

CONTRATO DE CONSULTORIA No.CO1.PCCNTR.3721668

ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL

VOLUMEN 2

INFORME ESTUDIO DE SUELOS Y CIMENTACIÓN- PLAZA DE MERCADO TRINIDAD GALÁN



**VERSIÓN 1
ORIGINAL**

BOGOTÁ D.C., ENERO DE 2023

TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
		ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
IPES		

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE VERSIÓN	SECCION MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1		20/01/2023	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

TITULO DOCUMENTO:		ESTUDIO DE SUELOS			
DOCUMENTO No:					
A	NUMERO DE REVISIÓN		1	2	3
P	"Profesional que elabora el documento"	Nombre:	CARLOS VALERO	CARLOS VALERO	
R		Firma:			
O		Fecha:	16/12/22	20/01/23	
B	RESPONSABLE APROBACIÓN	Nombre:	MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO	
A		Firma:	16/12/22	20/01/23	
C		Fecha:			
I	"Representante legal"	Nombre:	MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO	
Ó		Firma:			
N		Fecha:	16/12/22	20/01/23	

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION.....	5
2	GENERALIDADES.....	5
2.1	LOCALIZACIÓN GENERAL.....	5
2.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DEL PROYECTO	6
2.3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
3	CONDICIÓN GEOLÓGICA Y ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	8
3.1	CONDICIÓN GEOLÓGICA.....	8
3.2	ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	9
3.3	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO DE ZONAS ASOCIADAS A PROBLEMAS GEOTÉCNICOS.....	12
4	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	12
4.1	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	12
4.1.1	Perforaciones	13
4.1.2	Pruebas de Campo y ensayos de laboratorio	15
4.2	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA	16
4.2.1	Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas	16
4.2.2	Perfil Geotécnico promedio	19
4.2.3	Parámetros de Resistencia al Corte.....	20
4.3	CONDICIONES GEOTECNICAS ESPECIALES.....	23
5.1.1	Evaluación de licuación	23
5	ANÁLISIS GEOTECNICOS	25
5.1	CONDICION ACTUAL DE LA CIMENTACION.....	25
5.1.1	Diagnostico general.....	25
5.2	EVALUACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	25
5.2.1	Cimentación cuadrada	27
5.2.2	Cimentación corrida	28
5.3	ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS.....	30
5.4	EJECUCIÓN DE CORTES Y RELLENOS	32
5.5	MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA CONSTRUCCIONES VECINAS	32
5.6	ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN	33
5.7	CONDICIONES SÍSMICAS.....	33
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
6.3	ASPECTOS GEOTECNICOS	34
6.2	CONDICION DE LA CIMENTACION.....	34
6.3	CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS	34
6.4	MICROPILOTES PARA SUBSANAR POTENCIAL DE LICUACION	35
6.5	OTRAS RECOMENDACIONES.....	35
7	LIMITACIONES	36

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	<p style="text-align: center;">CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Cuadro de áreas	6
Tabla 4-1 Número mínimo de sondeos y profundidad de exploración por unidad constructiva	13
Tabla 4-2 Profundidad de las perforaciones	14
Tabla 4-3 Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados.....	15
Tabla 5-1 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos cuadrados método de Terzaghi.....	27
Tabla 5-2 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos cuadrados método de Meyerhof	27
Tabla 5-3 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos corridos por el método de Terzaghi.....	29
Tabla 5-4 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos continuos por el método de Meyerhof.....	29
Tabla 5-5 Evaluación de asentamientos inmediatos para una cimentación con zapatas cuadradas ...	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Localización general del sitio de estudio.	6
Figura 2-2 Planta de localización plaza de mercado Trinidad Galán.....	7
Figura 3-1 Geología Regional del sitio de estudio.	9
Figura 3-2 Zonas geotécnicas – Plano 1.	10
Figura 3-3 Zona Geotécnica: Aluvial	11
Figura 3-4 Zona de Respuesta sísmica: Aluvial 200.....	12
Figura 4-1 Ubicación de exploración geotécnica	15
Figura 4-2 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad	17
Figura 4-3 Carta de plasticidad de los materiales encontrados.....	17
Figura 4-4 Variación de la gradación del suelo con la profundidad	18
Figura 4-5 Variación de la resistencia a la penetración estándar con la profundidad	19
Figura 4-6 Evaluación de c y ϕ a partir de los valores de N obtenidos en la prueba de SPT para el conjunto de materiales identificados	21
Figura 4-7 Evaluación de c y ϕ a partir de los valores de N obtenidos en la prueba de SPT para el material 1.....	22
Figura 4-8 Evaluación de c y ϕ a partir de los valores de N obtenidos en la prueba de SPT para el material 2.....	22
Figura 5-1 Detalle de la cimentación existente Plaza de mercado Galán	25

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

Figura 5-2 Variación de la Capacidad Portante con el ancho B – cimentación cuadrada.....	28
Figura 5-3 Variación de la Carga Admisible con el ancho B – Cimentación cuadrada	28
Figura 5-4 Variación de la Capacidad Portante con el ancho B – cimentación corrida.....	30
Figura 5-5 Variación de la Carga Admisible con el ancho B – Cimentación corrida	30
Figura 5-6 Variación de los asentamientos inmediatos con el ancho B – zapatas cuadradas.....	32

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Fachada Sur Plaza Trinidad Galán.....	7
Fotografía 2. Fachada Nor-Occidental Plaza Trinidad Galán	7
Fotografía 3. Cubierta en placa plana impermeabilizada Plaza Trinidad Galán.....	8
Fotografía 4. Fachada Oriental Mezanine.....	8
Fotografía 5. Ejecución de sondeos y descripción de las muestras	14
Fotografía 6. Ejecución de apiques auscultación de la cimentación	14

ANEXOS

ANEXO A - REGISTROS DE PERFORACIÓN Y VARIACIÓN DE PROPIEDADES ÍNDICE
ANEXO B - TABLA RESUMEN Y REPORTES DE LABORATORIO
ANEXO C - NORMALIZACIÓN PRUEBA DE SPT
ANEXO D - EVALUACIÓN DE LICUACIÓN
ANEXO E - MEMORIAS DE CÁLCULO GEOTÉCNICO
ANEXO F- FORMATOS EXPLORACIÓN APIQUES
ANEXO G - REGISTRO FOTOGRÁFICO

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

1 INTRODUCCION

Bajo Contrato de Consultoría CO1.PCCNTR.3721668 suscrito entre el contratista **TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA** y el Contratante **INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL - IPES**, cuyo objeto es “ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL” se cobija el presente documento.

Dentro del informe se incluye la metodología para la ejecución del estudio de suelos y el diagnóstico de la cimentación existente, se presenta una breve descripción de la condición geológica del sitio, un resumen de la exploración geotécnica realizada, pruebas de campo y ensayos de laboratorio que se realizaron para conocer las condiciones del sitio.

Posteriormente se realiza la caracterización geotécnica del sitio de estudio y se define el perfil geotécnico representativo con los parámetros de resistencia y deformabilidad los cuales serán útiles para la definición de nivel y tipo de cimentación, capacidad portante y análisis de asentamientos que se presentarán por efecto de las cargas.

Se incluye un aparte del diagnóstico de la cimentación existente, en este caso a partir de la exploración realizada para conocer la condición de la cimentación se presenta una descripción general del tipo de cimentación existente, profundidad, materiales y se determina su capacidad de carga de acuerdo con la capacidad portante admisible del suelo. Con el diagnóstico se determinará la bondad de la cimentación existente y el cumplimiento de los requerimientos de la NSR-10.

Finalmente se presentan algunas conclusiones y recomendaciones de la condición geotécnica del suelo y las condiciones de cimentación existentes, así mismo se presentarán las recomendaciones necesarias a tener en cuenta para el diseño del reforzamiento estructural.

2 GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN GENERAL

La plaza de mercado Distrital TRINIDAD GALÁN, pertenece al sistema distrital de plazas de mercado, se encuentra ubicada en la Carrera. 60 #4B-24 de la ciudad de Bogotá, localidad No. 16 de Puente Aranda. En la Figura 2-1 se presenta la localización general del sitio de estudio.

 <p>INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	<p>CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	 <p>TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.</p>
--	---	--

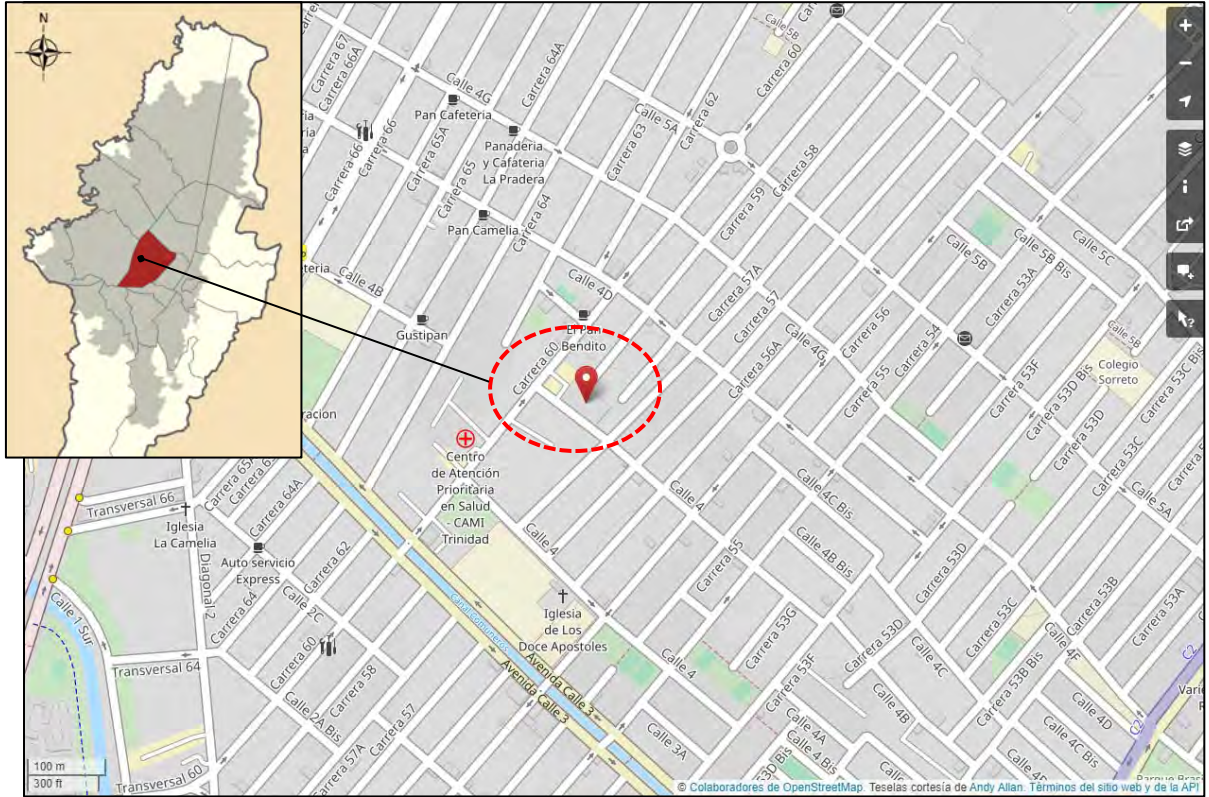


Figura 2-1 Localización general del sitio de estudio.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DEL PROYECTO

La ciudad de Bogotá de acuerdo con la Norma NSR-10 se encuentra en una zona de amenaza intermedia por lo tanto exige estructuras con capacidad de disipación de energía moderada y especial.

El lote donde se ubica la plaza de mercado distrital Trinidad Galán se encuentra en un área de topografía plana a ligeramente inclinada.

Estas edificaciones por ser de uso para almacenes y centros comerciales con más de 2500 m2 por piso pertenecen al grupo de uso III que corresponde a edificaciones de atención a la comunidad.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El área total de la plaza de mercado es de 2846.09 m2, de acuerdo con el siguiente cuadro de áreas.

Tabla 2-1 Cuadro de áreas

PISO	ACTIVIDAD PRINCIPAL	ÁREA (m ²)
Área Construida 1er Piso	Comercio y almacenamiento	2593.52

	<p align="center">CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	
---	--	--

Área Construida Mezanine	Oficinas y almacenamiento	252.57
Área Total Construida		2846.09

En las Figuras mostradas a continuación se presentan la planta de localización de la plaza de mercado Trinidad Galán.

