

CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. CASO: EDIFICIO ENTRE CALLES LOCALIZADO EN LA CALLE 19 CON CARRERA 7

Trabajo de grado presentado por
JAIRO ALBERTO NUÑEZ OBANDO



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Generar el estudio de las Consideraciones para el análisis geotécnico de la cimentación de un edificio de gran altura en la Ciudad de Bogotá D.C. Caso: Edificio ENTRE CALLES localizado en la calle 19 con carrera 7, en condiciones tipo de la Ciudad de Bogotá, enfatizando en los procesos de diseño de la cimentación.



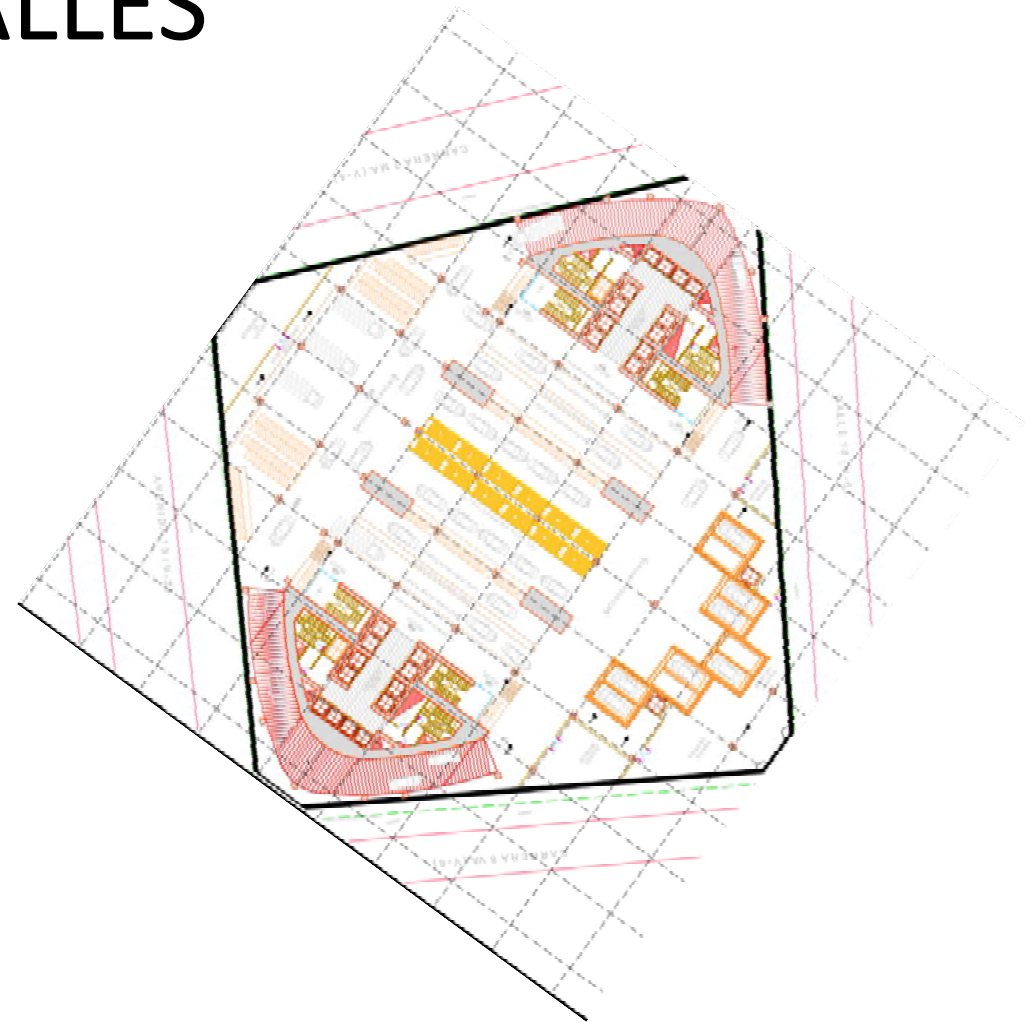
OBJETIVOS ESPECIFICOS PLANTEADOS

- Desarrollar el análisis geotécnico de las etapas de diseño de un edificio de Gran Altura haciendo énfasis en la geometría de la cimentación, exploración del subsuelo, ensayos de laboratorio, caracterización del suelo y perfil estratigráfico.
- Efectuar informe detallado de la información geotécnica existente para el estudio de caso, haciendo énfasis en, exploración del subsuelo, ensayos de laboratorio, caracterización del suelo y perfil estratigráfico. del lote ubicado en la calle 19 con carrera 7 en La Ciudad de Bogotá, con el fin de identificar las características de los estratos y cada una de las variables que incidan en el análisis geotécnico.
- Efectuar el cálculo de la cimentación del edificio ENTRE CALLES localizado en la calle 19 con carrera 7 en La Ciudad de Bogotá, mediante la utilización y profundización de los conceptos y/o conocimientos adquiridos en el desarrollo de la maestría, con el fin de establecer la alternativa más eficiente.
- Desarrollar la modelación del proceso constructivo de la alternativa de diseño escogida efectuar la modelación de la excavación y la construcción de sótanos, mediante la utilización del software PLAXIS 2D y/o similar, como medio para tratar con la complejidad inherente a la construcción de estos sistemas y de igual forma visualizar el sistema que se piensa construir.

