

**OBTENCIÓN Y SELECCIÓN APROPIADA DEL VALOR DE COHESIÓN
NO DRENADA PARA EL PIEDEMONTE DE LOS CERROS ORIENTALES
DE BOGOTÁ USANDO ENSAYOS IN SITU**

**CARLOS ANDRÉS CUADROS ROMERO
JORGE LEONARDO MONTENEGRO BERMÚDEZ**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**

**OBTENCIÓN Y SELECCIÓN APROPIADA DEL VALOR DE COHESIÓN
NO DRENADA PARA EL PIEDEMORTE DE LOS CERROS ORIENTALES
DE BOGOTÁ USANDO ENSAYOS IN SITU**

**CARLOS ANDRÉS CUADROS ROMERO
JORGE LEONARDO MONTENEGRO BERMÚDEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
JUAN CARLOS RUGE CÁRDENAS
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

Director de Investigación
Ing. Juan Carlos Ruge Cárdenas

Asesor Metodológico
Ing. Richard Moreno Barreto

Jurado

Bogotá D.C., junio de 2015

DEDICATORIA

A Dios por permitirme y ponerme en este camino. A mi familia que fueron pieza fundamental en mi formación durante la carrera y sin los cuales no podría haber logrado esta meta en mi vida. Y finalmente a mis compañeros, maestros y en especial a mi novia por su apoyo consejos y sabiduría que me transmitieron a lo largo de este proceso.

Jorge Leonardo

Agradezco en primer lugar a mis padres por darme la oportunidad de estudiar esta carrera ya que puedo salir adelante y tener un futuro próspero. Su esfuerzo y trabajo fue ejemplo para comprometerme en mi vida profesional y personal.

En segundo lugar agradezco a mi hermano y el resto de mi familia ya que fueron de apoyo emocional con los cuales me e inspirado para poder terminar mis estudios. Por ultimo quiero mencionar a todas las personas que estuvieron alrededor mío, amigos, compañeros, profesores y director de proyecto de grado ya que sin ellos no hubiera podido terminar lo que se empezó desde un principio.

Carlos Andrés

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. GENERALIDADES	14
1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2.1 Descripción del problema	14
1.2.2 Formulación del problema	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 General	15
1.3.2 Específicos	15
1.4 JUSTIFICACIÓN	16
1.5 DELIMITACIÓN	16
1.5.1 Espacio	16
1.5.2 Tiempo	17
1.5.3 Alcances	17
1.5.4 Limitaciones	17
1.6 MARCO DE REFERENCIA	18
1.6.1 Marco Teórico	18
1.6.2 Marco Conceptual	20
1.6.2.1 Ensayo de Penetración Estándar	20
1.6.2.2 Ensayo de Compresión Inconfinada	21
1.7 METODOLOGÍA	23
1.7.1 Fase 1	24
1.7.2 Fase 2	26
1.7.3 Fase 3	26
2. DESARROLLO	27
2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	27
2.2 AJUSTE DE RELACIONES	27
2.3 ESTACIONES	29
2.3.1 Estación PT-ES38	29
2.3.2 Estación PT-BOX39	32
2.3.3 Estación PT-ES45	34
2.3.4 ESTACION PT- ES53	38
2.3.5 Estación PT-ES60	42
2.3.6 Estación PT-ES64	46
2.3.7 Estación PT-ES79	52
2.3.8 Estación PT-ES94	53
2.3.9 Estación PT-ES100	55
2.3.10 Estación PT-ES116	57
2.3.11 Estación PT-ES127	59

	pág.
2.3.12 Estación PT-PP-130	61
2.3.13 Estación PT-ES140	64
2.3.14 Estación PT-ES147	67
2.3.15 Estación PT-PP-154	70
2.3.16 Estación PT-PP-164	73
2.3.17 Estación PT-PP-170	76
2.3.18 Estación PT-I170	79
2.3.19 Estación PT-PC	81
2.3.20 Estación PC-PT	82
3. ANALISIS	84
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFIA	88

LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 1.	Perfil estratigráfico promedio	25
Tabla 2.	Datos de perforación calle 38	30
Tabla 3.	Relaciones de cohesión no drenada calle 38	30
Tabla 4.	Error porcentual de relaciones con los obtenidos del laboratorio calle 38	31
Tabla 5.	Datos de perforación box calle 39	32
Tabla 6.	Relaciones de cohesión no drenada box calle 39	32
Tabla 7.	Error porcentual de relaciones con los obtenidos del laboratorio box calle 39	33
Tabla 8.	Datos de perforación calle 45	35
Tabla 9.	Relaciones de cohesión no drenada calle 45	36
Tabla 10.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 45	37
Tabla 11.	Datos de Perforación Calle 53	39
Tabla 12.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 53	40
Tabla 13.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 53	41
Tabla 14.	Datos de Perforación Calle 60	43
Tabla 15.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 60	44
Tabla 16.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 60	45
Tabla 17.	Datos de Perforación Calle 64	47
Tabla 18.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 64	48
Tabla 19.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 64	49
Tabla 20.	Datos de Perforación Calle 79	51
Tabla 21.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 79	51
Tabla 22.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 79	52
Tabla 23.	Datos de Perforación Calle 94	54
Tabla 24.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 94	54
Tabla 25.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 94	55
Tabla 26.	Datos de Perforación Calle 100	55
Tabla 27.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 100	56
Tabla 28.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 100	56
Tabla 29.	Datos de Perforación Calle 116	58
Tabla 30.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 116	58
Tabla 31.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 116	58

	pág.	
Tabla 32.	Datos de Perforación Calle 127	60
Tabla 33.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 127	60
Tabla 34.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 127	60
Tabla 35.	Datos de Perforación Puente Calle 130	62
Tabla 36.	Relaciones de Cohesión No Drenada Puente Calle 130	62
Tabla 37.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Puente Calle 130	63
Tabla 38.	Datos de Perforación Calle 140	65
Tabla 39.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 140	65
Tabla 40.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 140	66
Tabla 41.	Datos de Perforación Calle 147	68
Tabla 42.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 147	68
Tabla 43.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 147	69
Tabla 44.	Datos de Perforación Puente Calle 154	71
Tabla 45.	Relaciones de Cohesión No Drenada Puente Calle 154	71
Tabla 46.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Puente Calle 154	72
Tabla 47.	Datos de Perforación Perfil Puente Calle 164	74
Tabla 48.	Relaciones de Cohesión No Drenada Perfil Puente Calle 164	74
Tabla 49.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Perfil Puente Calle 164	75
Tabla 50.	Datos de Perforación Puente Calle 170	77
Tabla 51.	Relaciones de Cohesión No Drenada Puente Calle 170	77
Tabla 52.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Puente Calle 170	78
Tabla 53.	Datos de Perforación Calle 170	79
Tabla 54.	Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 170	79
Tabla 55.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 170	80
Tabla 56.	Datos de Perforación PT-PC	81
Tabla 57.	Relaciones de Cohesión No Drenada PT-PC	81
Tabla 58.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio PT-PC	82
Tabla 59.	Datos de Perforación PC-PT	82
Tabla 60.	Relaciones de Cohesión No Drenada PC-PT	83
Tabla 61.	Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio PC-PT	83
Tabla 62.	Valores ponderados de Cu (Kpa) de las relaciones	84
Tabla 63.	Valores ponderados de Cu (Kpa) de laboratorio	84

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el spt	18
Cuadro 2. SPT capacidades para evaluar la resistencia al corte para suelos finos	19

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización del estudio	17
Figura 2. Esquema general del equipo de perforación.	21
Figura 3. Metodología	23
Figura 4. Correlaciones a partir del ensayo de penetración estándar spt	24
Figura 5. Fase n° 2 de la metodología	26
Figura 6. Ajuste de correlaciones empleadas	28
Figura 7. Esquema de perforación y perfil calle 38	29
Figura 8. Esquema de perforación y perfil calle 45	34
Figura 9. Esquema de Perforación y Perfil Calle 53	38
Figura 10. Esquema de Perforación y Perfil Calle 60	42
Figura 11. Esquema de Perforación y Perfil Calle 64	46
Figura 12. Esquema de Perforación y Perfil Calle 79	50
Figura 13. Esquema de Perforación y Perfil Calle 94	53
Figura 14. Esquema de Perforación y Perfil Calle 116	57
Figura 15. Esquema de Perforación y Perfil Calle 127	59
Figura 16. Esquema de Perforación y Perfil Puente Calle 130	61
Figura 17. Esquema de Perforación y Perfil Calle 140	64
Figura 18. Esquema de Perforación y Perfil Calle 147	67
Figura 19. Esquema de Perforación y Perfil Puente Calle 154	70
Figura 20. Esquema de Perforación y Perfil Puente Calle 164	73
Figura 21. Esquema de Perforación y Perfil Puente Calle 170	76
Figura 22. Relación del valor de la cohesión no drenada en campo vs profundidad de la perforación	86

GLOSARIO

ARCILLA: Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados.