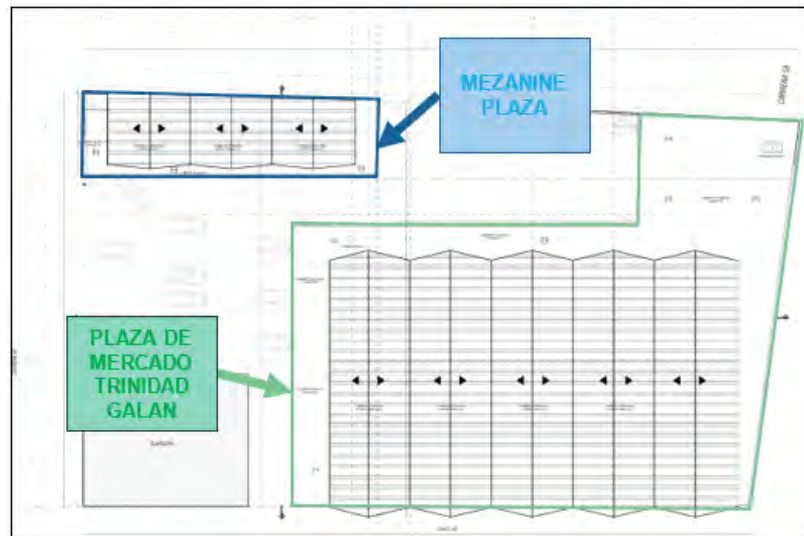
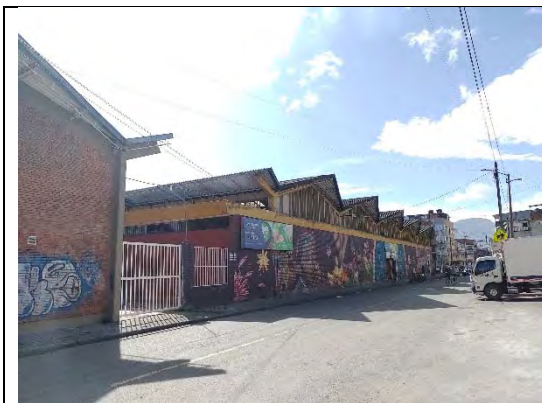


Figura 2-2 Planta de localización plaza de mercado Trinidad Galán.

La plaza de mercado se encuentra organizada en dos módulos o unidades de construcción como se puede apreciar en la Figura 2-2 y en el cuadro de áreas presentado en la Tabla 2-1 la cual describe cada espacio con la actividad principal y el área construida.

A continuación, se presentan algunas imágenes de la plaza objeto de estudio.



Fotografía 1. Fachada Sur Plaza Trinidad Galán



Fotografía 2. Fachada Nor-Occidental Plaza Trinidad Galán

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRIALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	--	--

 Fotografía 3. Cubierta en placa plana impermeabilizada Plaza Trinidad Galán	 Fotografía 4. Fachada Oriental Mezanine
---	--

3 CONDICIÓN GEOLÓGICA Y ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

En los numerales siguientes se presenta una breve descripción de la condición geológica y la zonificación geotécnica, tomando como referencia la información disponible en la Microzonificación Sísmica de Bogotá (2010).

3.1 CONDICIÓN GEOLÓGICA

De acuerdo con el mapa geológico de la ciudad de Bogotá, la zona de estudio se encuentra sobre depósitos de terraza baja aluvial (**Qcc**) y complejo de conos aluviales. Estos depósitos están constituidos por arenas arcillosas sueltas a compactas.

En la **Figura 3-1** se presentan algunos aspectos generales de la geología regional del sitio de estudio.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

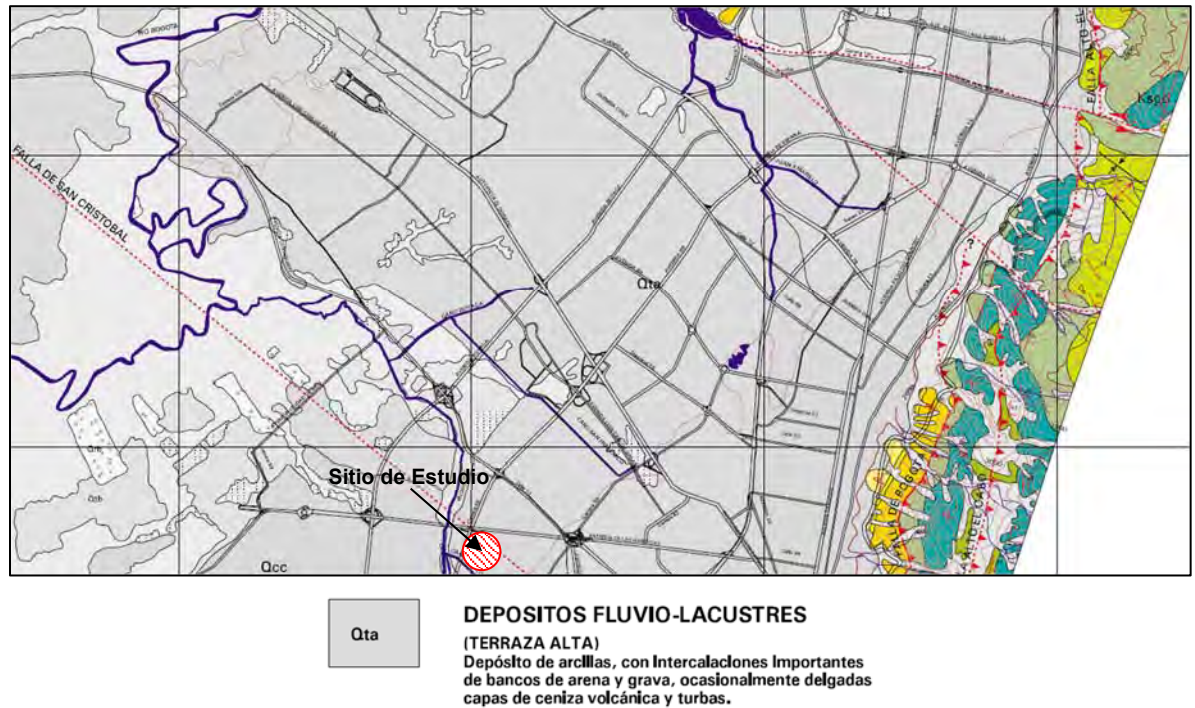


Figura 3-1 Geología Regional del sitio de estudio.

Fuente: Microzonificación Sísmica de Bogotá, 2010

3.2 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

De acuerdo con el Decreto 523 de 2010 el sitio de estudio se ubica en la zona geotécnica denominada Aluvial. En la **Figura 3-2** se presenta sobre el plano general de zonas geotécnicas el sitio de estudio.

 <p>INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	<p>CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	 <p>TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.</p>
--	---	--

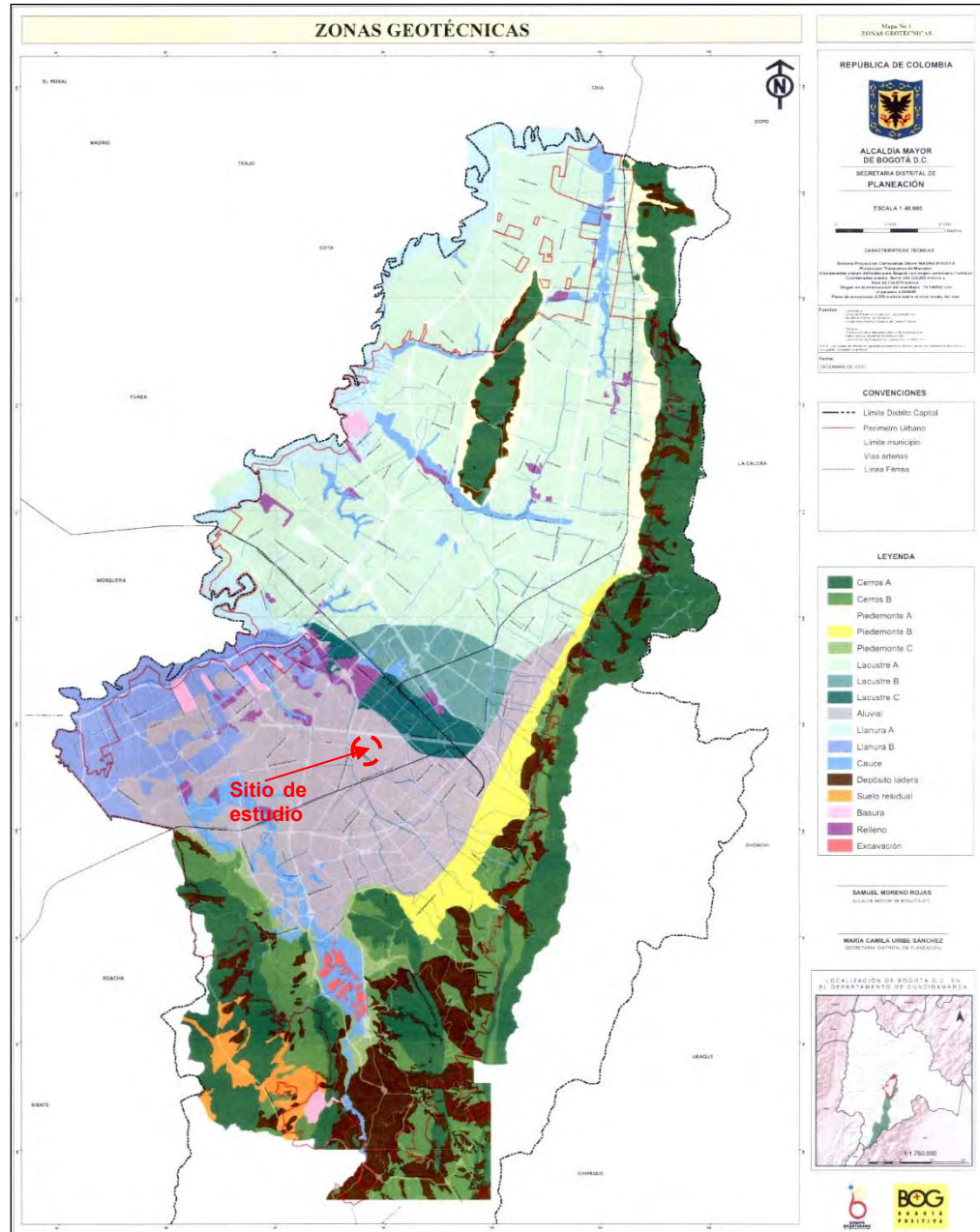


Figura 3-2 Zonas geotécnicas – Plano 1.

Fuente: Microzonificación Sísmica de Bogotá, 2010

	<p align="center">CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	
---	--	--

De acuerdo con la Tabla 1 “Descripción de las zonas geotécnicas” del Decreto 523 de 2010 por el cual se adopta la Microzonificación sísmica de Bogotá D.C. la zona Aluvial corresponde a suelo aluvial grueso a medio compuestos por arenas arcillosas sueltas a compactas y cuyo comportamiento geotécnico general es de suelos de mediana a alta capacidad portante poco compresibles, susceptibles a licuación e inestables en excavaciones a cielo abierto.

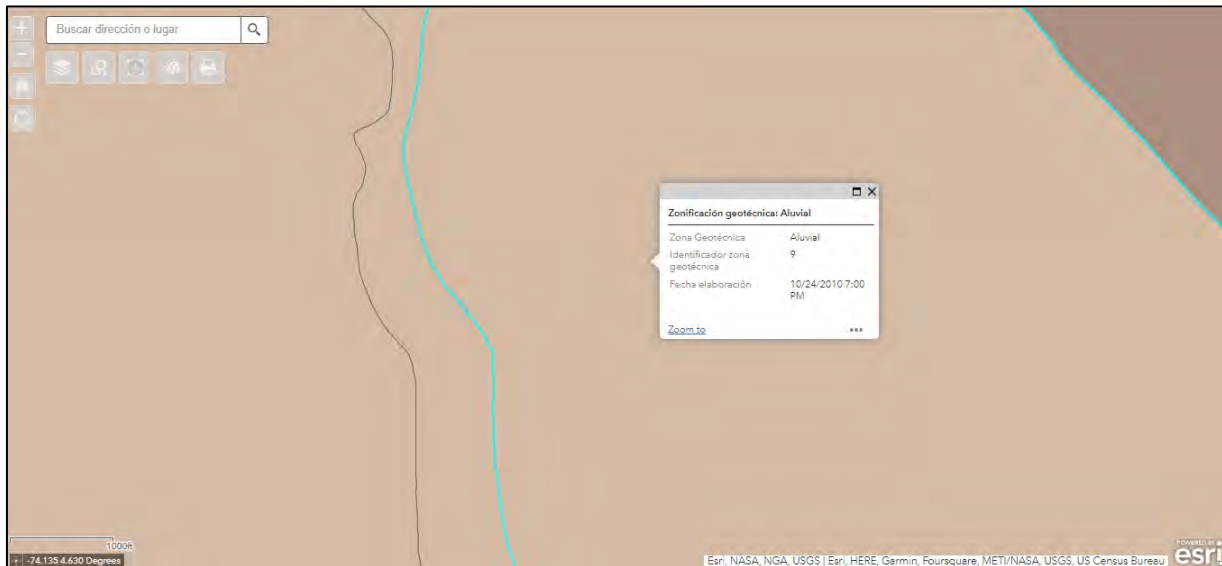


Figura 3-3 Zona Geotécnica: Aluvial

Fuente: Microzonificación Sísmica de Bogotá, 2010

De acuerdo con La Tabla 2 de la Microzonificación Sísmica de Bogotá la Zona Aluvial, tiene un espesor del depósito entre 100 y 200 m. La descripción geotécnica general indica la presencia de suelo aluvial grueso a medio conformados por arenas arcillosas sueltas a compactas. La velocidad de onda de corte promedio para los primeros 50 m de profundidad está entre 175 y 300 m/s. El contenido de humedad natural de los suelos en los primeros 50 m varía entre 25-50%. Los efectos de sitio relacionados con esta zona geotécnica corresponden a amplificación sísmica y licuación.