GENERALIDADES DEL PROYECTO ENTRE CALLES

Inicialmente El Rascacielos ENTRE CALLES, no estaba diseñado como tal, el diseño inicial es diametralmente opuesto al que ahora se conoce, en su versión original, el Edificio entre calles contemplaba dos estructuras una de cuatro y otra de cinco pisos, de igual forma establecía dos torres de 12 y 20 pisos de altura, y la construcción de tres sótanos.

El proyecto final quedo establecido que se levantará una torre de 450 metros de altura la cual incluirá la construcción de 90 pisos, cuatro sótanos y un semisótano de igual forma dos zonas de plataformas, la primera estará ubicada en la esquina suroccidental y contempla la construcción de 19 pisos y los mismo niveles de sótanos que la torre principal, de igual forma la otra plataforma estará ubicada en la esquina nororiental y solo contempla la construcción de dos sótanos y un semi sótano.



PROTOCOLO EXPLORACION DEL SUBSUELO

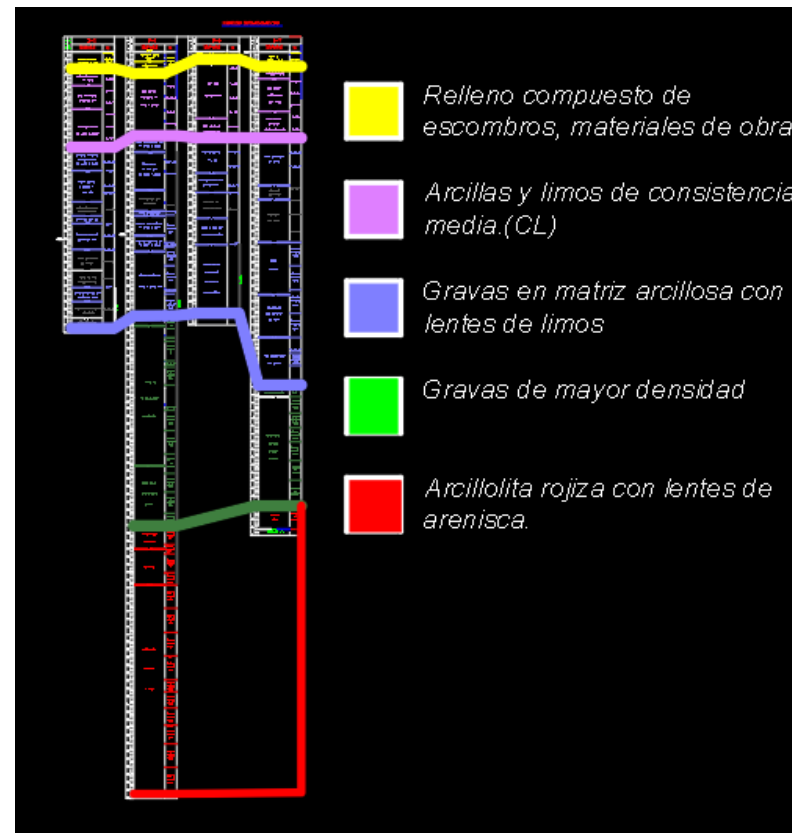
Para realizar protocolo de sondeos del Edificio ENTRE CALLES, se efectuaron siete sondeos, dentro del área del proyecto . Estos sondeos se efectuaron a profundidades variables utilizando el método de percusión y lavado, de igual forma a cada perforación se le realizo ensayos de resistencia a la penetración estándar in situ. Para efectuar estos sondeos se utilizó el cabezote rotatorio como herramienta para atravesar las gravas gruesas y cantos rodados de diferente tamaño que forman parte del aluvión o cono de deyección típico de esta zona de Bogotá, de igual forma se utilizaron coronas de diamante y barrenos para la obtención de muestras inalteradas provenientes de la arcillolita de la formación Bogotá.