COHESIÓN: Es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas.

ENSAYO IN-SITU: son literalmente los que se realizan en el mismo lugar donde se encuentra el objeto de análisis. En geotecnia, se aplica el término a los ensayos que se realizan sobre un terreno para determinar sus características. En construcción suele emplearse para definir los ensayos de materiales a pie de obra, sobre todo en los elementos de cimentación.

ESFUERZO: Es una magnitud vectorial que mide la intensidad del intercambio de momento lineal entre dos partículas o sistemas de partículas

NO DRENADA: Condición es no-drenada cuando el agua no es capaz de fluir en el momento en el cual el suelo es sometido a una carga y se produce entonces, presión de poros; debido a que el agua no se puede mover libremente como respuesta a la tendencia al cambio del volumen de vacíos por acción de la carga.

PIEDEMONTE: es el nombre técnico usado para indicar el punto donde nace una montaña, así como a la llanura formada al pie de un macizo montañoso por los conos de aluviones.

RESISTENCIA AL CORTE: Es la “tensión de corte sobre el plano de ruptura”, en el momento de la ruptura.

INTRODUCCIÓN

La velocidad de desarrollo de un país se refleja especialmente en cómo evolucionan sus vías para adaptarse al crecimiento demográfico, y todos los problemas que este crecimiento trae consigo como lo son el aumento del parque automotor, el comercio interno y externo, el consumo de recursos naturales entre otras. A los cual se debe responder con sistemas de vías y transporte que soporten este desarrollo.

En Colombia y especialmente en Bogotá este desarrollo no se ha logrado de la manera más adecuada el parque automotor y el crecimiento poblacional de la ciudad han colapsado las vías y los sistemas de transporte publico respectivamente, de igual forma los sistema de transporte público no dan abasto con la demanda de pasajeros que diariamente necesitan movilizarse en la ciudad. Como respuesta al problema del transporte público en Bogotá la alcaldía en el año 2008 desarrollo e implemento los estudios para construir una línea de metro ligero por la carrera séptima entre la calle 34 a la calle 170¹.

El consorcio encargado de los estudios para las cimentaciones entregó un reporte de perfiles de estratos, parámetros de diseño. Con la ayuda de estos resultados, y del ensayo de Penetración Estándar (SPT), en el presente trabajo de grado, se pretende determinar la relación teórica que más se ajuste al valor que se obtuvo en campo de la Cohesión No Drenada (Cu), para saber cuál de los métodos existentes con los que se cuenta actualmente es el más útil para determinar qué relación emplearon en el estudio.

¹ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Informe de rendición de cuentas programa movilidad humana. [en línea]. Bogotá [citado: 8, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.movilidadbogota.gov.co/hivebx_archivos/ideofolio/informe-rendicion-de-cuentas-sdm-2013_22579.pdf>.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Según el artículo en el Tiempo “A la carrera Séptima le sobran estudios y le faltan soluciones”². Se han realizado infinidad de estudios para implementar algún sistema de transporte público que solucionen los problemas de movilidad en la carrera séptima como lo son los siguientes: El Transmilenio Pesado, Transmilenio Ligerero, metro, corredor verde, tranvía. Pero ninguno de estos ha prosperado ya que, aunque existen muchas alternativas y propuestas que se pueden ejecutar la falta de interés, falta de toma de decisiones y los sobrecostos, hace que no se ejecutan ninguno.

Dentro de las alternativas de transporte en el 2007 se estudió la posibilidad de construir una línea de metro ligerero entre la calle 34 y la calle 170, para lo cual se realizaron los respectivos estudios de suelo que determinaron la mejor alternativa de cimentación. De los resultados de campo se obtuvieron varios parámetros de diseño entre los cuales se encuentran: valor de la cohesión no drenada, Angulo de fricción, esfuerzo a la compresión.

Entre los resultados que arrojan el ensayo SPT no es posible identificar cuál de las diferentes relaciones existentes entre el N (Número de golpes del ensayo SPT) y el Cu (cohesión no drenada) fue el empleado. De esta manera se compilara las diferentes relaciones existentes propuestas por distintos autores para realizar un análisis comparativo, entre los diferentes resultados obtenidos por cada relación y el valor en campo, para establecer cuál de todas presenta menor diferencia y tomar esta relación como modelo.

Se debe tener en cuenta que estas relaciones entre el N y la Cu, son desarrollados en países americanos y europeos, bajo condiciones climáticas y atmosféricas, que hace que los suelos presentan características diferentes a los de nuestro país; por lo que es necesario establecer cuál de las relaciones existentes describen mejor el comportamiento de los suelos del piedemonte de los cerros orientales de la ciudad de Bogotá

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema. Alrededor del mundo se han desarrollado múltiples relaciones que determinan varios parámetros geotécnicos del suelo a partir del ensayo de penetración estándar por sus siglas en inglés (SPT), como lo

² EL TIEMPO. A la carrera Séptima le sobran estudios y le faltan soluciones. [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.eltiempo.com/bogota/tranvia-en-la-carrera-septima-no-empezara-en-gobierno-de-petro/14630616>>.

son la cohesión no drenada (C_u), Angulo de fricción (F_i), caracterización de suelo y la resistencia del suelo entre otras. Estas relaciones en su mayoría fueron desarrolladas en países en las cuales las condiciones climáticas, atmosféricas y otros factores que caracterizan los suelos, son diferentes a las de Colombia por lo cual para poder hacer una buena aproximación del valor real de los parámetros geotécnicos se debe adaptar una que se ajuste a las condiciones de los suelos métodos y equipos con los que cuenta el país. Por lo anterior sé que quiere determinar: ¿Qué metodología fue empleada en la determinación de los valores de Cohesión no drenada (C_u) para los estudios de cimentaciones del tren ligero de la carrera 7ª?

1.2.2 Formulación del problema. Las pruebas en campo del estudio de suelos, determina el valor de la cohesión no drenada (C_u) del suelo a partir del ensayo (SPT). Pero como bien se sabe el ensayo por sí solo no determina el valor (C_u) de los suelos arcillosos. Es necesario establecer varias relaciones entre los resultados del ensayo (SPT) y el valor de (C_u), o de otro tipo de ensayos como el de compresión confinada que establece el valor que es igual a la mitad de (C_u). Existen muchos métodos que relacionan estas dos variables, propuestas por diversos autores, cada uno contempla variables durante el ensayo que pueden cambiar o alterar el valor de un método a otro.

Para los estudios realizados en campo no se tiene registro de qué forma se determinó el valor de (C_u), por lo cual se deben compilar las diferentes metodologías posibles con las cuales determinar este parámetro y así poder realizar una comparación con el valor en campo y establecer, entre las metodologías encontradas cual se acerca de manera aproximada al valor en campo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Establecer la mejor relación que determine la cohesión no drenada en campo, para los suelos del piedemonte de los cerros orientales.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Buscar metodologías ya existentes para encontrar el valor de la Cohesión No Drenada (C_u).
- Comparar los resultados del ensayo de compresión confinada con los establecidos en las metodologías encontradas, que dé como resultado un menor error porcentual.