	<p align="center">CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	
---	--	--

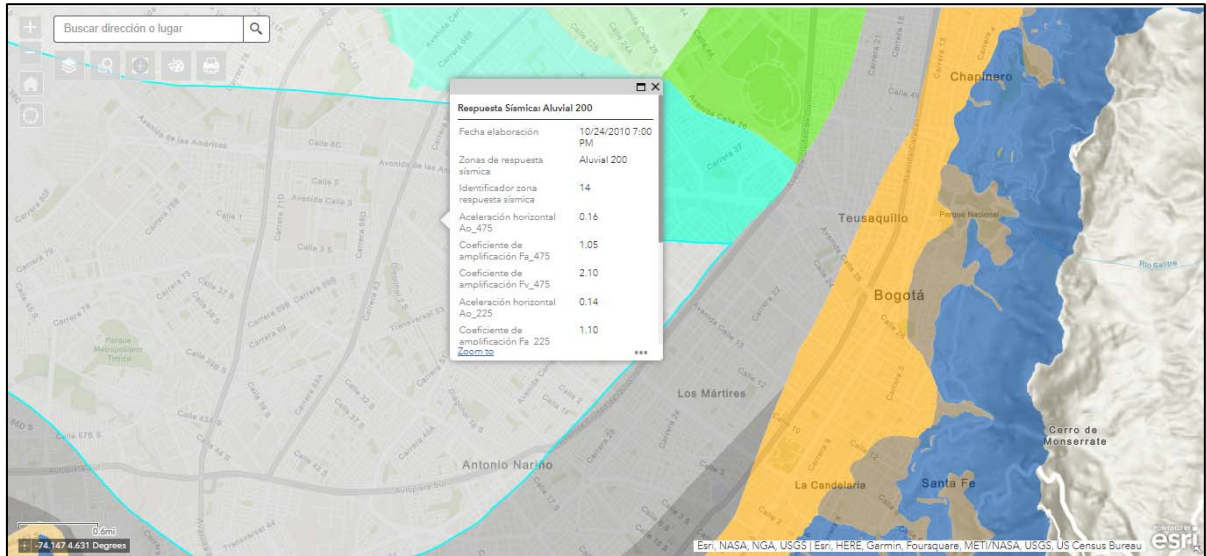


Figura 3-4 Zona de Respuesta sísmica: Aluvial 200

3.3 IDENTIFICACIÓN EN CAMPO DE ZONAS ASOCIADAS A PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

En las visitas de campo realizadas a las instalaciones de la Plaza de Mercado del barrio Trinidad Galán durante el segundo semestre de 2022, no se identificó la presencia de problemas geotécnicos como asentamientos diferenciales excesivos, suelos expansivos ni fallas por capacidad portante.

4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron actividades de exploración del subsuelo que consistieron principalmente en la ejecución de perforaciones con equipo mecánico y recuperación de muestras alteradas e inalteradas, así como pruebas de campo y ensayos de laboratorio.

En este capítulo se describe el tipo de exploración del subsuelo realizada, las pruebas de campo, ensayos de laboratorio, y el análisis de la información obtenida. Se presenta una descripción del comportamiento de las principales propiedades de los diferentes suelos encontrados en cada punto de exploración, y con base en esto, se define el perfil geotécnico representativo del sitio de estudio, así como las condiciones y parámetros geomecánicos que serán utilizados para verificar las condiciones de la cimentación existente, a partir de la evaluación de capacidad portante y de asentamientos.

4.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Teniendo en cuenta las características geológicas del sitio, se proyectó la ejecución de perforaciones manuales y mecánicas, distribuidas convenientemente en el área de estudio.

De acuerdo con el Título H de la NSR-10, en el numeral H.3 “*Caracterización geotécnica del subsuelo*” se presentan los lineamientos para la investigación del subsuelo para estudios definitivos, se definen

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

las unidades de construcción por categorías, el número de sondeos y la profundidad por cada unidad de construcción.

En la **Tabla 4-1** se presenta el número mínimo de sondeos y profundidad de exploración de acuerdo con la clasificación por categoría de cada unidad constructiva. Para determinar la categoría de las diferentes unidades constructivas se tuvo en cuenta la magnitud de las cargas y el número de niveles de construcción.

Tabla 4-1 Número mínimo de sondeos y profundidad de exploración por unidad constructiva

UNIDAD CONSTRUCTIVA	CARGA MÁX. (kN)	CATEGORIA	PROF. MÍN. (m)	NUM. MÍN. SONDEOS
Plaza mercado	291	BAJA	6	3
Mezanine / oficinas	-	BAJA	6	3

Fuente: Técnicas Colombianas de Ingeniería, 2022

Las dos unidades de construcción clasifican en la categoría baja por lo tanto se plantea la ejecución de mínimo 3 sondeos a una profundidad de 6.0 m.

Lo anterior con el objeto de obtener la información geotécnica necesaria para conocer la distribución lateral y en profundidad de los diferentes tipos de materiales que componen los depósitos existentes, y recuperar muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos de laboratorio. Además, se realizaron pruebas de campo como penetración estándar (SPT), y ensayos de laboratorio para clasificación y obtención de parámetros de resistencia que permitan conocer el comportamiento de estos materiales.

4.1.1 Perforaciones

De acuerdo con la NSR-10 en el numeral H.3.2.6 indica que el número de sondeos a realizar en un proyecto está determinado por el mayor número de sondeos obtenido a partir del número de unidades de construcción. Sin embargo, también se aclara que los sondeos realizados en la frontera entre unidades adyacentes de construcción de un mismo proyecto se consideran válidos para las dos unidades siempre y cuando domine la mayor profundidad aplicable.

Con respecto a la profundidad de los sondeos en el numeral H.3.2.5 de la NSR-10 dice que por lo menos el 50% de todos los sondeos deben alcanzar la profundidad mínima.

En total se realizaron seis (6) perforaciones con equipo manual a una profundidad variable entre 6.45 m y 7.45 m, tal como se muestra en la Tabla 4-2. Para la totalidad de los sondeos se tuvo recuperación de muestras. En cada punto se realizaron pruebas de penetración estándar (SPT) y se tomaron muestras alteradas tipo SPT y en bolsa las cuales fueron utilizadas para hacer descripción visual y ensayos de clasificación. Además, no fue posible la recuperación de muestras inalteradas en tubos de pared delgada, debido a que los suelos fueron predominantemente arenosos.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

Tabla 4-2 Profundidad de las perforaciones

Perforación	Profundidad (m)
S-1	7.25
S-2	7.45
S-3	6.75
S-4	6.45
S-5	7.05
S-6	6.75

El muestreo en cada sondeo se hizo de acuerdo con las recomendaciones de la norma NSR-10 en la que indica que se debe hacer cada metro en los primeros 5.0m y a partir de esta profundidad cada cambio de nivel o cada 1.5 m.

Con el fin de establecer la condición actual de las cimentaciones existentes en la plaza de mercado del barrio Trinidad Galán se realizaron 7 apiques con una profundidad entre 0.9 y 1.5 m, en la cual se encontró el nivel de cimentación de las estructuras.

En las fotografías que se presentan a continuación se pueden apreciar las actividades de exploración geotécnica y la recuperación de muestras para la realización de ensayos de laboratorio. De igual manera una muestra de los apiques exploratorios de la cimentación de la plaza de mercado del barrio Trinidad Galán.



Fotografía 5. Ejecución de sondeos y descripción de las muestras



Fotografía 6. Ejecución de apiques auscultación de la cimentación

En el ANEXO A se presentan el resumen de las propiedades geotécnicas y la estratigrafía encontradas. La localización general de las perforaciones realizadas en el área de estudio se presenta en la Figura 4-1.

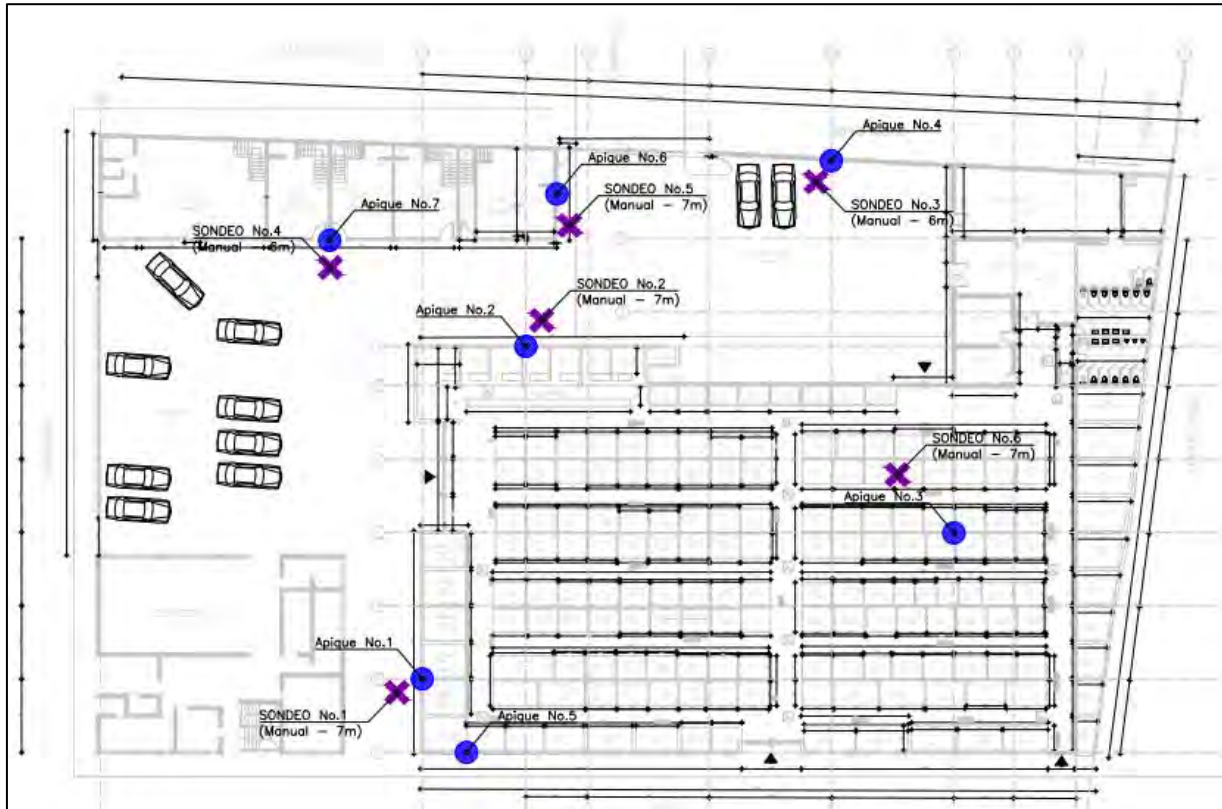


Figura 4-1 Ubicación de exploración geotécnica

4.1.2 Pruebas de Campo y ensayos de laboratorio

Durante la ejecución de las perforaciones se realizaron pruebas in situ de penetración estándar (SPT) para establecer de forma aproximada la variación de resistencia del suelo y recuperar muestras alteradas de los diferentes materiales encontrados para definir cambios estratigráficos.

Para determinar las propiedades de los materiales encontrados, se realizaron ensayos de caracterización física como humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, lavado sobre tamiz No 200 y peso unitario. En la Tabla 4-3 se relaciona la cantidad de ensayos ejecutados.