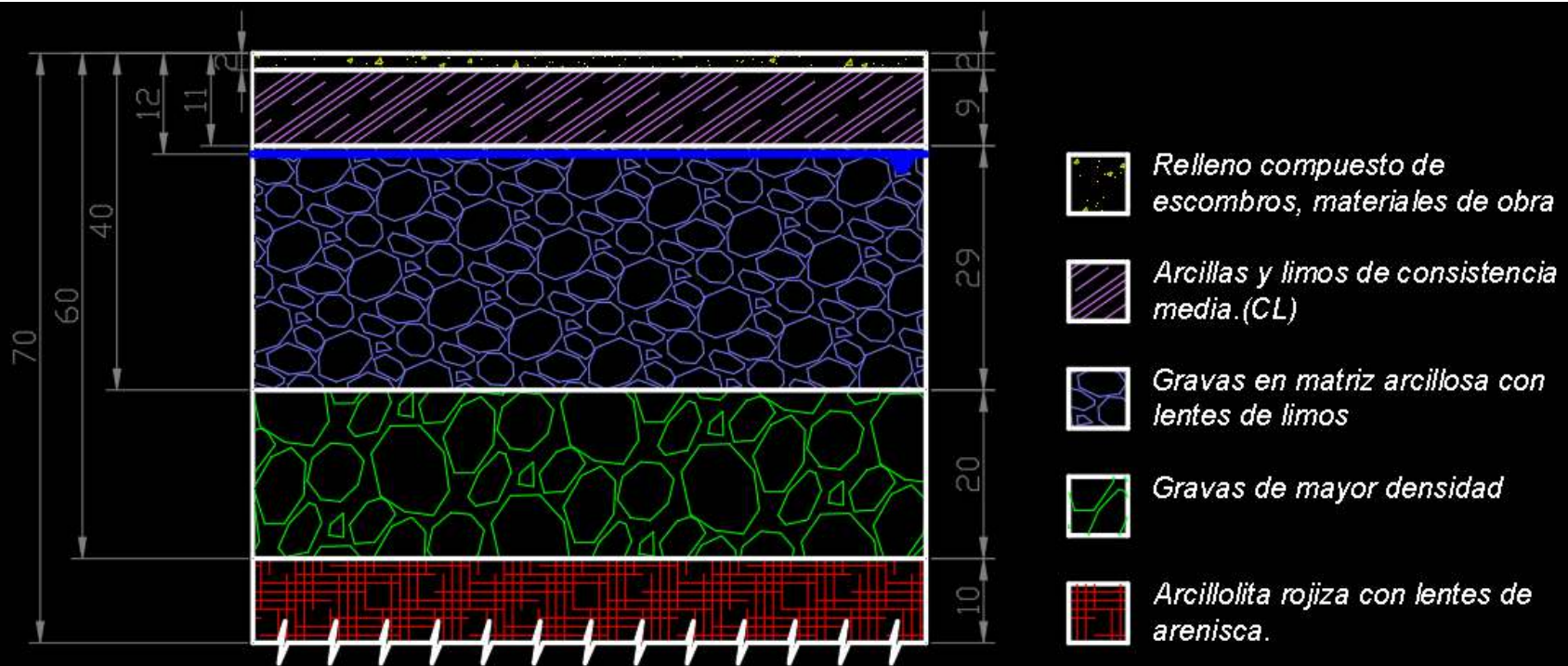
PERFIL ESTRATIGRAFICO

- Superficialmente rellenos en tierra, materiales de obra, escombros, cimentaciones antiguas etc., hasta profundidades cercanas a los 2.0 m bajo el nivel de la superficie. Los rellenos se encuentran en estado suelto y su compresibilidad es variable dada la heterogeneidad.
- De 2.0 – 11.0 m de profundidad bajo la superficie se encuentran arcillas, limos y limos arenosos de consistencia media, con lentes de grava y arena. Estos materiales son poco compresibles y poseen una capacidad adecuada para el soporte de edificaciones livianas de manera superficial, sin embargo, aquí serán excavados para la ejecución de los sótanos.
- De 11.0 - 40.0 m de profundidad se encuentra una secuencia de gravas y bloques o cantos rodados en matriz arcillosa gris a café, intercalados con capas de diferentes espesores (1.0 a 3.0 ó 4.0 m) de arcilla de color gris oscuro con arena y grava y limos cafés con lentes de gravas. Las gravas, piedras y arenas poseen una densidad media a alta y los limos y arcillas intercalados con estos poseen una consistencia alta. Cabe destacar que a partir de los 30.0 m de profundidad los suelos poseen capacidades de soporte más altas y densidades adecuadas para el soporte de los edificios de diversas alturas.