- Determinar si la relación encontrada aplica para los diferentes tipos de suelos que se encuentran en la carrera 7a

1.4 JUSTIFICACIÓN

Existen múltiples ensayos con los cuales se puede estimar o determinar distintas características geotécnicas de los suelos, como la cohesión no drenada, ángulo de fricción, resistencia a la compresión simple, compacidad, entre muchos otros parámetros. Mediante una serie de ensayos como los siguientes: ensayo SPT (Standard Penetration Test), compresión inconfiada, consolidación, triaxial etc. Las características antes mencionadas no siempre se obtienen de manera directa en los ensayos, por lo cual múltiples autores han desarrollado relaciones entre diferentes ensayos y parámetros geotécnicos, que se quieren conocer del suelo. Estas relaciones han sido desarrolladas en diferentes países, en los cuales las condiciones del suelo son diferentes a las del suelo nacional, por ende las relaciones se deben ajustar a las condiciones del suelo que se está estudiando, en este caso el pie de monte de los cerros orientales de la ciudad de Bogotá.

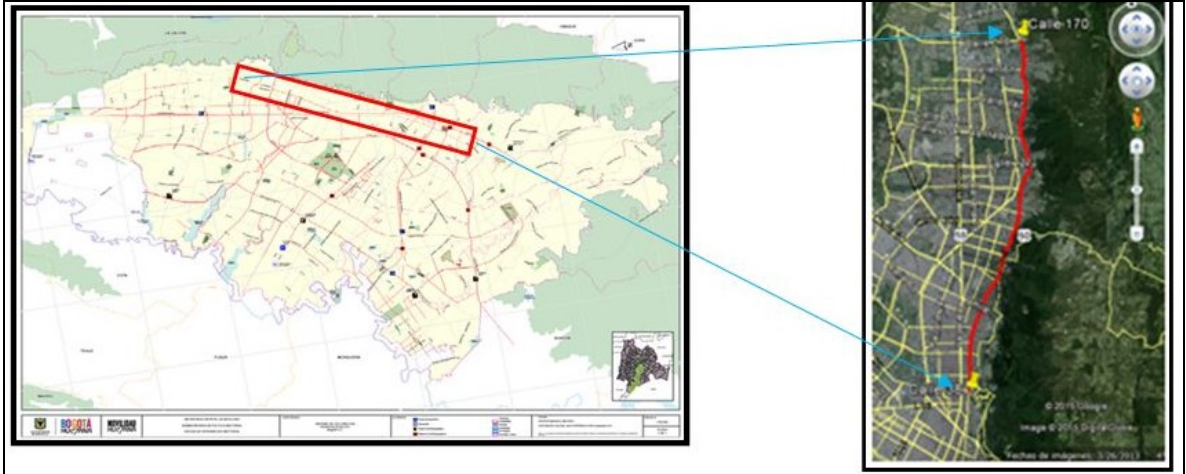
Por tal razón se quiere comparar en el siguiente trabajo de grado las relaciones que se emplean para determinar la Cohesión no drenada (C_u), a partir del número de golpes del ensayo (SPT) propuestas por 10 autores. Estas se ajustarán a las condiciones del suelo del Pie de monte que se encuentra en la carrera 7ª de la ciudad de Bogotá; para finalmente establecer cuál de las relaciones propuestas se ajusta de la mejor manera al tipo de suelo encontrado.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Espacio. El proyecto se desarrolla desde la zona central hasta el nor-iente de Bogotá (Colombia), específicamente en la Carrera 7 a desde la calle 38 hasta la calle 170 (Figura 1); tiene una longitud aproximado de 14.9 kilómetros que atraviesa de sur a norte entre las siguientes coordenadas:

N: 103 050 – E: 101 250 y N: 115 950 – E: 105 550.

Figura 1. Localización del estudio.



Fuente: Autores con ayuda de GOOGLE MAPS. Zona nororiental de Bogotá [en línea]. Bogotá [citado: 14, nov., 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.google.com/maps/@4.6711565,-74.0418859,765m/data=!3m1!1e3>>.

1.5.2 Tiempo. La duración del estudio del proyecto de grado se basa en el tiempo en el que se cursa la materia de Proyecto de Grado la cual consta de 5 meses, en los cuales se caracterizara la relación más óptima para el estudio a desarrollar.

1.5.3 Alcances.

- Estimar los valores que pueden ser empleados para el análisis y cálculo de la cohesión no drenada
- Identificar las relaciones más apropiadas para la clasificación de los tipos de suelos encontrados en la carrera 7a.
- Realizar un promedio ponderado de los valores hallados para cada tipo de suelo con el fin de compararlos con los valores dados en el laboratorio.

1.5.4 Limitaciones. Las limitaciones que se presentó en el desarrollo del trabajo de grado fueron básicamente en el detalle con que se tomaron los valores de la compresión inconfiada, ya que estos se obtuvieron en un rango de profundidad bastante amplios para poderlos comprar con los valores de las relaciones estudiadas.

Los resultados obtenidos con las relaciones encontradas no eran constante, por tal razón se tuvo que hallar un promedio de los resultados dados, para así poder comprar un valor más general y no un valor más detallado del tipo del suelo.

1.6 MARCO DE REFERENCIA

1.6.1 Marco Teórico.

Cuadro 1. Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el spt

Título	Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el spt
Autor	ALVARO J. GONZALEZ G
Fecha	Bogotá 1999
Síntesis	<p>De los resultados del ensayo STP se han desarrollado diversas correlaciones para determinar parámetros efectivos de la resistencia del suelo, como lo son el ángulo de fricción (Φ) para suelos granulares y c' (resistencia al corte) para suelos arcillosos. El ensayo presenta muchas variables en su ejecución, en especial en lo que respecta a la transmisión de la energía que llega al muestreador. Muchos autores han desarrollado una serie de factores de corrección para poder obtener datos confiables. En este artículo centra la atención en dos puntos el primero establecer la mejor corrección debido al confinamiento del muestreador y la segunda establecer la mejor relación entre N_1 y el valor efectivo del suelo.</p> <p>El factor de corrección por confinamiento del muestreador está dado por el esfuerzo efectivo vertical del lugar donde se encuentra la muestra. El autor recopila los factores de corrección más importantes que se han desarrollado y estima por medio de un análisis gráfico comparativo cuál de los factores se acerca más al promedio y puede resultar más confiable. De igual manera recopila las correlaciones más importantes para determinar la resistencia efectiva de los suelos, antes de presentar las ecuaciones, define el valor del esfuerzo efectivo (Φ) de la siguiente manera</p> $\phi'_{SPT} = \phi'_{eq} = \arctan(\tau / \sigma')$ <p>Una vez definida recopila las relaciones entre el número de golpes (N_1) y el Φ'_{eq}, a las cuales las compara gráficamente para determinar cuál de todos presenta una mayor aproximación al promedio</p>
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> • Los valores obtenidos por el ensayo suelen ser útiles para suelos granulares pero poco confiables para la estimación de parámetros de resistencia en suelos arcillosos o cohesivos • El método subestima el valor de la resistencia al corte (c') para suelos arcillosos

Fuente: ALVARO J. y GONZALEZ G. Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT [en línea]. Bogotá [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/ESTIMATIVOS-DE-PARAMETROS-DE-RESISTENCIA-CON-SPT.pdf>>.

Cuadro 2. SPT capacidades para evaluar la resistencia al corte para suelos finos.

Título	SPT capacidades para evaluar la resistencia al corte para suelos finos
Autor	Frazad Nassaji, Behzad Kalantari
Fecha	2011
Objetivos de Investigación	Investigar la capacidad de SPT para estimar la resistencia al corte no drenado
Síntesis	<p>De acuerdo a los tipos de suelos que se encuentren para hacer una prueba In-Situ y la disponibilidad del tiempo, presupuesto y equipos con los que se cuente se puede estimar relaciones geotécnicas para encontrar parámetros como lo es la Resistencia al Corte (C_u). Este valor se puede obtener mediante ensayos in-situ como solo son: Penetrometro de bolsillo, la prueba de penetración de cono (CPT), ensayo de Penetración Estándar (SPT) y ensayo de veleta (VST).</p> <p>Atreves del tiempo se empezó a estudiar los diferentes factores que un suelo cohesivo puede llegar a tener como lo es la resistencia a la compresión (q_u), Terzaghi y Peck (1967) fueron los primeros en realizar estudios de campo para obtener una correlación de los suelos cohesivos, luego Sanglerat (1972) que encontró la correlación de acuerdo con el tipo de suelo fino teniendo en cuenta el índice de plasticidad (IP) para suelos arcillosos. En 1974 Stroud encontró relaciones que se expresaban a través del IP el cual disminuía dependiendo de un valor constante (N), ahora bien un caso totalmente contrario como lo presenta el autor Sowers en 1979 el cual el índice de plasticidad (IP) aumenta con un valor constante (N).</p> <p>Sivrikaya&Toğrol (2002) realizaron un estudio más amplio sobre los diferentes tipo de suelos finos con el ensayo de uniaxial, triaxial y carga puntual (UCS) encontrando una nueva correlación. Hettiarachchi& Brown (2009) asumieron en el ensayo SPT como una prueba muy amplia y abierto así que propusieron un valor al N60 para tener un rango de error mucho menor.</p> <p>Décourt (1990), Nixon (1982), Ajayi&Balogun (1988), trataron de determinar un valor de la correlación como S_u-N.</p> <p>Con ayuda de los autores ya mencionados se pretende relacionarlas para encontrar el valor de la cohesión No Drenada (C_u) que aplica en la prueba In-Situ del piedemonte de los Cerros Orientales de Bogotá.</p>
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> • Hay que tener en cuenta que muchos factores que interactúa en los suelos cohesivos pueden cambiar el resultado de las correlaciones. Tales afectaciones se pueden presentar por el comportamiento físico del suelo y las propiedades