Tabla 4-3 Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Humedad Natural	31
Límites de Consistencia	21
Granulometría	13
Lavado Tamiz No. 200	10
Peso Unitario	4

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Contenido de materia orgánica	3
Gravedad específica	1

De acuerdo con la norma NSR-10 el tipo y número de ensayos depende de las características propias de los suelos, como ya se mencionó anteriormente se hicieron ensayos de caracterización física. La cantidad de ensayos realizada es suficiente para una adecuada caracterización.

En el Anexo B se presenta la tabla resumen y los resultados de los ensayos de laboratorio ejecutados para el sitio de estudio.

4.2 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

En lo que sigue se presenta la caracterización de las diferentes propiedades geotécnicas de los materiales encontrados dentro de la exploración del subsuelo, se determinó el perfil promedio del subsuelo y con base en los ensayos de laboratorio se definieron los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo.

4.2.1 Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas

Dadas las características del suelo encontrado, en el laboratorio se realizaron ensayos de humedad natural, límites de consistencia y granulometrías con el fin de clasificar el suelo.

Humedad Natural y límites de consistencia. El contenido de humedad natural de los materiales en este sitio no presenta una tendencia definida. Los valores de humedad natural varían entre 8.98% y 33.47% con un valor promedio de 18.66%, los mayores valores se reportan hacia la superficie del terreno.

Los materiales de manera general no presentan plasticidad siendo estos arenas y limos cuya fracción fina en resultados de los límites de consistencia son No Líquidos y No Plásticos.

El límite líquido de los materiales finos diferentes a arenas limosas tampoco presenta una tendencia clara, siendo estos unos materiales predominantemente de alta plasticidad, los valores reportados varían entre 22.7% y 80.7% con un promedio de 54.4% que indican una alta plasticidad. El límite plástico varía entre 13.3% y 44.7% con un valor promedio de 27.6%. Los valores de humedad natural son un poco mayores al límite plástico, por lo tanto, se encuentran en estado semisólido.

En las figuras que se presentan a continuación se puede apreciar el comportamiento de los materiales desde el punto de vista del contenido de humedad natural y de plasticidad.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

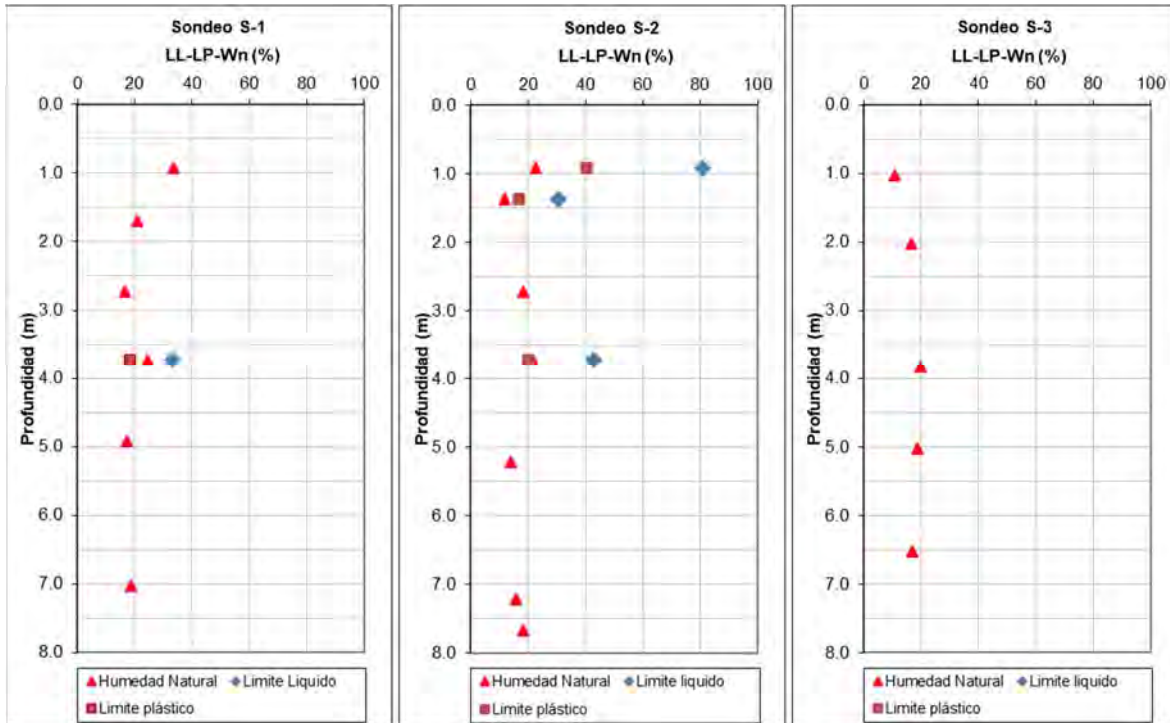


Figura 4-2 Variación de la humedad y los límites de consistencia en función de la profundidad

De acuerdo con la carta de plasticidad de Casagrande, los ensayos que muestran materiales distintos de arenas dentro de su fracción fina de los materiales se encuentran limos arcillosos de alta plasticidad (MH) predominantemente y arcillas de baja plasticidad (CL), siendo los materiales finos los que predominan en el depósito de suelo. En la Figura 4-3 se presenta la Carta de Plasticidad de Casagrande con los resultados de los ensayos de límites de consistencia.

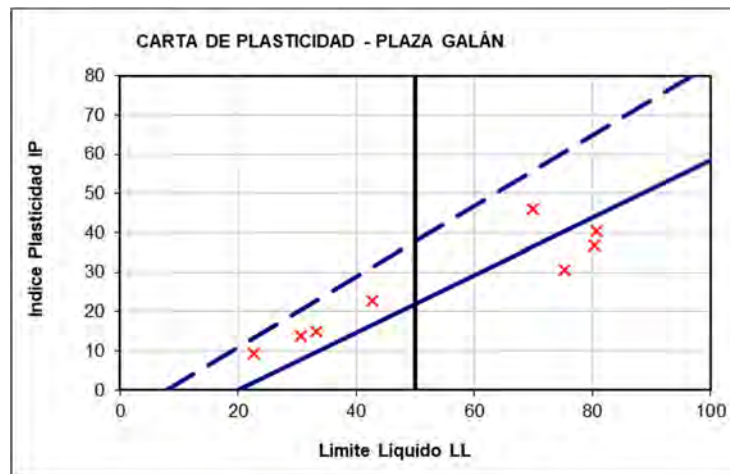


Figura 4-3 Carta de plasticidad de los materiales encontrados

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

Distribución Granulométrica. En las perforaciones realizadas se puede ver que predominan en profundidad materiales de tamaño arenas y algunos niveles de finos.

En la Figura 4-4 se presenta la variación de la gradación en función de la profundidad.

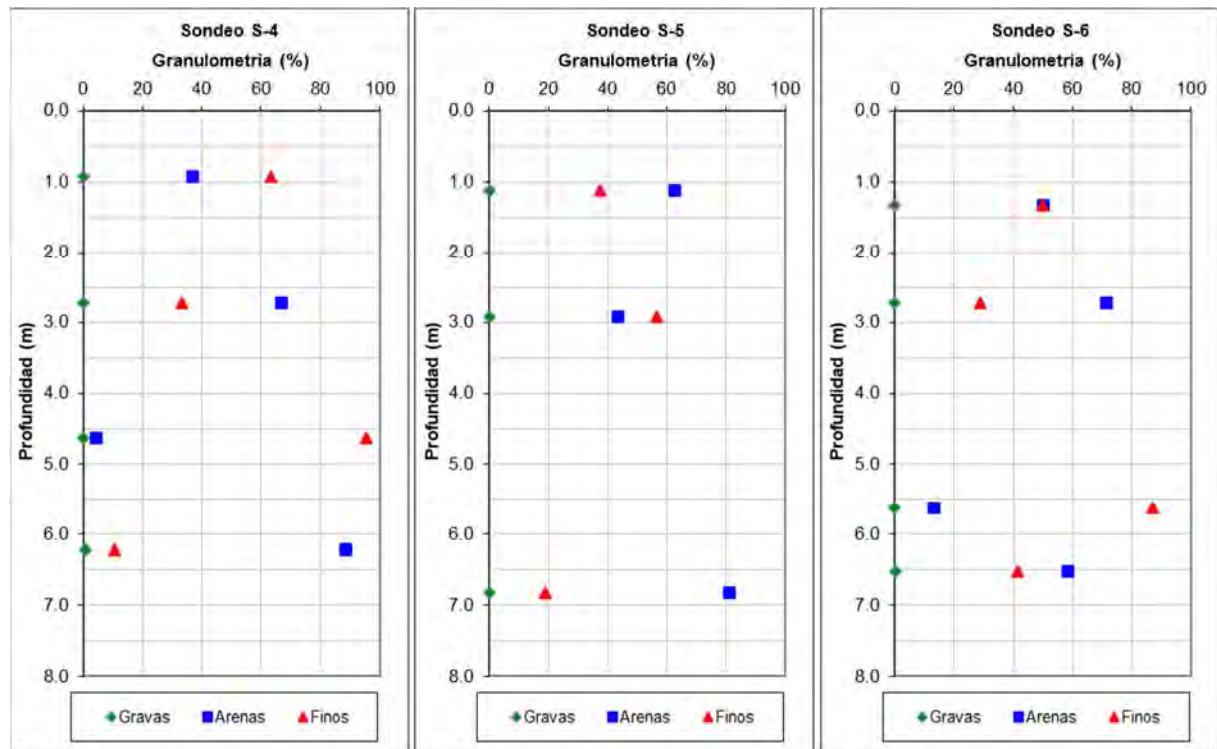


Figura 4-4 Variación de la gradación del suelo con la profundidad

Peso unitario. Los materiales presentan pesos unitarios que varían entre 16.3 y 17.6 kN/m³, con un valor promedio de 16.95 kN/m³.

Resistencia a la penetración estándar. Se aprecia de manera general que los valores de resistencia a la penetración estándar presentan valores entre 4 y 37 golpes/pie, con un valor promedio de 20 golpes/pie, encontrando los mayores valores entre 1.0 m y 2.5 m de profundidad y de manera general los valores oscilan entre 10 y 30 golpes/pie no se registra una tendencia clara de variación con la profundidad. Los menores valores de resistencia a la penetración estándar se presentan hacia los 4 m de profundidad

En la Figura 4-5 se presenta la variación de N de SPT para cada perforación en función de la profundidad.

Para hacer una estimación de parámetros geotécnicos para los análisis y diseños se utilizaron los resultados de los ensayos de penetración estándar. Dentro de los parámetros evaluados está el ángulo de fricción interno, el cual se determina haciendo uso de correlaciones empíricas determinadas por diversos autores y de uso reconocido en la práctica de la ingeniería junto con procedimientos de corrección del Valor de N. En el ANEXO C se presenta el proceso de corrección de N y se evalúa el ángulo de fricción interno para cada uno de los ensayos realizados. El valor representativo para cada material ensayado se calculó como el promedio de los valores obtenidos. En el siguiente numeral se presentan los parámetros representativos del ángulo de fricción para cada material.

	<p align="center">CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	 <p align="center">TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.</p>
---	--	---

Otro parámetro determinado a partir del ensayo de penetración estándar es el módulo de elasticidad del suelo evaluado como $700 \cdot N_{60}$ (AASHTO, 1996). El valor representativo para cada material se tomó como el promedio de los resultados obtenidos para cada ensayo.

