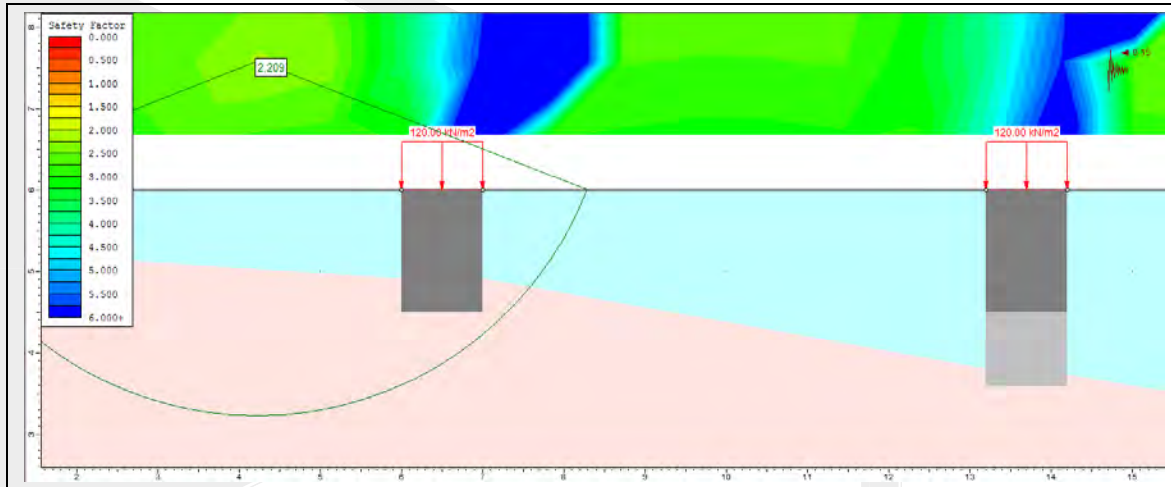


Figura 25. Determinación del Factor de Seguridad - Sismo

10. PLACAS DE CONTRAPISO

Losas para estructuras menores que no prevén cargas vivas altas, tendrán 10 cm de espesor y refuerzo por temperatura, se fundirán en concreto de 3000 psi sobre un mínimo de 0.20 m de recebo compacto. Se deberán aislar de los muros.

11. DRENAJES

Se deberán proyectar una red de drenajes superficiales con el objeto de recoger y conducir todas las aguas de escorrentía por fuera de los límites del proyecto. Así mismo, alrededor de las estructuras se proyectarán andenes perimetrales con un mínimo de 1.0 m de ancho, para evitar el acceso de las aguas lluvias a los suelos de fundación.

Se recomienda que los andenes estén confinados para evitar que se desplacen y generen aberturas que permitan la entrada de agua y la pérdida de soporte de la losa, este confinamiento se puede dar mediante la construcción de un bordillo en concreto que debe estar empotrado mínimo unos 30 cm.

Así mismo se tiene que para evitar grietas en los andenes de concreto se recomienda dimensionarlos de la siguiente forma: Juntas longitudinales hasta cada 25 veces el espesor de la losa y factores de forma entre 1 a 1.4. La junta debe tener un corte de 1/4 a 1/6 del espesor de la losa (sellar la juntas). Finalmente es fundamental que la escorrentía proveniente de las cubiertas sea recogida mediante canales para techos, con el fin de evitar que la erosión genere la pérdida de confinamiento de andenes y cimientos de estructuras.



12. FACTORES DE DISEÑO SÍSMICO

De acuerdo a la NSR-10 en el numeral A.10.9.2.5, “Cuando se trate de intervenciones estructurales de edificaciones declaradas como patrimonio histórico, donde existan restricciones severas para lograr un nivel de seguridad equivalente al que el Reglamento exigiría a una edificación nueva o al prescrito en A.10.4.2.2..., ...se permitirá un nivel menor de seguridad sísmica siempre y cuando este menor nivel se justifique por parte del ingeniero diseñador y se acepte por parte del propietario, incluyendo dentro de los documentos que se presentan para solicitar la respectiva licencia de construcción, un memorial firmado en conjunto en el cual se incluyan las razones que motivan la reducción, el nivel de seguridad sísmica propuesto, y las medidas que se adoptarán para restringir el acceso al público en general o los procedimientos colaterales que se adoptarán para proveer seguridad apropiada a los ocupantes. Este memorial se debe protocolizar mediante escritura pública en Notaría.”