Título	SPT capacidades para evaluar la resistencia al corte para suelos finos
	<p>mecánicas en diferentes áreas de una misma región</p> <ul style="list-style-type: none"> • La obtención de los valores de la correlación (S_u) pueden afectarse en campo, ya que la aplicación de una fuerza o un cambio en el uso de los equipos pueden alterarse si no se tiene la experiencia adecuada.

Fuente: NASSAJI, Frazad y KALANTARI, Behzad. SPT Capability to Estimate Undrained Shear Strength of Fine-Grained Soils of Tehran [en línea]. Iran [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <<http://www.ejge.com/2011/Ppr11.120/Ppr11.120alr.pdf>>.

1.6.2. Marco Conceptual.

1.6.2.1 Ensayo de Penetración Estándar. El ensayo de penetración estándar SPT por sus siglas en inglés (Standard penetration test) tiene sus orígenes en Norteamérica en el año 1927 y es uno de los pioneros de los ensayos *in situ*. Fue desarrollado por un sondista que trabaja para la compañía norteamericana Raymond Concrete Pile. Junto con Terzaghi contabilizaron la cantidad de golpes necesarios para hincar un muestreador de 30 cm (1 pie) en el suelo para obtener muestras de suelos arenosos. Luego de recolectar datos de varios ensayos los publicaron en el famoso libro, *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*³

El ensayo SPT es ampliamente utilizado en la exploración geotécnica debido a que de sus resultados es posible establecer muchas relaciones para determinar parámetros de casi cualquier tipo de suelo, si bien para unos suelos como los granulares determina valores más confiables como el ángulo de fricción, para suelo cohesivos como las arcillas los valores no son confiables y solo se puede utilizar como guía u orientativos. Para la determinación de parámetros en suelos arcillosos es recomendable utilizar otro ensayo como veleta.

El ensayo consiste en realizar una perforación en el suelo mediante una broca, cincel o estrella, los cuales deben tener un diámetro de entre 56 mm y 162 mm, la perforación debe garantizar la estabilidad de la tubería de acero y el muestreador. Una vez instalada la tubería y el muestreador se monta el cabezote en la parte superior de la tubería y el martillo. El martillo de 140 Lb (63.5 Kg) se deja caer de una altura de 30" (76.2 cm) para hincar el muestreador 30 cm en 2 turnos de 15 cm. Para cada turno de hincado se toma el número de golpes necesarios para hacerlo donde el resultado se expresa de la siguiente forma: N(número de golpes) es igual a N1 (número de golpes del primer turno) mas N2 (número de golpes en

³ DEVINCENZI, M. & FRANK, N. Ensayo geotecnico in situ su ejecución e interpretación [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/wp-content/uploads/2014/06/Devicenci-Ensayos-in-situ.pdf>>.

el segundo turno) si el resultado de N es mayor a 50 se reporta un “rechazo” y finaliza el ensayo.⁴

Figura 2. Esquema general del equipo de perforación.

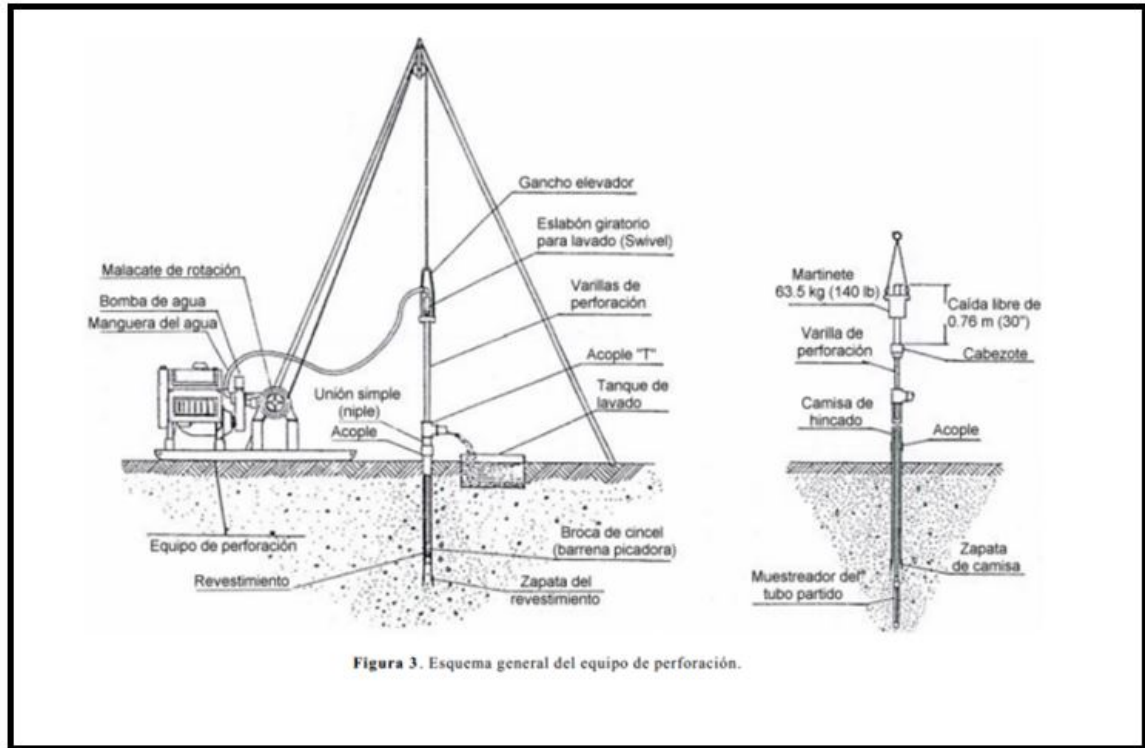


Figura 3. Esquema general del equipo de perforación.

Fuente: INVIAS. Ensayo de penetración normal (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido [en línea]. Bogotá [citado: 11, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL:

http://unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-111-07.pdf>.

El ensayo presenta muchas variables, y el valor de N presenta varias correcciones en función de estas variables por ejemplo, cuando el diámetro de la perforación es mayor a 115 mm se emplea un factor de corrección al valor de N. Si la longitud de la varilla es menor a 10 m se emplea otra corrección. Si el muestreador es diferente al de cuchara estándar se emplea otro factor de corrección.⁵

1.6.2.2 Ensayo de Compresión Inconfinada. El ensayo de compresión inconfinada también conocido con el nombre de compresión simple o ensayo de compresión

⁴ CRUZ, C. Ensayo de penetración estándar [en línea]. Bogotá [citado: 11, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://es.slideshare.net/Carolina_Cruz/ensayo-spt-25606725>.