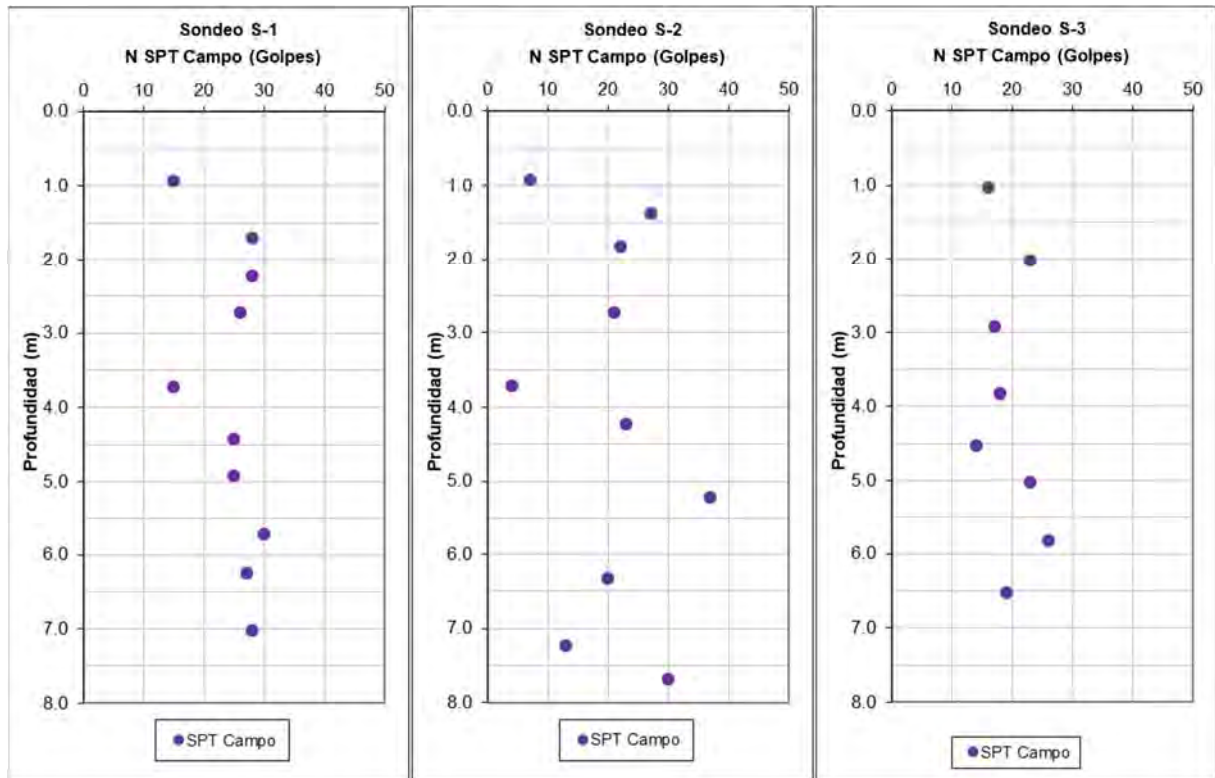


Figura 4-5 Variación de la resistencia a la penetración estándar con la profundidad

4.2.2 Perfil Geotécnico promedio

De acuerdo con los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio y las observaciones de campo, se identifican tres (3) materiales en el sitio de estudio:

Material 1. Limo arcilloso orgánico: Corresponde con limo arcilloso orgánico de color marrón oscuro con bajo contenido de humedad, consistencia media a firme y alta plasticidad. De acuerdo con el sistema de clasificación USCS el material clasifica como MH. Se identificó en las perforaciones S-1, S-2 y S-6 de manera superficial en los primeros 1.15 m de profundidad. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural (w_n): entre 22.46% y 33.47%
- Limite Líquido (LL): entre 75.2% y 80.7%
- Limite Plástico (LP): entre 40.3% y 44.7%
- Contenido de Finos: entre 46.8% y 95.6%.
- Resistencia a la penetración estándar N: entre 7 y 15 golpes/pie.

Material 2. Arena Limosa gris y marrón: Corresponde a arena limosa de color gris y marrón, contenido medio de humedad, compacidad media y sin plasticidad. De acuerdo con el sistema de clasificación

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

USCS el material clasifica como SM. Se identificó en todas las perforaciones a partir de 1.35 m de profundidad. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural (w_n): entre 8.98% y 22.03%.
- Limite Líquido (LL): NL (No Líquido)
- Limite Plástico (LP): NP (No Plástico)
- Contenido de Finos: entre 10.6% y 88.4%.
- Peso unitario total (γ_t): entre 16.3 y 17.6 kN/m³.
- Resistencia a la penetración estándar N: entre 7 y 37 golpes/pie, con un promedio de 22 golpes/pie.

Material 3. Arcilla Limosa gris: Corresponde con arcilla limosa de color gris a marrón con bajo contenido de humedad, consistencia blanda a firme y baja plasticidad. De acuerdo con el sistema de clasificación USCS el material clasifica como CL. Se identificó en las perforaciones S-1, S-2, S-4, S-5 y S-6 hacia los primeros 4.0 m de profundidad. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural (w_n): entre 11.75% y 25.0%
- Limite Líquido (LL): entre 22.7% y 69.8%
- Limite Plástico (LP): entre 13.3% y 23.8%
- Contenido de Finos: entre 28.98% y 99.38%.
- Resistencia a la penetración estándar N: entre 4 y 27 golpes/pie, con un promedio de 11 golpes/pie.

En cuanto al nivel freático en el sitio de estudio se identificó en todas las perforaciones entre 0.90 m y 3.20 m.

4.2.3 Parámetros de Resistencia al Corte

La determinación de los parámetros de resistencia al corte (cohesión c' y ángulo de fricción ϕ') se realizó a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de penetración estándar SPT.

Los resultados del ensayo SPT fueron corregidos para tener en cuenta el confinamiento y la energía promedio aplicada, de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$N'_i = C_N * N * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

En donde:

- N'_i : Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 Kg/cm² y un determinado nivel de transmisión de energía
- C_N : Factor de ajuste para tener en cuenta el nivel de confinamiento. Se evaluó de la siguiente manera:

$$C_N = 1 - 1.41 \log \left(\frac{\sigma'_v}{10} \right) \quad \text{Para } \sigma'_v < 1 \text{ Ton/m}^2$$

$$C_N = 1 - 0.92 \log \left(\frac{\sigma'_v}{10} \right) \quad \text{Para } \sigma'_v > 1 \text{ Ton/m}^2$$

$$C_N \leq 2$$

- η_1 : Factor de corrección por caída del martillo. Se obtiene como la relación entre la energía impartida por el martillo a la parte superior del sistema de varillas

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

y la energía teórica en caída libre. Las eficiencias medias son diferentes en cada país así, para Japón la eficiencia es del 72%, para USA del 55% y para Colombia del orden de 45%.

- η_2 : Factor de corrección por longitud del sistema de varillas. Como las longitudes de varillaje fueron inferiores a 4.00 m, el factor de corrección es 1.0.
- η_3 : Factor de corrección por presencia de revestimiento interno. Debido a que no se utilizó revestimiento, el factor de corrección es 1.0.
- η_4 : Factor de corrección por diámetro de la perforación. Los diámetros de las perforaciones fueron inferiores a 12 cm, por lo cual el factor de corrección es 1.0.

Para estimar los valores de ángulo de fricción equivalente (ϕ_{equiv}), se utilizó la siguiente expresión:

$$\phi_{equiv} = 15 + \sqrt{20 \cdot N'_i} \quad (\text{Kishida})$$

Con el valor de ϕ_{equiv} se calcularon los parámetros de c' y ϕ' para cada material, siguiendo la metodología propuesta por González A. J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ_v', τ) en planos Mohr-Coulomb, donde los coeficientes obtenidos en una regresión lineal, corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados.

El esfuerzo efectivo vertical σ_v' , se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geostático total y la presión de poros, y el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, τ , se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente ϕ_{equiv} .

En el ANEXO C se presenta la tabla resumen de corrección de N del ensayo de penetración estándar y en la Figura 4-6 se muestra la curva de variación τ vs σ_v para los diferentes materiales encontrados en el sitio de estudio.

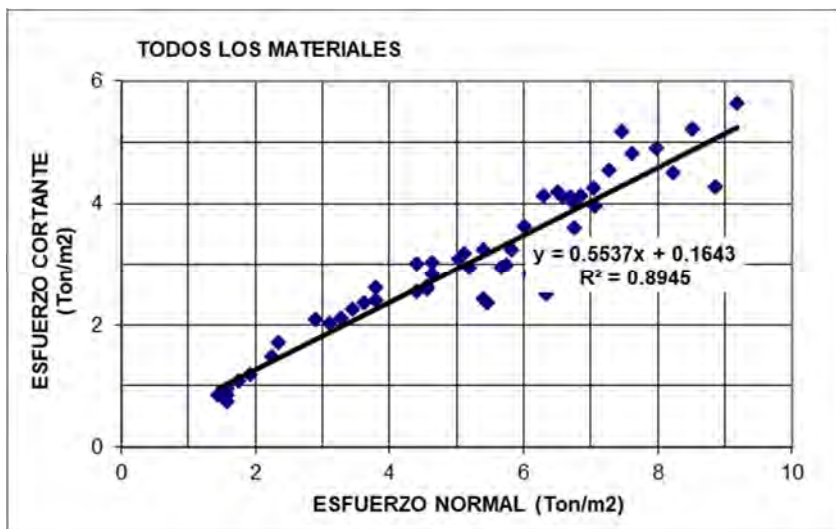


Figura 4-6 Evaluación de c y ϕ a partir de los valores de N obtenidos en la prueba de SPT para el conjunto de materiales identificados

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

De la figura anterior se puede evidenciar que, con la totalidad de los valores de N, se observa un alto grado de correlación entre los datos, con un coeficiente de correlación cercana al 95%. No se presentan variaciones importantes en los materiales.

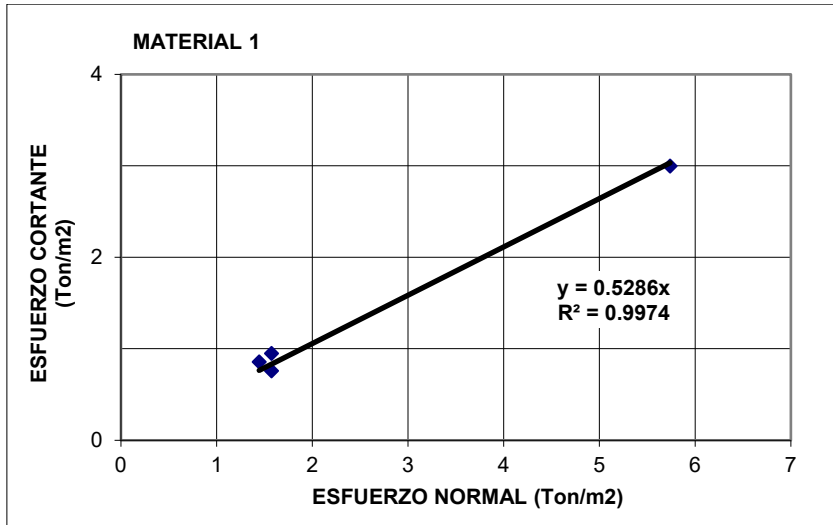


Figura 4-7 Evaluación de c y ϕ a partir de los valores de N obtenidos en la prueba de SPT para el material 1

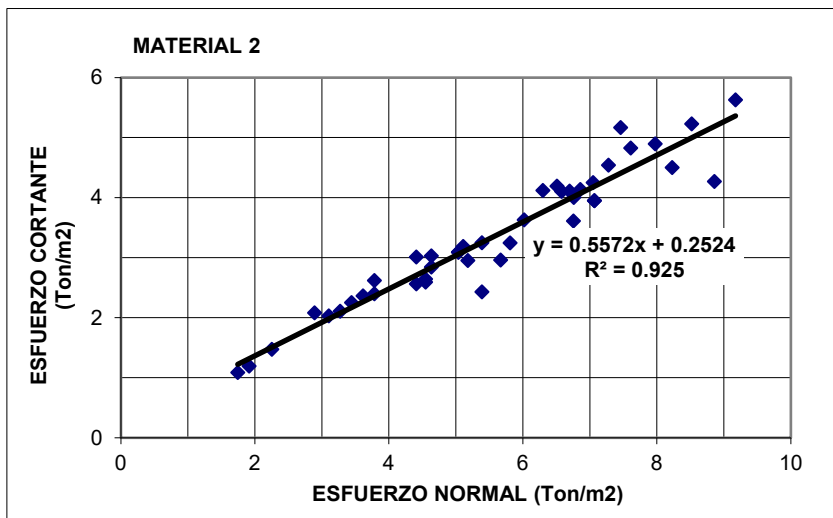


Figura 4-8 Evaluación de c y ϕ a partir de los valores de N obtenidos en la prueba de SPT para el material 2

Los parámetros a utilizar en los análisis geotécnicos para el depósito del material son: cohesión 2.5 kPa y ángulo de fricción interna 27.9°.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

4.3 CONDICIONES GEOTECNICAS ESPECIALES

5.1.1 Evaluación de licuación

La licuación es un proceso que generalmente ocurre en suelos granulares saturados o cercanos al estado de saturación que tienden a densificarse cuando son sometidas a cargas cíclicas o monotónicas. Robertson & Fear (1995) resumen este comportamiento de falla como movilidad cíclica y flujo por licuación respectivamente.