- De 40-60 m de profundidad, continua la secuencia de gravas, arenas con grava y bloques, pero en este caso con mayor densidad y por lo tanto una mejor capacidad de soporte.
- A los 61 m de profundidad aparece la arcillolita rojiza con lentes de arenisca muy dura, de una resistencia a la compresión inconfiada cercana a 20 Kg/cm² superficial y valores más altos a mayor profundidad.

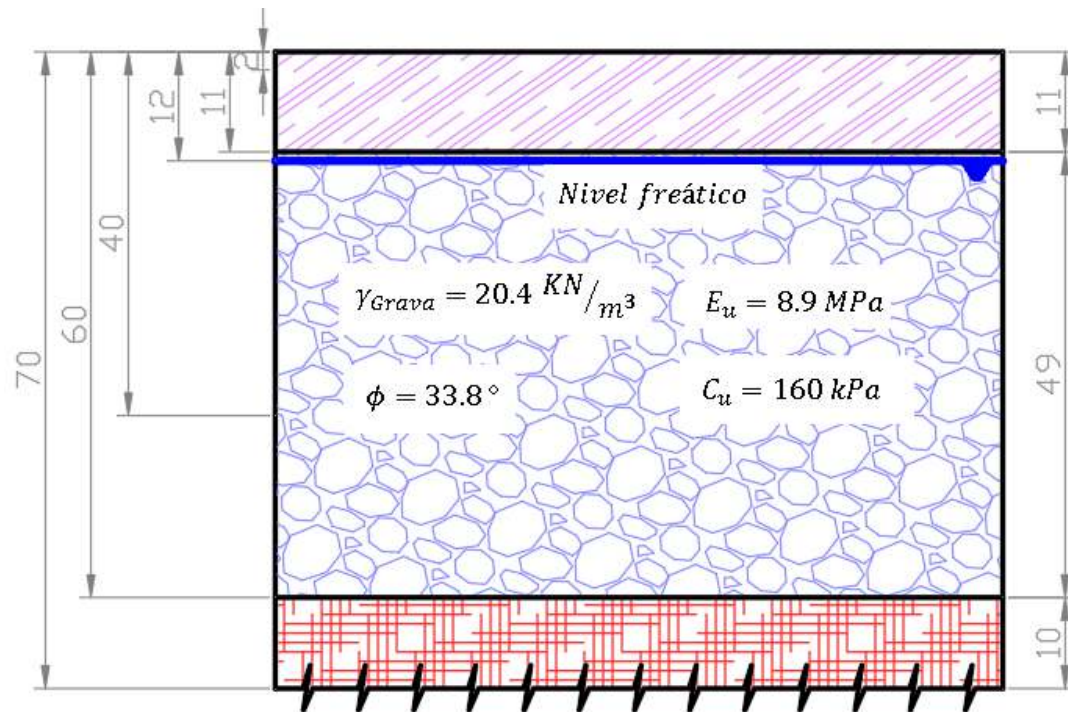
PERFILES ESTRATIGRAFICO DE DISEÑO



PERFILES DE DISEÑO



PERFILES DE DISEÑO



$$\gamma_{\text{arcilla}} = 16 \text{ KN/m}^3 \quad E_u = 4.5 \text{ MPa}$$

$$\phi = 29.2^\circ \quad C_u = 59 \text{ kPa}$$

 Arcillas y limos de consistencia media. (CL)

 Gravas en matriz arcillosa con lentes de limos

 Arcillolita rojiza con lentes de arenisca.

$$\gamma_{\text{Arcillolita}} = 23 \text{ KN/m}^3 \quad \phi = 35^\circ$$

$$q_u = 46.8 \text{ kg/cm}$$

DISEÑO CIMENTACION

- Consideración Suelo Cohesivo

$$q_{admissible} = \frac{cNc}{F.S}$$

$$q_{admissible} = 300 \text{ T/m}^2$$

Donde:

c = Cohesión no drenada del suelo.