⁵ SORIANO, C. Aspectos generales sobre el ensayo de penetración estándar SPT [en línea]. Bogotá [citado: 02, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://es.slideshare.net/cristiansorianoc/ensayo-de-penetracion-estandar>>.

triaxial, se realiza para suelos cohesivos los cuales no se alteran. La compresión inconfiada es la aplicación de una carga en un área determinada que comúnmente son en probetas cilíndricas o prismáticas, la cual al aplicar la carga la muestra falla y se obtendrá el valor de carga última.⁶

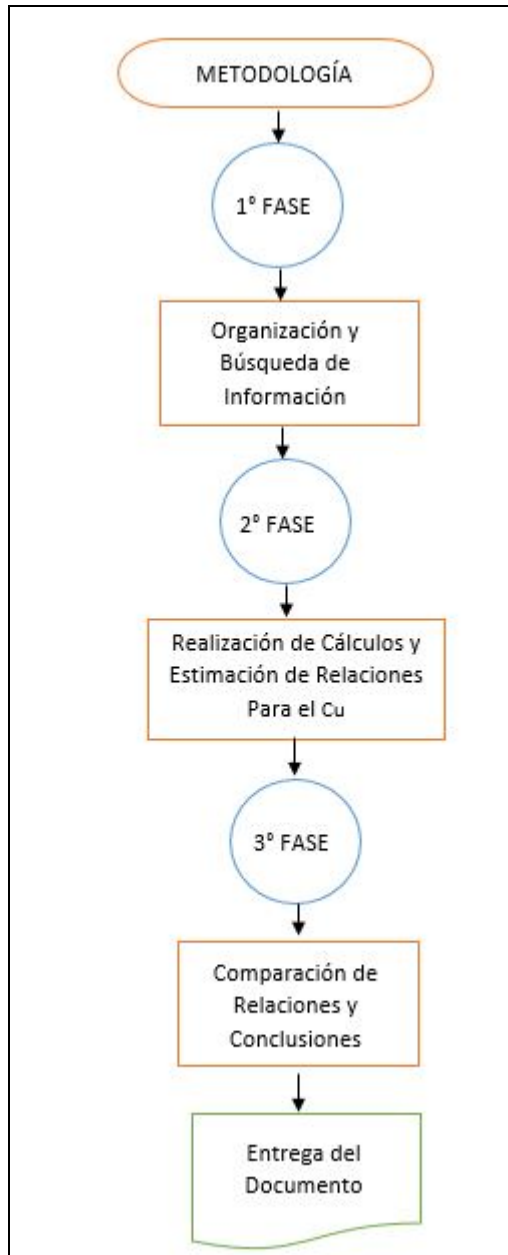
Las características de la probeta según la norma INVIAS 152 son: el diámetro o el lado de la probeta no debe ser inferior a 35mm (1.4”), además la mayor partícula contenida en su interior debe ser como máximo o igual a 1/10 del diámetro o del lado de la probeta. La aplicación del ensayo consiste en colocar la muestra inalterada en una prensa la cual se accionara la carga y se ira tomando la deformación unitaria con una velocidad controlada que estará entre ½% y 2% por minuto. Luego cada 30 segundos se tomara las deformaciones y las cargas aplicadas, hasta que la muestra falle y se obtenga el valor de la compresión inconfiada (qu) para así obtener la cohesión no drenada (Cu) la cual se expresa en la siguiente ecuación⁷ :

⁶ UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. Informe ensayo de compresión simple [en línea]. Bogotá [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://es.slideshare.net/JorgeVizneyChambiMamani/30512569-informeensayodecompresionsimple>>.

⁷ INVIAS. Compresión inconfiada en muestras de suelos [en línea]. Bogotá [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/sites/default/files/Norma%20INV%20E-152-07_0.pdf>.

1.7. METODOLOGÍA

Figura 3. Metodología



Fuente: Autores.

La metodología a realizar se basará en tres principales fases, las cuales contendrán subtemas para realizar paulatinamente, para así garantizar una buena aplicación de los tiempos y ejecución de las siguientes fases:



1.7.1 Fase 1. Organización y Búsqueda de Información.

- Organizar los datos que se obtuvieron en el ensayo SPT que tiene relación con la Cohesión No Drenada (Cu)

Figura 4. Correlaciones a partir del ensayo de penetración estándar spt

		Factor		Variable equipo		Cont.																												
		Relación de energía		Donut Hammer		0.75																												
		Diámetro de la perforación		65 - 115 mm		1.00																												
		Longitud de la barra		Depende de la profundidad		-																												
		Método de muestreo		Estándar		1.00																												
Perforación	USCS	Profundidad (m)			golpes/pla			N ₆₀	NF	Tipo	γ (kN/m ³)	σ _v (kPa)	σ _v ' (kPa)	C _u Seed and Idriss (1982)	C _s	C _a	C _b	C _c	N ₆₀	E _u		E (MPa)												
		Inicio	Fin	Promedio	1	2	3													Stroud (1974) (KPa)	Meyerhof (1956)	Peck, Hanson & Thornburn (1974)	Schmertmann (1975)	Hatanaka & Uchida (1996)	Prom	Anagnostopoulos (1990)	Bowles (1996)							
		44.00																																
PT-ES38-01	CL	2.10	2.55	2.33	3	5	2	5	n.e.	2	20.17	50.74	50.74	1.29	0.75	1.00	0.75	1.00	4	22.00														
	Grava	4.30	4.75	4.53	8	12	16	28	n.e.	5	21.69	88.47	88.47	1.01	0.75	1.00	0.85	1.00	18		32.02	32.33	39.45	38.97	35.7	23.5	17.6							
	Grava	6.90	6.35	6.13	8	19	27	46	n.e.	5	21.69	133.18	133.18	0.98	0.75	1.00	0.85	1.00	29		35.18	35.35	42.15	44.08	39.2	33.1	24.8							
	Grava	7.40	7.85	7.63	45	49	37	>50	n.e.	5	21.69	185.22	185.22	0.78	0.75	1.00	0.85	1.00	29		34.57	34.98	40.19	43.51	38.4	31.6	35.8							
	SC	8.90	8.95	8.73	5	3	6	11	n.e.	4	20.70	198.49	198.49	0.72	0.75	1.00	0.85	1.00	6		26.90	28.88	25.94	30.95	29.2	13.1	7.5							
	SM	10.15	10.60	10.38	6	7	8	13	n.e.	4	20.70	222.54	222.54	0.65	0.75	1.00	1.00	1.00	6		26.90	28.88	24.97	30.95	27.9	13.1	6.6							
SC	10.60	11.05	10.83	4	8	5	11	n.e.	4	20.70	231.95	231.95	0.63	0.75	1.00	1.00	1.00	5		26.40	28.59	23.41	30.00	27.1	11.5	5.4								
SM	11.65	12.10	11.88	21	18	48	>50	n.e.	4	20.70	253.68	253.68	0.59	0.75	1.00	1.00	1.00	22		33.42	33.51	35.08	41.11	35.6	26.7	11.7								
		44.00																																
PT-ES38-02	CL	2.00	2.45	2.23	9	4	5	9	n.e.	2	20.17	48.54	48.54	1.31	0.75	1.00	0.75	1.00	7	39.60														
	CL	2.45	2.90	2.69	3	4	7	11	n.e.	2	20.17	57.81	57.81	1.24	0.75	1.00	0.75	1.00	8	49.40														
	SC	4.90	4.95	4.73	17	15	5	20	n.e.	4	20.70	100.05	100.05	1.01	0.75	1.00	0.85	1.00	13		30.10	30.91	36.29	36.12	33.4	19.7	9.3							
	SM-SC	5.95	6.00	5.78	3	6	8	14	n.e.	4	20.70	121.78	121.78	0.82	0.75	1.00	0.85	1.00	8		27.85	29.47	30.81	32.05	30.2	14.7	7.2							
		33.00																																
PT-ES38-03	SC	1.50	1.95	1.73	4	5	6	11	n.e.	4	20.70	37.86	37.86	1.40	0.75	1.00	0.75	1.00	9		28.34	29.78	37.44	33.42	32.2	15.5	5.0							
	Grava	3.50	4.05	3.83	15	40	48	>50	n.e.	5	21.69	83.21	83.21	1.29	0.75	1.00	0.75	1.00	31		33.53	35.79	43.57	44.74	40.4	33.9	35.6							
	SM-SC	4.95	5.10	4.88	3	4	6	10	n.e.	4	20.70	124.95	124.95	0.98	0.75	1.00	0.85	1.00	6		29.20	28.68	29.20	30.56	29.0	13.1	5.6							
	CL	7.10	7.55	7.33	3	2	5	n.e.	2	20.17	154.36	154.36	0.81	0.75	1.00	0.85	1.00	3	22.00															
Grava	11.90	12.05	11.88	50	R	>50	n.e.																											
		44.00																																
PT-ES38-04	SC	2.00	2.45	2.23	12	10	15	25	n.e.	4	20.70	48.86	48.86	1.31	0.75	1.00	0.75	1.00	16		32.02	32.33	43.07	38.97	35.6	23.5	11.2							
	Grava	3.50	3.95	3.73	20	40	25	>50	n.e.	5	21.69	81.20	81.20	1.10	0.75	1.00	0.75	1.00	31		35.59	35.86	45.80	44.87	40.5	34.7	35.6							
	SM-SC	5.55	6.00	5.78	38	46	49	>50	n.e.	5	21.69	125.67	125.67	0.90	0.75	1.00	0.85	1.00	29		35.13	35.58	42.44	43.97	39.2	32.3	35.6							