Cumpléndose estas condiciones, se diseñara con los siguientes factores de diseño sísmico:

- Perfil de Suelo **Tipo E**.
- Se diseñara con la aceleración Pico efectiva reducida. **$A_e=0.13$**

De acuerdo a la microzonificación sísmica de Bogotá el proyecto se encuentra en una zona de transición entre la zona Piedemonte B y Depósito de Ladera, con los siguientes **coeficientes de seguridad limitada**:

Coeficiente	Piedemonte B	Depósito de Ladera
F_a	2.00	1.70
F_v	1.95	1.95
T_c	0.47	0.55
T_L	3.0	3.0
A_0	0.23	0.20

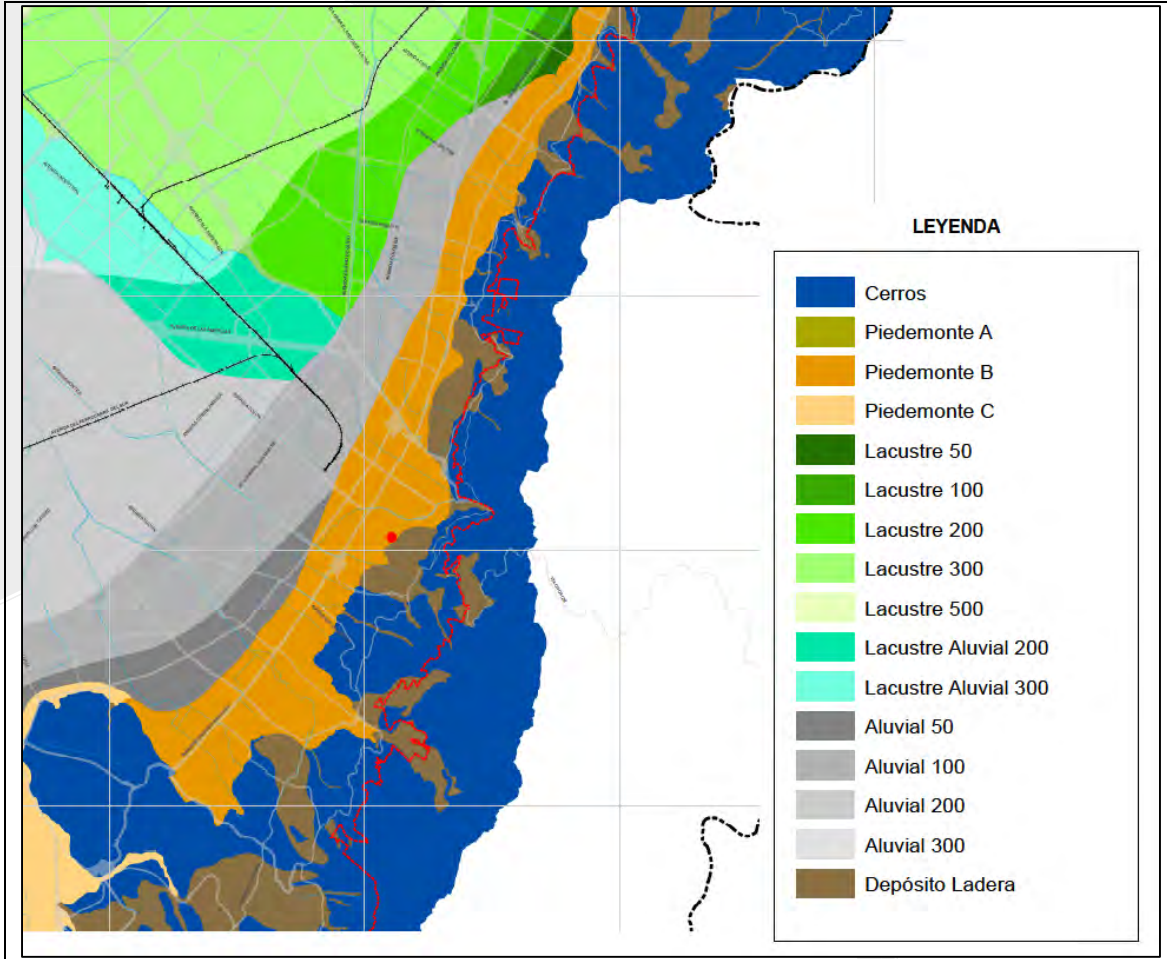


Figura 26. Ubicación del proyecto en la microzonificación sísmica de Bogotá

13. LIMITACIONES DEL DISEÑO

El presente informe y los diseños aquí contenidos se realizaron en base a la información recolectada en campo y los ensayos ejecutados. Si durante la construcción se detectan condiciones diferentes a las aquí descritas, se debe informar al diseñador, con el fin de revisar las estructuras propuestas y el efecto de estas condiciones en el diseño.