Nc = Factor de capacidad de carga.

$F.S$ = Factor de seguridad.

DISEÑO CIMENTACION

- Consideración Suelo Granular

$$q_{admisible} = \frac{\gamma D_f N_q}{F.S}$$

$$q_{admisible} = 353 \text{ T/m}^2$$

Donde:

γ = Peso unitario del estrato de Arcillolita.

D_f = Profundidad del estrato de Arcillolita.

N_c = Factor de capacidad de carga.

$F.S$ = Factor de seguridad.

DISEÑO CIMENTACION

- Consideración Suelo Rocoso :
Esfuerzo Efectivo en la Base

$$q'' = \sum_i^n \gamma_i H_i$$

$$q'' = (\gamma_{arc} H_{arc}) + (\gamma_{grav} (H_{grav} - H_{arc}))$$

$$q'' = 563.6 \text{ T/m}^2$$

DISEÑO CIMENTACION

- Análisis de Sensibilidad
- Capacidad por Fuste:
- Capacidad por Punta:
- Capacidad de Carga Total:

$$Q_f = \pi d f s L$$

$$Q_b = A * \sigma_v' * N_q$$

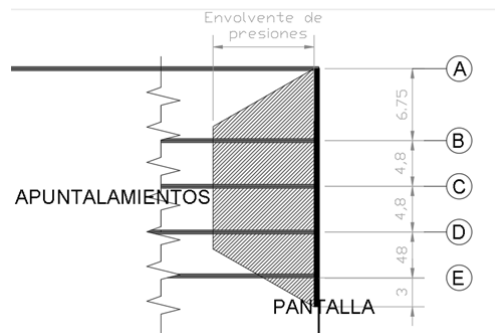
$$q_{efecadmisible} = \frac{Q_f + Q_b - w_{pilote}}{F.S}$$

Diametro del caissons, m	Longitud del caissons, m	f, kg/cm ² .	Qf, t/m ² .	Qp, t/m ² .	Qtotal, t/m ² .	Factor de seguridad	Qad del pilote, t/m ² .
14	5	0,31	684,3	11582,64	12266,9	3	4089
14	6	0,31	821,2	13882,3	14703,5	3	4901,2
14	7	0,31	958	16181,97	17140	3	5713,3
14	8	0,31	1094,9	18481,64	19576,5	3	6525,5

DISEÑO CIMENTACION

L	Qwp	ε	Qws	Φ	Ap	Ep	S ₁	S ₁	Cp	q _p	S ₂	S ₂	Cs	S ₃	S ₃	S
m	ton		ton	m	m ²	ton/m ²	m	cm		ton/m ²	m	cm		m	cm	cm
4.00	7469	0.67	143.38	11.00	95.03	1.70E+06	0.00	0.02	0.09	5745.01	0.01	1.06	0.09	0.03	3.00	4.08
5.00	9314	0.67	179.22	11.00	95.03	1.70E+06	0.00	0.03	0.09	7164.70	0.01	1.06	0.09	0.02	2.43	3.52
6.00	11160	0.67	215.07	11.00	95.03	1.70E+06	0.00	0.04	0.09	8584.39	0.01	1.06	0.09	0.02	2.04	3.15
7.00	13005	0.67	250.91	11.00	95.03	1.70E+06	0.00	0.06	0.09	10004.08	0.01	1.06	0.10	0.02	1.77	2.89
8.00	14851	0.67	286.76	11.00	95.03	1.70E+06	0.00	0.07	0.09	11423.78	0.01	1.06	0.10	0.02	1.56	2.70