MATERIALES		N ₆₀	NF	σ _v	σ _v '	γ	C _s	C _a	C _b	C _c	N ₆₀	Su	φ	E
ymat. 2	2	20.17	Arcilla	Número de golpes	γ	Peso unitario en función de G _s	Su	Resistencia no drenada suelos cohesivos						
ymat. 3	3		Limo	Nivel freático	C _s	Factor de corrección por confinamiento efectivo	φ	Ángulo de fricción interna en función de N ₆₀						
ymat. 4	4	20.70	Arena	Esfuerzo vertical total	N ₆₀	Número de golpes corregido	E	Módulo de elasticidad en función de N ₆₀						
ymat. 5	5	21.69	Grava	Esfuerzo vertical efectivo										
ymat. 6	6		Orgánico											

	ESTUDIOS Y DISEÑOS A PRECIO GLOBAL FIJO SIN REAJUSTES DE LA TRONCAL CARRERA 7 DE CALLE 34 A CALLE 170 Y TRAMO DE LA CALLE 72 DE CARRERA 7 A AV. CARACAS EN BOGOTÁ D. C.	
CUADRO B1-1 ANEXO B	CORRELACIONES A PARTIR DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) ESTACION SENCILLA CALLE 38	INGENIERÍA S.A. - SAMP Ltda. CONSORCIO TRONCAL CARRERA 7 Diciembre de 2007

Fuente: IDU. Correlaciones a partir del ensayo de penetración estándar SPT. [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/38714/9/60015584-03.pdf>>.

- Organización de los datos que aplican para el presente trabajo los cuales van desde la calle 38 y calle 170 teniendo en cuenta algunos Box Culvert que se presentan a lo largo de la vía.
- Encontrar las características que tienen los suelos Cohesivos que se pueden encontrar en libros o en la internet.
- El tipo de suelo según estudios realizados por entidades distritales que se realizaron en la carrera 7 a es el siguiente:

Tabla 1. Perfil estratigráfico promedio

Nivel (m)	Descripción	Característica
0.00 – 3.80	Se encuentra un relleno limo arenoso Carmelito, con escombros	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de finos de 35% - 74%• Porcentaje de Arenas de 19% - 20%• Porcentaje de Gravas de 5% - 46%
3.80 – 8.50	Suelo de arcilla limosa carmelita, con fragmentos de arenisca	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de Limos y Arcillas de 75% - 97%• Porcentaje de Arenas de 4% - 14%• Porcentaje de Gravas de 0% - 11%
8.50 – 13.00	Suelo arena limosa	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de finos 35% - 45%• Porcentaje de Arenas de 40% - 46%• Porcentaje de Gravas de 9% - 25%
13.00 – 15.00	Suelo limo con gravas gruesas y fragmentos de arenisca	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de finos 71%• Porcentaje de Arenas de 27%• Porcentaje de Gravas de 2%
15.00 – 50.00	Suelo con arenisca	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de finos 63%• Porcentaje de Arenas de 26%• Porcentaje de Gravas de 12%

Fuente: IDU. Perfil estratigráfico promedio [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/31922/6/60013158-02.pdf>>.

- Determinar rangos de Cu para establecer zonas donde los Cu son semejantes.
- Buscar autores que relacionen el Ensayo SPT y métodos numéricos para determinar la Cohesión No Drenada (Cu)
- El desarrollo del trabajo de grado se enfocara en 10 autores que determinan la Cohesión No Drenada (Cu).

Figura 5. Fase n° 2 de la metodología.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Sanglerat (1972) [Campo]	Terzaghi & Peck (1967) [Campo]	Hara et al. (1974) [Campo]	Sowers (1979) [Campo]	Nixon (1982) [Campo]	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%]	Stroud (1974) [Campo]	Décourt (1990) [Campo/45%]	Ajayi & Balogun (1988) [Campo]	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%]		
PT-ES38-01	CL	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	13.39	22	62.5	40.73	81.15	14.83
PT-ES38-02	CL	112.5	56.25	141.08	33.75	108	30.15	24.45	39.6	112.5	74.42	86.71	27.10
	CL	137.5	68.75	163.00	41.25	132	36.85	28.19	48.4	137.5	85.77	89.49	31.23
PT-ES38-03	CL	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	10.48	22	62.5	31.88	81.15	11.61
PT-ES45-01	CL	512.5	256.25	420.34	153.75	492	137.35	92.91	180.4	512.5	282.73	131.19	102.96
	CL	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	113.90	220	625	346.61	143.7	126.22
	CL	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	90.16	220	625	274.35	143.7	99.90
PT-ES45-02	CL	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	113.57	220	625	345.61	143.7	125.85
	CL	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	104.46	220	625	317.87	143.7	115.75
PT-ES45-03	CL	175	87.5	193.91	52.5	168	46.9	37.41	61.6	175	113.84	93.66	41.45
	CL	262.5	131.25	259.65	78.75	252	70.35	50.74	92.4	262.5	154.40	103.39	56.23
	CL	400	200	351.65	120	384	107.2	72.80	140.8	400	221.54	118.68	80.67
	CL	375	187.5	335.68	112.5	360	100.5	58.97	132	375	179.45	115.9	65.35
	CL	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	82.37	220	625	250.65	143.7	91.28
PT-ES45-04	CL	312.5	156.25	294.38	93.75	300	83.75	89.07	110	312.5	271.05	108.95	98.70
PT-ES53-01	CL	262.5	131.25	259.65	78.75	252	70.35	49.43	92.4	262.5	150.41	103.39	54.77
	CL	225	112.5	232.38	67.5	216	60.3	32.25	79.2	225	98.13	99.22	35.73
	CL	212.5	106.25	223.01	63.75	204	56.95	28.80	74.8	212.5	87.65	97.83	31.92
PT-ES53-02	CH	62.5	31.25	92.40	18.75	60	24.25	20.44	22	62.5	44.96	81.15	16.37
PT-ES53-03	CL	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	136.72	220	625	416.02	143.7	151.50
	CL	150	75	173.54	45	144	40.2	27.17	52.8	150	82.68	90.88	30.11
PT-ES53-04	CL	212.5	106.25	223.01	63.75	204	56.95	59.91	74.8	212.5	182.29	97.83	66.38
	CL	87.5	43.75	117.72	26.25	84	23.45	19.39	30.8	87.5	58.99	83.93	21.48
PT-ES53-05	CH	75	37.5	105.36	26.25	72	29.1	22.26	26.4	75	48.96	82.54	17.83
	CL	237.5	118.75	241.60	71.25	228	63.65	35.53	83.6	237.5	108.12	100.61	39.37
	CL	175	87.5	193.91	52.5	168	46.9	23.55	61.6	175	71.66	93.66	26.10
PT-ES53-07	CL	50	25	78.68	15	48	13.4	10.12	17.6	50	30.79	79.76	11.21
	CL	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	11.60	22	62.5	35.31	81.15	12.86
	CL	100	50	129.61	30	96	26.8	15.21	35.2	100	46.28	85.32	16.85
	CL	100	50	129.61	30	96	26.8	14.46	35.2	100	44.01	85.32	16.03
PT-ES53-08	CL	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	13.06	22	62.5	39.74	81.15	14.47

Fuente: Autores.