De acuerdo con la NSR-10 existen varias características que permiten inferir si es posible que ocurra licuación en un depósito de suelo. A continuación, se citan algunos apartes tomados de la NSR-10 indicativos de suelos susceptibles a licuación:

- a) El depósito de suelo debe estar saturado, o cerca de la saturación, para que ocurra la licuación.
- b) Depósitos fluviales, coluviales, granulares, eólicos, cuando saturados, son susceptibles de licuación.
- c) Asimismo, pueden clasificarse como licuables los depósitos de abanicos aluviales, planicies aluviales, playas, terrazas y estuarios.
- d) Son muy susceptibles a la licuación las arenas finas y arenas limosas, relativamente uniformes, con densidad suelta y media. Generalmente se producen grandes deformaciones del terreno y de las estructuras apoyadas, y pueden formar volcanes de arena en superficie con los correspondientes cambios volumétricos severos.
- e) Los limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido, también son susceptibles de presentar licuación o falla cíclica. Generalmente se produce la degradación progresiva de la resistencia dinámica de los suelos finos con el número de ciclos de carga equivalente, llevándolos a la falla o generando grandes asentamientos del terreno y de las estructuras apoyadas en él.
- f) Cuando el depósito está en condición seca o con bajo grado de saturación, se genera un proceso de densificación con las consecuentes deformaciones permanentes del terreno y estructuras apoyadas en él."

Se hizo la evaluación del potencial de licuación y ablandamiento cíclico de suelos finos con el método de análisis de Idriss & Bolanger (2008) y revisado por Seed (2010).

En el ANEXO D se presentan las memorias de cálculo de la evaluación de potencial de licuación y ablandamiento cíclico.

De los mencionados análisis se encuentra que los suelos identificados en algunos sectores del área de la Plaza de Mercado Trinidad Galán son susceptibles a licuación.

Se realizó la revisión del sondeo S-1 los valores de N son mayores a 15 golpes/pie y los factores de seguridad contra licuación mayores a 1.20.

Para el sondeo S-2 entre 6.0 y 7.5 m el depósito de suelo presenta potencial de licuación con factores de seguridad menores a 1.0 para un sismo de magnitud 8.0 en la escala de Richter.

En el sondeo S-3 se tiene un perfil de suelos netamente arenoso con valores de N entre 14 y 26 golpes/pie presentando potencial de licuación con factores de seguridad entre 0.70 y 1.15 prácticamente desde superficie del terreno para un sismo de 8.0 en la escala de Richter. Para un sismo de Mw igual a 6.9 mejoran los factores de seguridad, pero entre los 4.0 y 5.0 m de profundidad el suelo es potencialmente licuable.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	<div> <div>CONTRATO DE CONSULTORIA</div> <div>No. CO1.PCCNTR.3721668</div> </div> <div>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</div>	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	---

En el sondeo S-4 entre los 3.9 m y 4.35 m de profundidad se tiene un material areno limoso con un valor de resistencia a la penetración estándar N de 7 golpes/pie con potencialmente licuable. En las demás profundidades los suelos no presentan potencial de licuación.

Para el sondeo S-5 se presenta una situación similar a la descrita previamente para el sondeo S-4, en el que se identifica un material potencialmente licuable a una profundidad entre 4.5 m y 5.0 m con un factor de seguridad de 1.08, el resto del perfil de suelo no es licuable.

Finalmente, en el sondeo S-6 a una profundidad entre 5.85 m y 6.30 m se presenta un estrato potencialmente licuable, en el resto del perfil de suelo no se presenta licuación.

Teniendo en cuenta este escenario se deberá tomar las medidas necesarias como la construcción de micropilotes para el reforzamiento de la cimentación para que pase el estrato licuable a fin de evitar posibles daños en el evento de un sismo importante.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

5 ANALISIS GEOTECNICOS

5.1 CONDICION ACTUAL DE LA CIMENTACION

5.1.1 Diagnostico general

Teniendo en cuenta las estructuras que conforman la PLAZA DE MERCADO GALÁN, y el perfil de suelo establecido en la exploración geotécnica para el sitio de estudio, se revisó la condición actual de la cimentación. Las edificaciones se encuentran cimentadas de forma superficial sobre cimientos corridos y zapatas a una profundidad del orden de 1.0 m. El material de fundación corresponde a limo arcilloso orgánico con bajo contenido de humedad, consistencia media a firme y alta plasticidad (MH).

En la figura mostrada a continuación se puede ver los esquemas típicos de cimentación de las estructuras de la PLAZA DE MERCADO GALÁN.

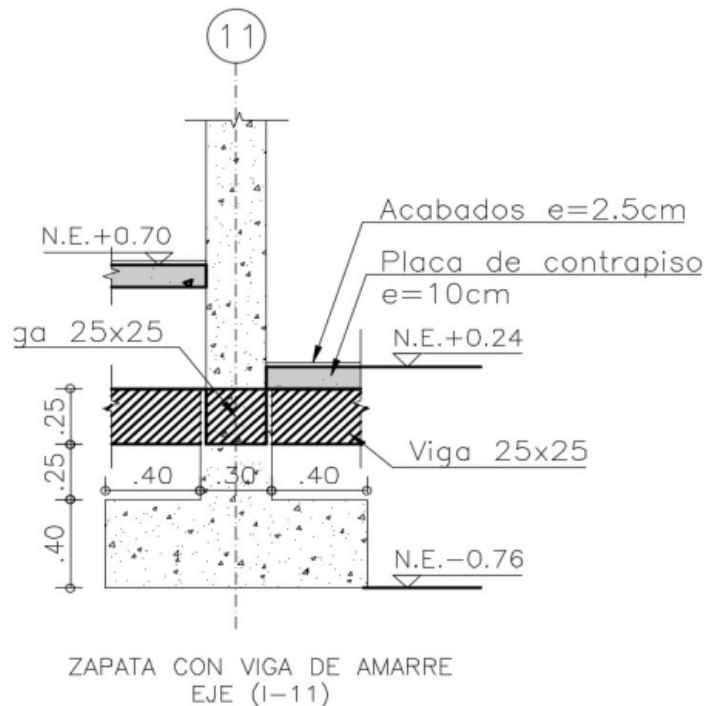


Figura 5-1 Detalle de la cimentación existente Plaza de mercado Galán

No existen evidencias de patologías tales como fisuras, humedades, deterioro de los acabados, deterioro de fachadas, espacios interiores de la planta física de la PLAZA DE MERCADO GALÁN.

5.2 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE

Teniendo en cuenta las características de los materiales encontrados y la distribución de las cargas transmitidas por las estructuras existentes al suelo de fundación, se evalúa el sistema de cimentación superficial mediante zapatas cuadrados y cimientos corridos. Como resultado de la evaluación de capacidad portante, se presentarán ábacos con diferentes anchos de la cimentación en función de la carga aplicada, las cuales se comparan con las cargas estructurales del proyecto, con el fin de

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

establecer si con las dimensiones actuales de los cimientos se transmiten estas cargas de forma adecuada al suelo de fundación.

La evaluación de la capacidad portante se realizó para el nivel de cimentación actual, a partir de las propiedades geotécnicas encontradas para el material. Dado que el tipo de cimentación empleada es de tipo superficial, es adecuado utilizar el método propuesto por Terzaghi, el cual ofrece buenos resultados en este tipo de cimientos. También se utilizó el método de Meyerhof, el cual incluye factores de corrección por forma y profundidad de la cimentación.

Las expresiones utilizadas para el cálculo de capacidad portante de cimentaciones superficiales por el método de Terzaghi y Meyerhof, se presentan a continuación:

Método de Terzaghi

$$Q_u = C.N_c + q.N_q + 0.5.\gamma.B.N_\gamma \text{ (Cimiento continuo)}$$

Método de Meyerhof

$$Q_u = C.N_c.F_{cs}.F_{cd} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd} + 0.5.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}$$

Dónde:

- C : Cohesión del suelo
- γ : Peso unitario del suelo
- B : Ancho de la cimentación
- q : Sobrecarga del suelo sobre el nivel de cimentación ($\gamma.D_f$)
- N_i : Factores de capacidad de carga en función de ϕ (N_c , N_q , N_γ)
- ϕ : Angulo de fricción interno del suelo
- F_{is} : Factores de corrección por forma (F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$)
- F_{id} : Factores de corrección por profundidad (F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$)

Para la evaluación de capacidad portante, se utilizó una hoja de cálculo con el fin de obtener resultados con parámetros variables como el ancho de la cimentación, y generar ábacos de los cimientos en función de la magnitud de las cargas esperadas. Para la determinación de la capacidad portante admisible del suelo se empleó un factor de seguridad de 3.0.

Los parámetros geotécnicos utilizados para la evaluación de capacidad portante son:

- Cohesión no drenada: 0.25 Ton/m² (2.5 kPa)
- Angulo de fricción: 27.9°.
- Peso Unitario: 1.7 Ton/m³ (17.0 kN/m³)

Parámetros de la Cimentación

- Nivel de Cimentación (D_f): 1.0 m para zapatas cuadradas y 0.90 m para cimientos corridos
- Ancho de cimentación (B): Variable
- Longitud de la cimentación (L): Variable.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de capacidad portante para una cimentación cuadrada y continua, utilizando el método de Terzaghi y Meyerhof.

5.2.1 Cimentación cuadrada

Método de Terzaghi: La capacidad portante admisible se encuentra entre 150 y 298 kPa, con un promedio de 225 kPa (22.5 Ton/m²), para un ancho de cimentación comprendido entre los 0.5 y 5.0 m, tal como se muestra en la **Tabla 5-1**.

Tabla 5-1 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos cuadrados método de Terzaghi

C (kPa)	φ (°)	B (m)	Df (m)	γ1 (kN/m ³)	γ2 (kN/m ³)	Nc	Nq	Nγ	Qu (kPa)	Qadm (kPa)	Padm (kN)
2.5	27.9	0.50	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	450.8	150.3	37.6
2.5	27.9	1.00	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	500.3	166.8	166.8
2.5	27.9	1.50	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	549.9	183.3	412.4
2.5	27.9	2.00	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	599.5	199.8	799.3
2.5	27.9	2.50	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	649.0	216.3	1352.1
2.5	27.9	3.00	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	698.6	232.9	2095.7
2.5	27.9	3.50	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	748.1	249.4	3054.8
2.5	27.9	4.00	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	797.7	265.9	4254.3
2.5	27.9	4.50	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	847.2	282.4	5718.8
2.5	27.9	5.00	1.00	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	896.8	298.9	7473.3

Método de Meyerhof: La capacidad portante admisible se encuentra entre 250 y 497 kPa, con un promedio de 365 kPa (36.5 Ton/m²), para un ancho de cimentación comprendido entre los 0.5 y 5.0 m, tal como se muestra en la **Tabla 5-2**.

Tabla 5-2 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos cuadrados método de Meyerhof

Cu (kPa)	φ (°)	B (m)	Df (m)	γ1 (kN/m ³)	γ2 (kN/m ³)	Nc	Nq	Nγ	Qu (kPa)	Qadm (kPa)	Padm (kN)
2.5	27.9	0.50	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	747.1	249.0	62.3
2.5	27.9	1.00	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	828.7	276.2	276.2
2.5	27.9	1.50	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	875.5	291.8	656.6
2.5	27.9	2.00	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	947.9	316.0	1263.9
2.5	27.9	2.50	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	1030.6	343.5	2147.1
2.5	27.9	3.00	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	1118.4	372.8	3355.2
2.5	27.9	3.50	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	1209.1	403.0	4937.2
2.5	27.9	4.00	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	1301.7	433.9	6942.2
2.5	27.9	4.50	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	1395.4	465.1	9419.1
2.5	27.9	5.00	1.00	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	1490.0	496.7	12417.0

Para efectos de diseño, se puede tomar un valor de capacidad portante admisible de 150 kPa (15 Ton/m²). En la Figura 5-4 y la Figura 5-5 se muestra la variación de la capacidad portante admisible y la carga admisible para diferentes valores del ancho de la cimentación.