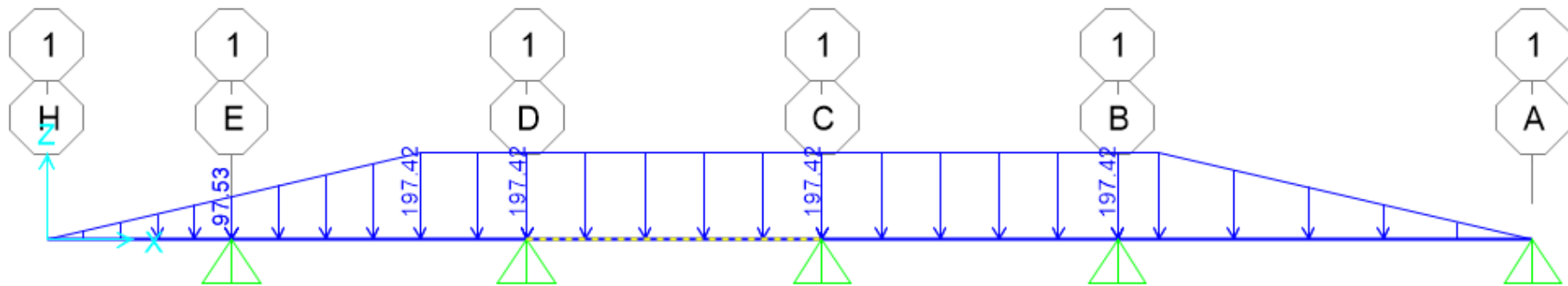
CALCULO MURO TABLESTACA



Para lo cual asume una condición no drenada $\phi = 0^\circ$, no considerando las presiones de poros y una profundidad de excavación mayor a 6m.

Bajo esta condición, y dado que se tiene un estrato de gravas embebida en matriz arcillosa, homogenizamos el perfil de análisis encontrando un $c_{promedio}$ y un γ_a para encontrar la envolvente de presiones.

CALCULO MURO TABLESTACA



$$\sigma_a = 208.37$$

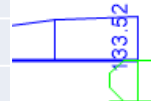
$$M_A = \frac{(A)(s^2)}{8}$$

$$\sigma_1 = \frac{P_A}{(s) \left(d_1 + \frac{d_2}{2} \right)}$$

CALCULO CARGA PUNTUAL

APOYO	CARGA KN
PA	1335.2
PB	7515
PC	10017.8
PD	9347.5
PE	5613.6

ADJUNTAR AM



CALCULO MOMENTOS

APOYO	(KN-m)/(Metro de muro)
σ_1	1669
σ_2	9393.95
σ_3	12522.25
σ_4	11684.38
σ_5	7017