1.7.2 Fase 2. Realización de Cálculos y Estimación de Valores Para el Cu

- Con los métodos consultados aplicarlos y determinar el valor Cu
- Estimar los valores que se calcularon para así establecer las variables que influye en el suelo.

1.7.3 Fase 3. Comparación de Valores y Conclusiones.

- Realizados los cálculos se compara los datos de cada zona para luego saber su diferencia porcentual
- Determinar con cada uno de los que autores consultados que resultado es el más próximo al obtenido en campo
- Concluir si los métodos consultados se pueden utilizar para este estudio o si hay diferentes autores pueden aplicar para diferentes zonas.

2. DESARROLLO

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

En muchas de las perforaciones que se realizaron para el estudio geotécnico, el tipo de suelo o suelos que se encuentran entre una perforación y otra, presentan una clasificación similar. Por lo cual estos suelos con características similares se convocaron en varios grupos de la siguiente manera.

La primera clasificación se propuso de la siguiente forma:

- Suelo 1. Arcilla Con rastros/trazas de arena fina/ Arcilla Arenosa
- Suelo 2. Arena y fragmentos de arenisca
- Suelo 3. Arcilla Limosa con rastros de arena
- Suelo 4. Arena fina limosa
- Suelo 5. Limo arcilloso
- Suelo 6. Arena Arcillosa con Gravas o Arcilla Arenosa con Gravas
- Suelo 7. Arcilla con gravas
- Suelo 8. Arena con grava
- Suelo 9. Arcilla Orgánica con rastros de arena
- Suelo 10. Arena limo arcillosa
- Suelo 11. Limo arenoso / con gravas

Se determinó que algunos de los suelos se podían combinar y tener un conjunto de suelos más pequeños, ya que presentan características similares y de esta manera finalmente el grupo de suelos quedó así.

- Suelo 1. Arcilla Con rastros/trazas de arena fina Arcilla Arenosa / Arcilla Limosa con rastros de arena /Arcilla Orgánica con rastros de arena.
- Suelo 2. Arena fina limosa/ Arena limo arcillosa.
- Suelo 3. Limo arcilloso.
- Suelo 4. Arena Arcillosa con Gravas o Arcilla Arenosa con Gravas/ Arcilla con gravas.
- Suelo 5. Limo arenoso / con gravas

Esta agrupación facilita el análisis de los datos y ayuda a establecer alguna relación (si la hay) entre el tipo de suelo y la mejor metodología propuesta para determinar su C_u en campo.

2.2 AJUSTE DE RELACIONES

Como se mencionó antes las relaciones propuestas para determinar el C_u a partir del número de golpes del ensayo SPT, fueron desarrolladas en suelos, con equipos y métodos distintos a los que se emplean o se pueden encontrar en Colombia por lo

cual es necesario hacer una corrección para que estas relaciones se ajusten a la condiciones de Colombia. Los procesos y equipos empleados en Colombia para realizar el ensayo SPT solo logran conseguir una transmisión de energía del martillo de un 45% (N45), las relaciones que se proponen, en su mayoría emplean el número de golpes con una transmisión de energía del 60% (N60).

El ajuste se realizó con base en la investigación que se expone en el artículo *análisis de las correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos del piedemonte de los cerros orientales de Bogotá a partir de ensayos in situ*.

Figura 6. Ajuste de correlaciones empleadas.

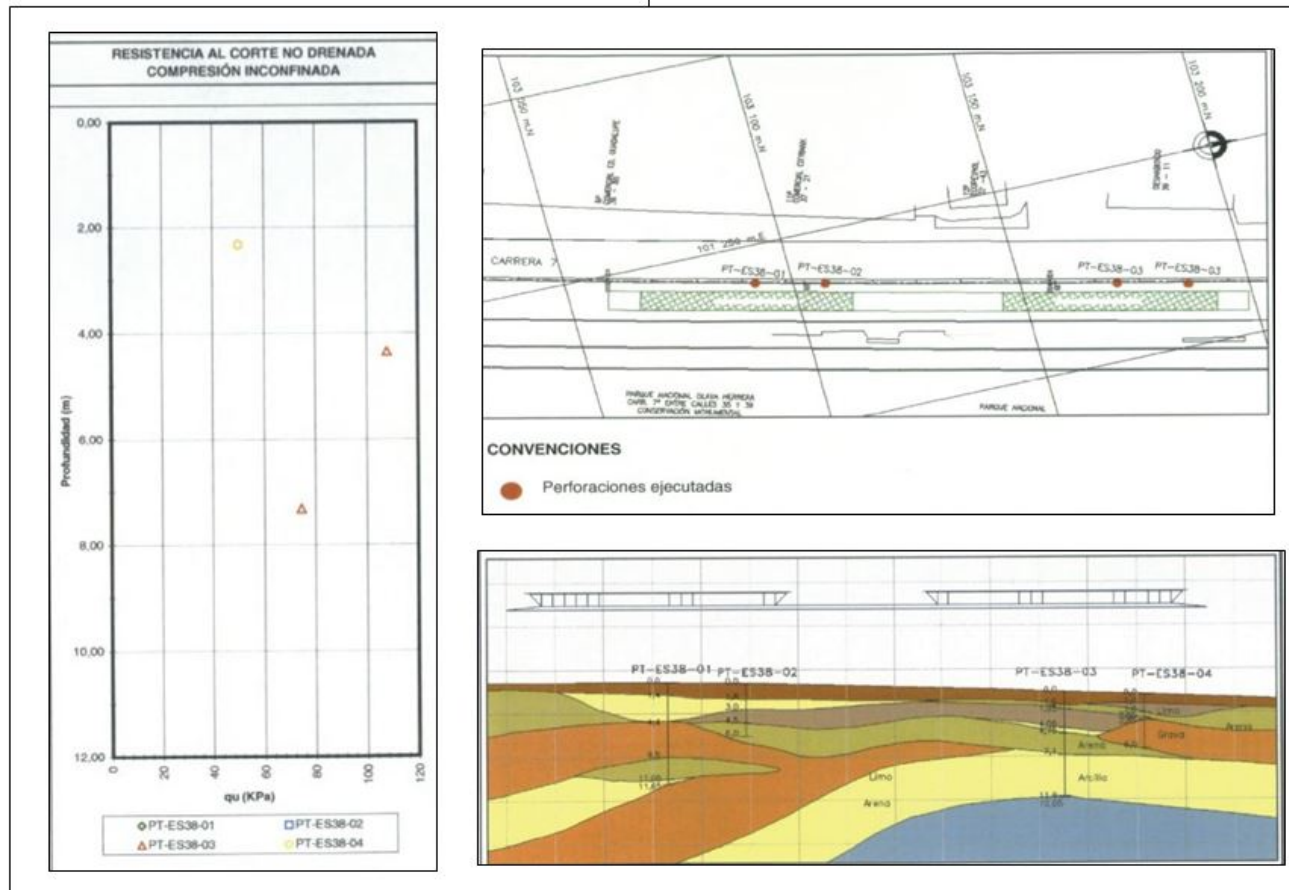
AUTOR	ABREVIATURA	TIPO DE SUELOS	Su (Kpa) [Campo]	ECU. AL 60%	ECU. AL 45%
Sanglerat (1972)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	12.5 N		
Terzaghi & Peck (1967)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	6.25 N		
Hara et al. (1974)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	29 N ^{0.72}		
Sowers (1979)	CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media	12.5 N		
	CL	Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	3.75 N		
Nixon (1982)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	12 N		
Sivrikaya & Toğrol (2002)	CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media	4.85 N	6.82 N	5.119 N
	CL	Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	3.35 N	4.93 N	3.700 N
Stroud (1974)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	4.4 N		
Décourt (1990)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	12.5 N	15 N	11.259 N
Ajayi & Balogun (1988)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	1.39N+74.2		
Hettiarachchi & Brown (2009)	CL/CH	Arcillas no orgánicas de plasticidad pequeña y media / Arcillas no orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.		4.1 N	3.077 N

Fuente: Autores.

2.3. ESTACIONES

2.3.1 Estación PT-ES38.

Figura 7. Esquema de perforación y perfil calle 38.



Fuente: Autores.