Se aclara que la evaluación de capacidad portante se hizo para cargas verticales transmitidas por la estructura existente al suelo de fundación. En el caso de que se tengan cargas excéntricas o inclinadas en la estructura, se deben aplicar los correspondientes factores de corrección para diseñar adecuadamente la cimentación.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

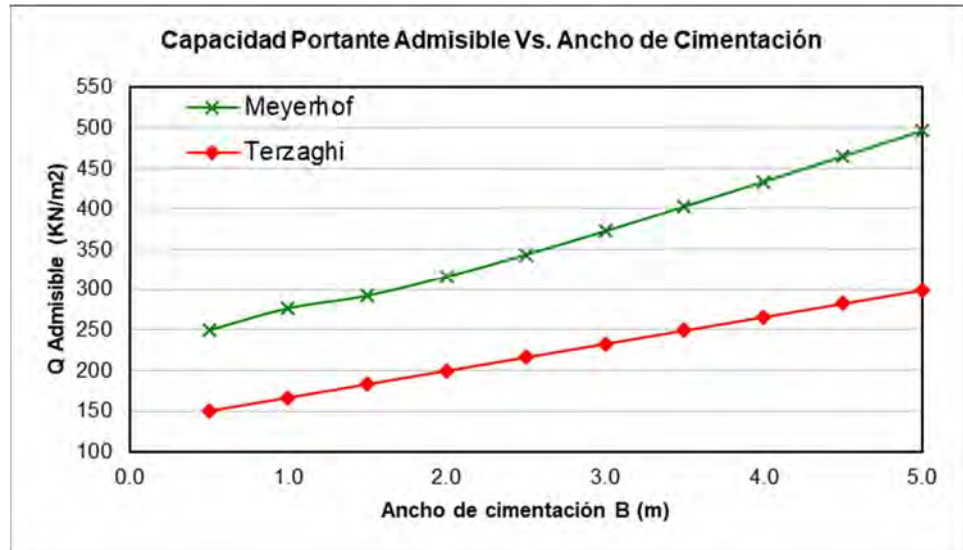


Figura 5-2 Variación de la Capacidad Portante con el ancho B – cimentación cuadrada

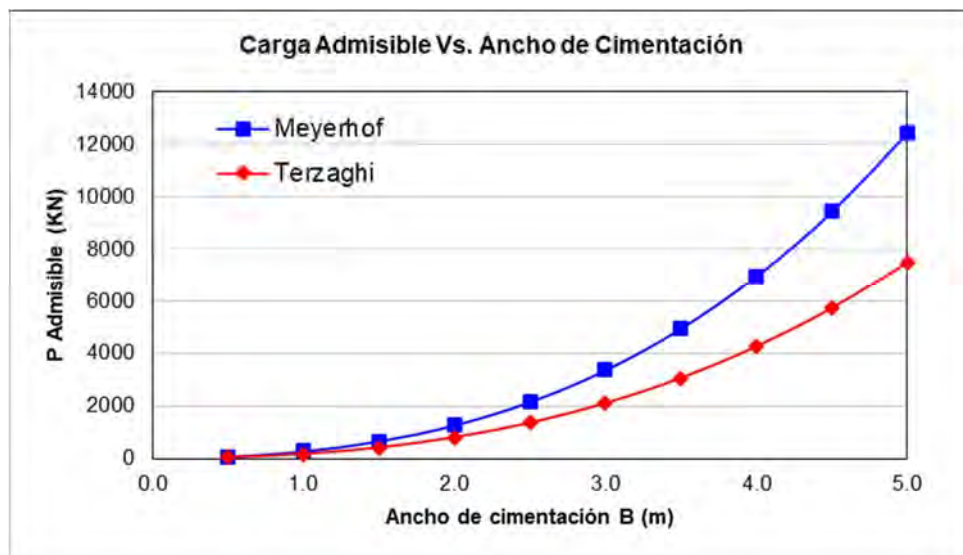


Figura 5-3 Variación de la Carga Admisible con el ancho B – Cimentación cuadrada

5.2.2 Cimentación corrida

Método de Terzaghi: La capacidad portante admisible se encuentra entre 126.2 y 279.0 kPa con un promedio de 192.5 kPa (19.25 Ton/m²), para un ancho de cimentación comprendido entre 0.3 y 4.0 m, tal como se muestra en la Tabla 5-3.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

Tabla 5-3 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos corridos por el método de Terzaghi.

C (kPa)	ϕ (°)	B (m)	Df (m)	γ_1 (kN/m ³)	γ_2 (kN/m ³)	Nc	Nq	N γ	Qu (kPa)	Qadm (kPa)	Padm (kN/m)
2.30	27.90	0.30	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	378.67	126.22	37.87
2.30	27.90	0.50	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	403.45	134.48	67.24
2.30	27.90	0.75	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	434.42	144.81	108.61
2.30	27.90	1.00	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	465.40	155.13	155.13
2.30	27.90	1.50	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	527.34	175.78	263.67
2.30	27.90	2.00	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	589.29	196.43	392.86
2.30	27.90	2.50	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	651.23	217.08	542.69
2.30	27.90	3.00	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	713.18	237.73	713.18
2.30	27.90	3.50	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	775.12	258.37	904.31
2.30	27.90	4.00	0.90	17.00	17.00	31.36	17.61	14.58	837.07	279.02	1116.09

Para el ancho de 0.30 m de los cimientos continuos que sirven como cimentación de la edificación donde funciona la PLAZA DE MERCADO GALÁN se tiene un valor de capacidad portante admisible en condición estática de 126.2 kPa.

Método de Meyerhof: La capacidad portante admisible se encuentra entre 148.9 y 308.9 kPa, con un promedio de 211.7 kPa (21.2 Ton/m²), para un ancho de cimentación comprendido entre los 0.3 y 4.0 m, tal como se muestra en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4 Resultados de la evaluación de capacidad portante para cimientos continuos por el método de Meyerhof.

C (kPa)	ϕ (°)	B (m)	Df (m)	γ_1 (kN/m ³)	γ_2 (kN/m ³)	Nc	Nq	N γ	Qu (kPa)	Qadm (kPa)	Padm (kN/m)
2.50	27.90	0.30	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	446.83	148.94	44.68
2.50	27.90	0.50	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	459.52	153.17	76.59
2.50	27.90	0.75	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	479.55	159.85	119.89
2.50	27.90	1.00	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	519.61	173.20	173.20
2.50	27.90	1.50	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	567.47	189.16	283.74
2.50	27.90	2.00	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	630.25	210.08	420.17
2.50	27.90	2.50	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	699.63	233.21	583.02
2.50	27.90	3.00	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	772.83	257.61	772.83
2.50	27.90	3.50	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	848.68	282.89	990.13
2.50	27.90	4.00	0.90	17.00	17.00	25.61	14.56	16.48	926.57	308.86	1235.43

Para efectos de diseño y/o de validación de la estructura existente, se puede tomar un valor de capacidad portante admisible de 120 kPa (12.0 Ton/m²). En la Figura 5-4 y la Figura 5-5 se muestra la variación de la capacidad portante admisible y la carga admisible para diferentes valores del ancho de la cimentación.

Se aclara que la evaluación de capacidad portante se hizo para cargas verticales transmitidas por la estructura existente al suelo de fundación. En el caso de que se tengan cargas excéntricas o inclinadas en la estructura, se deben aplicar los correspondientes factores de corrección para diseñar adecuadamente la cimentación.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

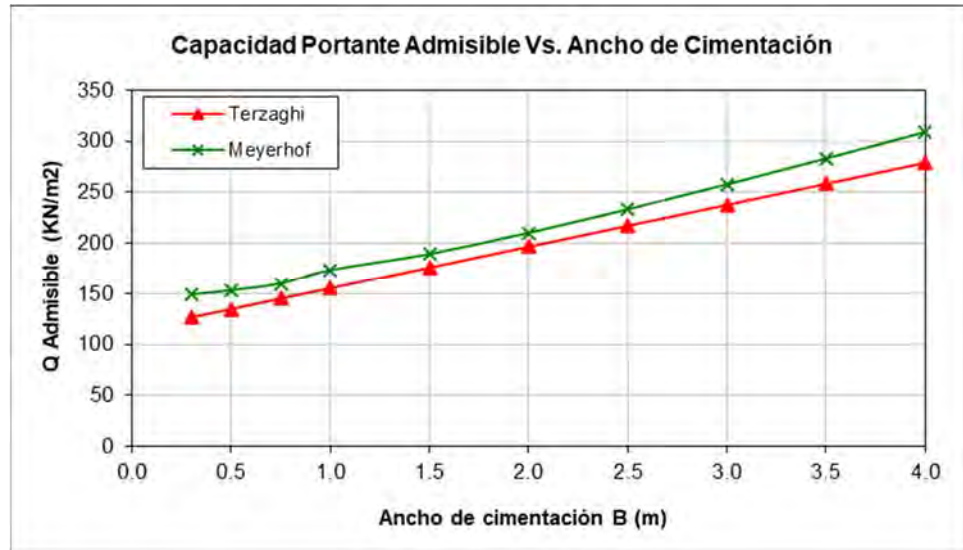


Figura 5-4 Variación de la Capacidad Portante con el ancho B – cimentación corrida

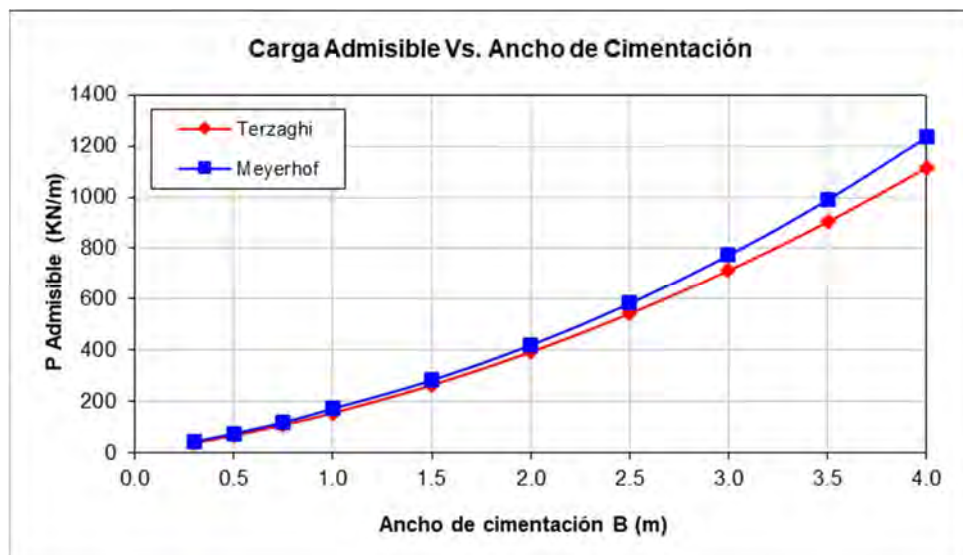


Figura 5-5 Variación de la Carga Admisible con el ancho B – Cimentación corrida

5.3 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

Solo se evaluarán los asentamientos inmediatos bajo el nivel de cimentación. De acuerdo con las condiciones observadas en campo, el nivel de limo arcilloso de color marrón oscuro, con bajo contenido de humedad, consistencia media a firme y alta plasticidad. No se espera la generación de asentamientos por consolidación debido al largo periodo de tiempo que ha transcurrido y seguramente ya se han presentado estos pequeños asentamientos durante el tiempo de funcionamiento de la PLAZA DE MERCADO GALÁN.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

Para este caso, se empleó la metodología propuesta por Harr para el cálculo de asentamientos inmediatos en cimentaciones superficiales rígidas, los cuales se hallan por medio de la siguiente expresión:

$$Se = \frac{B \cdot q_o}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot \alpha_r \text{ (Centro de la cimentación)}$$

Dónde:

- B : Ancho de la cimentación
- q : Esfuerzo de sobrecarga (Capacidad portante recomendada)
- μ_s : Relación de Poisson
- E_s : Módulo de elasticidad en condición confinada
- α_r : Factor de influencia para cimentación rígida

Los parámetros de deformación utilizados para la evaluación de los asentamientos inmediatos son:

- Módulo de Elasticidad (E_s): 17000 kPa para el conjunto de materiales.
- Relación de Poisson (μ_s): 0.30
- Esfuerzo de sobrecarga (q_o): 150 kPa (zapatas cuadradas)
- Ancho de cimentación: Variable.

Para una cimentación con zapatas cuadradas, los asentamientos inmediatos varían entre 4.0 y 39.6 mm, en un ancho de cimentación comprendido entre los 0.5 y 5.0 m. Ver Tabla 5-5.

Tabla 5-5 Evaluación de asentamientos inmediatos para una cimentación con zapatas cuadradas

B (m)	Qapl. (kPa)	Es (kPa)	μ_s	L/B	α_r	Se (mm)
0.50	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	4.0
1.00	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	7.9
1.50	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	11.9
2.00	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	15.9
2.50	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	19.8
3.00	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	23.8
3.50	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	27.8
4.00	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	31.7
4.50	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	35.7
5.00	150.00	17000.00	0.30	1.00	0.988	39.6

De acuerdo con los resultados obtenidos, se considera que los valores de capacidad portante calculados en el numeral anterior son adecuados y el dimensionamiento de esta cimentación se puede realizar con estos valores. Para la distribución de cargas estructurales del proyecto, los asentamientos inmediatos esperados estarán del orden de los 20 mm.