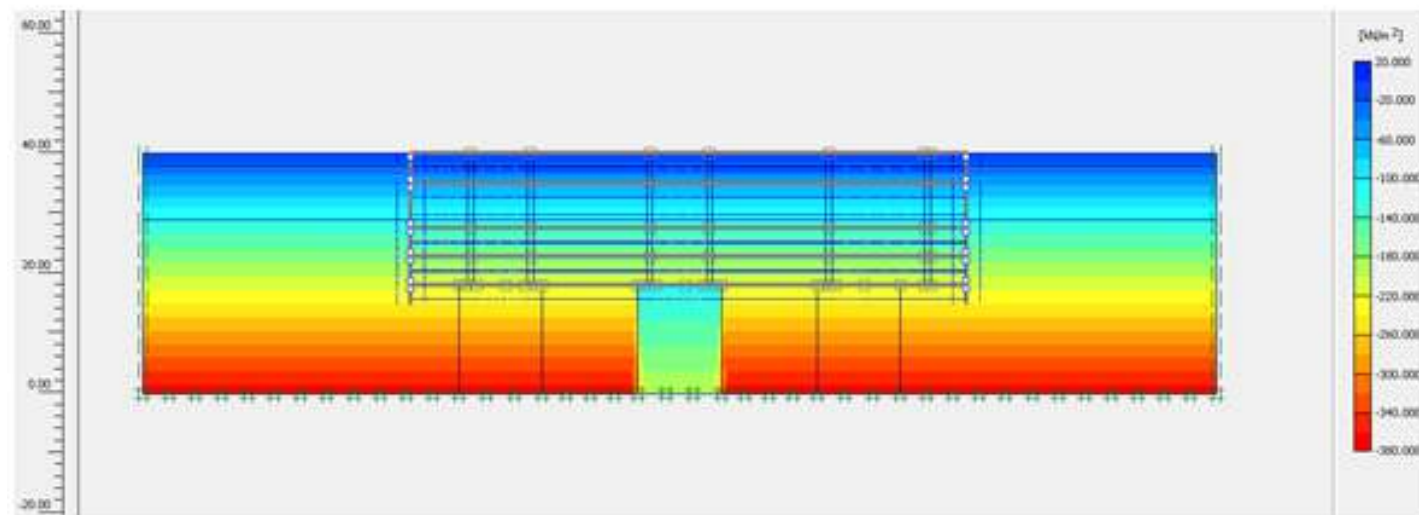
Ⓒ

Ⓓ

Ⓔ

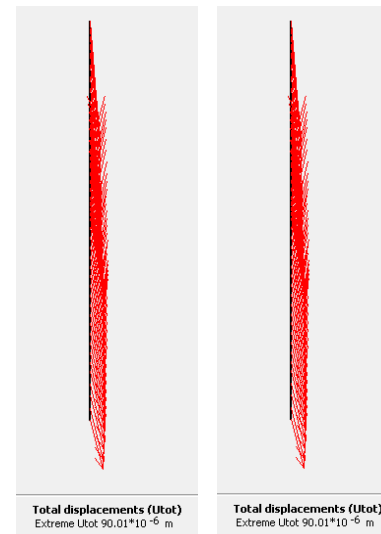
MODELACION GEOTECNICA

ESTADO INICIAL DE ESFUERZOS



ETAPAS DE EXCAVACION

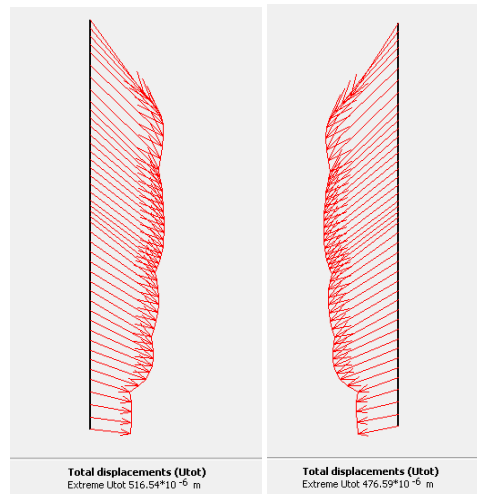
Desplazamientos Etapa No 1



Con respecto a los desplazamientos, se observa desplazamientos totales de componente principalmente vertical. Estos desplazamientos son también pequeños (0,09 mm) y se observan un mayor desplazamiento en la pantalla izquierda que en la derecha

ETAPAS DE EXCAVACION

DEFORMACIONES ETAPA No 10



CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados:

- Se desarrolló el análisis geotécnico de las etapas de un edificio de gran altura con las condiciones tipo de la Ciudad de Bogotá.
- Se recolecto, compilo y selecciono información geotécnica relevante para el estudio de caso del presente documento, de la tabulación de la información recolectada se emitió informe (anexo), que se aprovechó como herramienta primordial para efectuar el análisis geotécnico.
- Se realizó el cálculo de la cimentación del edificio de gran altura propuesto para el estudio de caso y se estableció la alternativa más eficiente.
- Se llevó a cabo la modelación de las diferentes etapas constructivas de la excavación y la construcción de Sótanos.

CONCLUSIONES

Otros aspectos a considerar:

- Se profundizo en el estado del arte en el diseño de cimentaciones para edificios de gran altura, efectuando el aporte esperado por parte del autor del presente estudio de caso.
- Se calculó la envolvente de presiones, se verifico la condición de los apuntalamientos, y cada momento flector actuante sobre cada puntal.
- Para el diseño de la cimentación de un edificio de gran altura es necesario efectuar a profundidad los estudios de exploración del sub-suelo, utilizar tecnología de punta para el estudio del mismo, lo anterior con el fin minimizar la incertidumbre sobre la clasificación del suelo y sus propiedades índice.
- Para el caso puntual de la ciudad de Bogotá, solo es posible cimentar edificios de gran altura en la zona de piedemonte ubicado en la zona central, ya que es acá donde se encuentra un estrato con la capacidad portante necesaria para transmitir las cargas al suelo y no sufrir deformaciones y/o alteraciones.
- Para el análisis de la modelación se hace necesario llevar a cabo el análisis de los esfuerzos efectivos, las deformaciones y presiones de las diferentes etapas de la misma.
- Para el control del nivel freático se diseñara un sistema de pozos de recarga con el fin de recircular el caudal extruido, se colocara una distancia según diseño hidráulico