En la Figura 5-6 se muestra la variación de los asentamientos inmediatos para diferentes valores del ancho de la cimentación.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

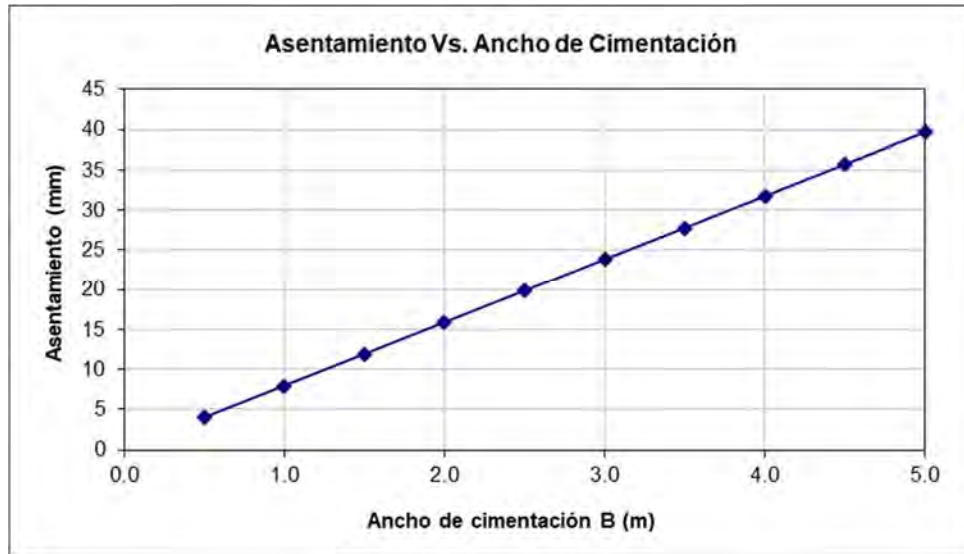


Figura 5-6 Variación de los asentamientos inmediatos con el ancho B – zapatas cuadradas

5.4 EJECUCIÓN DE CORTES Y RELLENOS

Teniendo en cuenta la topografía del sitio de estudio y el nivel de cimentación, no se espera la generación de taludes de corte permanentes. Para algunas intervenciones se plantea el recalce de algunos cimientos por lo tanto se requiere la ejecución de excavaciones temporales no mayores a 1.5 m de altura y éstos pueden hacerse verticales utilizando entibados de madera, aunque de cualquier manera es importante que el tiempo de exposición al medio ambiente sea mínimo.

En cuanto a los rellenos, se deben realizar con material tipo recebo cumpliendo con los requisitos estipulados en el Artículo 300 de las Especificaciones Generales de Construcción del Invia, compactado al 95% mínimo de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Proctor Modificado. Para la colocación de estos materiales se recomienda previamente realizar el retiro del material orgánico.

5.5 MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA CONSTRUCCIONES VECINAS

Con el fin de preservar las edificaciones vecinas, no se tiene contemplado realizar intervenciones que impliquen la ejecución de excavaciones continuas para el reforzamiento estructural de la cimentación.

Se tiene previsto mantener los cimientos corridos contruidos con concreto ciclópeo y en los tramos donde se requiere reforzarlos se van a construir vigas excéntricas dentro del predio de la plaza de mercado con una separación entre los 0.25 m y 0.50 m, tomando todas las medidas preventivas del caso.

En el evento de requerir la apertura de brechas o zanjas para las vigas se ejecutarán por tramos cortos y en lo posible mantenerlas abiertas el menor tiempo posible.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
	ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	

5.6 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

De acuerdo con las características del proyecto no se tiene prevista la construcción de estructuras de contención. Sin embargo, en el evento de requerirse la construcción de una estructura enterrada como por ejemplo un tanque, se recomienda la utilización de los siguientes parámetros de presiones de tierras.

- Coeficiente de presión de tierra en reposo (K_0): 0.52
- Coeficiente de presión activa de Rankine (K_a): 0.35
- Coeficiente de presión pasiva de Rankine (K_p): 2.88

5.7 CONDICIONES SÍSMICAS

De acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (2010), el sitio de estudio se encuentra en la zona de respuesta sísmica identificada como Aluvial 200 con un A_a (coeficiente de aceleración pico efectiva) de 0.16 g, que corresponde a un periodo de retorno de 100 años, según el Decreto 523 de 2010.

Los parámetros de diseño sísmico para esta zona se presentan a continuación:

- Coeficiente de Amplificación en Periodos Cortos (F_a): 1.05
- Coeficiente de Amplificación en Periodos Largos (F_v): 2.10
- Periodo Corto (T_c): 1.28
- Periodo Largo (T_L): 3.5
- Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (A_0): 0.16g

Los efectos de sitio relacionados con la zona identificada como Aluvial 200 son amplificación sísmica y licuación.

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de las observaciones de campo, exploración y análisis geotécnicos realizados para el estudio requerido para determinar el estado real de la estructura incluyendo la cimentación desde el punto de vista de resistencia sísmica de la edificación donde funciona la PLAZA DE MERCADO GALÁN.

6.3 ASPECTOS GEOTECNICOS

En la exploración geotécnica realizada, se identificaron tres estratos de materiales, un estrato de limo arcilloso orgánico de color marrón oscuro con bajo contenido de humedad, de consistencia media a firme y alta plasticidad, otro estrato de arena limosa de color gris y marrón, con contenido medio de humedad, compacidad media; y finalmente un estrato de arcilla limosa de color gris a marrón con bajo contenido de humedad, consistencia blanda a firme y baja plasticidad. El nivel freático se encontró entre 0.9 m y 3.2 m de acuerdo con la exploración realizada.

Se hizo la evaluación del potencial de licuación y ablandamiento cíclico de los suelos con el método de análisis de Idriss & Boulanger (2008) y revisado por Seed (2010) para un sismo de magnitud $M_w = 8.0$, encontrando que entre los 4.0 m y 5.0 m en la mayor parte de los sondeos se presenta licuación (Sondeos S-3, S-4 y S-5), en el sondeo S-2 se presenta licuación en el depósito de suelo entre 6.0 m y 7.5 m de profundidad, mientras que en la zona del sondeo S-6 tiene potencial de licuación entre 5.85 m y 6.30 m de profundidad. El único sector donde no se presenta potencial de licuación fue en el sondeo S-1. Teniendo presente este escenario se deberán tomar las medidas necesarias como la construcción de micropilotes para el reforzamiento de la cimentación que sobrepase el estrato licuable a fin de evitar posibles daños en el evento de un sismo importante que probablemente pueda ocurrir en la vida útil de la estructura.

6.2 CONDICION DE LA CIMENTACION

Al revisar la condición actual de la cimentación existente en las estructuras que conforman la PLAZA DE MERCADO GALÁN, se encontró que estas se encuentran cimentadas de manera superficial sobre cimientos corridos y zapatas a una profundidad del orden de 1.0 m, sobre limo arcilloso orgánico de color marrón oscuro, con bajo contenido de humedad, consistencia media a firme y alta plasticidad (MH).

No existen evidencias de patologías tales como fisuras, humedades, deterioro de los acabados, deterioro de fachadas, espacios interiores y cubiertas de la PLAZA DE MERCADO GALÁN.

6.3 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

La cimentación de las estructuras que conforman la PLAZA DE MERCADO GALÁN es de tipo superficial conformado por zapatas cuadradas y cimientos corridos. Para el diseño del reforzamiento estructural se podrá adoptar un valor de capacidad portante admisible que no supere los 150 kPa para el caso de zapatas cuadradas y de 120 kPa para cimientos corridos. Los cálculos de capacidad portante se realizaron para un factor de seguridad de 3.0.

Es importante aclarar que la evaluación de la capacidad de soporte se realizó para cargas verticales por lo tanto en caso de que se tengan cargas excéntricas o inclinadas se debe reevaluar la capacidad de soporte, incluyendo los factores de corrección necesarios para diseñar adecuadamente la cimentación.

Para el nivel de cimentación actual, y una presión de contacto de 150 kPa, los asentamientos totales esperados para las edificaciones son del orden de 20 mm. Estos asentamientos ya se presentaron

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668 ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	---	--

durante la construcción de la edificación, si se requiere reforzar las estructuras los asentamientos que se podrán presentar durante la construcción del reforzamiento de la estructura serán mínimos.

6.4 MICROPILOTES PARA SUBSANAR POTENCIAL DE LICUACION

Para subsanar los efectos de la Licuación bajo un sismo se propone una solución geotécnica consistente en la construcción de micro pilotes perforados de diámetro 20cm hasta la cota N-10.00.

Se hizo la evaluación del potencial de licuación y ablandamiento cíclico de los suelos con el método de análisis de Idriss & Bolanger (2008) y revisado por Seed (2010) para un sismo de magnitud $M_w = 8.0$, encontrando que entre los 4.0 m y 5.0 m en la mayor parte de los sondeos se presenta licuación (Sondeos S-3, S-4 y S-5), en el sondeo S-2 se presenta licuación en el depósito de suelo entre 6.0 m y 7.5 m de profundidad, mientras que en la zona del sondeo S-6 tiene potencial de licuación entre 5.85 m y 6.30 m de profundidad. El único sector donde no se presenta potencial de licuación fue en el sondeo S-1.

Teniendo presente este escenario se construirán micropilotes para el reforzamiento de la cimentación al nivel N-10.00 sobrepasando el estrato licuable a fin de evitar posibles daños en el evento de un sismo importante que probablemente pueda ocurrir en la vida útil de la estructura.

6.5 OTRAS RECOMENDACIONES

Las excavaciones que se requiere efectuar no ofrecerán dificultad para su ejecución, debido a que se realizarán de manera puntual, las características de los materiales encontrados y que la profundidad de las excavaciones no supera 1.5 m.

Para mantener los niveles freáticos durante la ejecución de la excavación temporal, se deberá contar con un sistema de bombeo permanente que garantice el abatimiento del nivel freático en caso de presentarse.

No se requiere la construcción de obras de contención para las intervenciones de adecuación y remodelación de la planta física de la Plaza de Mercado Trinidad Galán.

Teniendo en cuenta la topografía del sitio de estudio y el nivel de cimentación, no se espera la generación de taludes de corte permanentes. Para algunas intervenciones se plantea el recalce de algunos cimientos por lo tanto se requiere la ejecución de excavaciones temporales no mayores a 1.5 m de altura y éstos pueden hacerse verticales utilizando entibados en madera, aunque de cualquier manera es importante que el tiempo de exposición al medio ambiente sea mínimo.

En cuanto a los rellenos, se deben realizar con material tipo recebo cumpliendo con los requisitos estipulados en el Artículo 300 de las Especificaciones Generales de Construcción del Invia, compactado al 95% mínimo de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Proctor Modificado. Para la colocación de estos materiales se recomienda previamente realizar el retiro del material orgánico.

De acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (2010), el sitio de estudio se encuentra en la zona de respuesta sísmica identificada como Aluvial 200 con un A_a (coeficiente de aceleración pico efectiva) de 0.16 g, que corresponde a un periodo de retorno de 100 años, según el Decreto 523 de 2010.

Los parámetros de diseño sísmico para esta zona se presentan a continuación:

- Coeficiente de Amplificación en Periodos Cortos (F_a): 1.05

 INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL	<p align="center">CONTRATO DE CONSULTORIA No. CO1.PCCNTR.3721668</p> <hr/> <p>ELABORAR LOS ESTUDIOS, DISEÑOS, ACTUALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS, PRESUPUESTOS Y OBTENCIÓN DE LAS LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS OBRAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS PLAZAS DE MERCADO DISTRITALES DEL INSTITUTO PARA LA ECONOMÍA SOCIAL</p>	 TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERÍA S.A.S.
---	--	--

- Coeficiente de Amplificación en Periodos Largos (F_v): 2.10
- Periodo Corto (T_c): 1.28
- Periodo Largo (T_L): 3.5
- Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (A_0): 0.16g

7 LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados obtenidos a partir de la información recopilada, investigación del subsuelo y ensayos de laboratorio ejecutados.

La información de exploración y laboratorio corresponde a sitios puntuales, por lo tanto, los perfiles geotécnicos obtenidos son aproximados y establecidos de acuerdo a los perfiles de cada sondeo.

En caso de encontrarse alguna situación particular que no se haya tenido en cuenta en el presente informe, se debe informar inmediatamente a Técnicas Colombianas de Ingeniería, para realizar las aclaraciones y/o modificaciones oportunas para el buen desarrollo del proyecto.