Tabla 2. Datos de perforación calle 38.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES38-01	CL	2.33	5	20.17	50.74	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.29	3.62
PT-ES38-02	CL	2.23	9	20.17	48.54	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.31	6.61
	CL	2.69	11	20.17	57.61	0.6	0.75	1.00	0.75	1.00	1.23	7.62
PT-ES38-03	CL	7.33	5	20.17	157.36	1.6	0.75	1.00	0.95	1.00	0.79	2.83

Fuente: Autores.

Tabla 3. Relaciones de cohesión no drenada calle 38.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+142	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES38-01	2.33	79	39.5	5	3.62	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	13.39	22	62.5	40.73	81.15	14.83
PT-ES38-02	2.23	79	39.5	9	6.61	112.5	56.25	141.08	33.75	108	30.15	24.45	39.6	112.5	74.42	86.71	27.10
	2.69	79	39.5	11	7.62	137.5	68.75	163.00	41.25	132	36.85	28.19	48.4	137.5	85.77	89.49	31.23
PT-ES38-03	7.33	75	37.5	5	2.83	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	10.48	22	62.5	31.88	81.15	11.61

Fuente: Autores.

Tabla 4. Error porcentual de relaciones con los obtenidos del laboratorio calle 38.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)(m)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES38-01	2.33	58%	21%	134%	53%	52%	58%	66%	44%	58%	3%	105%	62%
PT-ES38-02	2.23	185%	42%	257%	15%	173%	24%	38%	0%	185%	88%	120%	31%
	2.69	248%	74%	313%	4%	234%	7%	29%	23%	248%	117%	127%	21%
PT-ES38-03	7.33	67%	17%	146%	50%	60%	55%	72%	41%	67%	15%	116%	69%

Fuente: Autores.

2.3.2 Estación PT-BOX39.

Tabla 5. Datos de perforación box calle 39.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-BOX39-01	CL	9.93	>50	22.95	161.53	1.65	0.75	1.00	0.95	1.00	0.8	50.00

Fuente: Autores.

Tabla 6. Relaciones de cohesión no drenada box calle 39

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+7.42	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (kpa)	qu/2 (kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (kpa)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (kpa)	Sowers (1979) [Campo] (kpa)	Nixon (1982) [Campo] (kpa)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (kpa)	Stroud (1974) [Campo] (kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (kpa)	Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (kpa)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (kpa)		
PT-BOX39-01	9.93	219	110	50	50	625.0	312.5	484.9	187.5	600.0	167.5	185.0	220.0	625.0	563.0	143.7	205.0

Fuente: Autores.

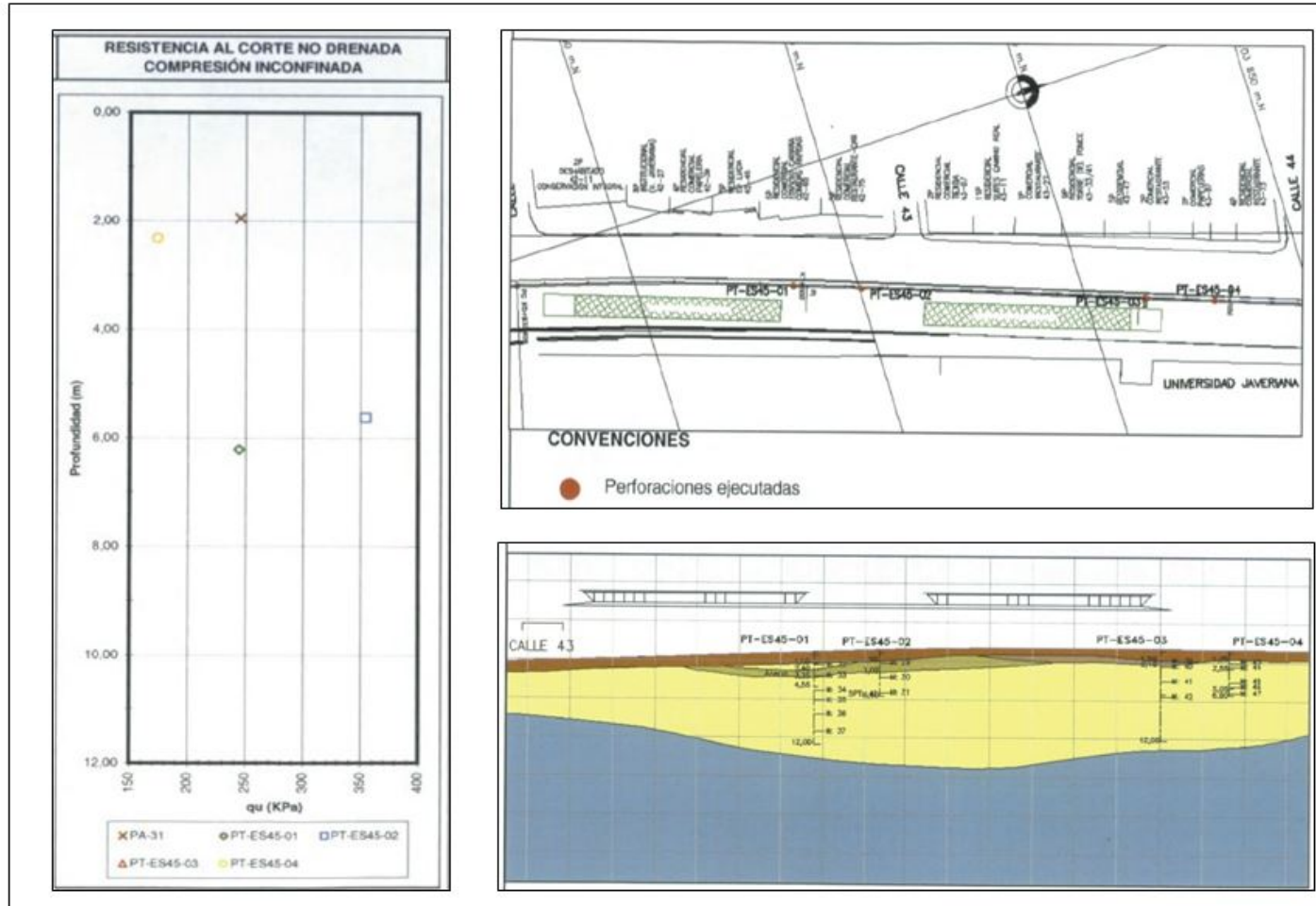
Tabla 7. Error porcentual de relaciones con los obtenidos del laboratorio box calle 39.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
<i>Calle Y Perforación</i>	<i>Profundidad (Promedio)</i>	<i>Sanglerat (1972) [Campo] (%)</i>	<i>Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (%)</i>	<i>Hara et al. (1974) [Campo] (%)</i>	<i>Sowers (1979) [Campo] (%)</i>	<i>Nixon (1982) [Campo] (%)</i>	<i>Sivrikaya & Tođroi (2002) [Campo/45%] (%)</i>		<i>Stroud (1974) [Campo] (%)</i>	<i>Décourt (1990) [Campo/45%] (%)</i>		<i>Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (%)</i>	<i>Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (%)</i>
PT-BOX39-01	9.93	471%	185%	343%	71%	448%	53%	69%	101%	471%	414%	31%	87%

Fuente: Autores.

2.3.3 Estación PT-ES45.

Figura 8. Esquema de perforación y perfil calle 45.



Fuente: Autores.

Tabla 8. Datos de perforación calle 45.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES45-01	CL	5.03	41	21.4	107.38	1.1	0.75	1.00	0.85	1.00	0.96	25.11
	CL	6.28	>50	21.4	134.13	1.4	0.75	1.00	0.95	1.00	0.86	30.79
	CL	10.28	>50	21.4	219.73	2.2	0.75	1.00	1.00	1.00	0.65	24.37
PT-ES45-02	CL	3.68	>50	21.4	79.48	0.8	0.75	1.00	0.75	1.00	1.09	30.70
	CL	5.93	>50	21.4	127.63	1.3	0.75	1.00	0.85	1.00	0.89	28.23
PT-ES45-03	CL	2.33	14	21.4	51.02	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.28	10.11
	CL	4.28	21	21.4	92.75	0.9	0.75	1.00	0.85	1.00	1.02	13.71
	CL	5.23	32	21.4	134.48	1.4	0.75	1.00	0.95	1.00	0.86	19.68
	CL	8.18	30	21.4	176.21	1.8	0.75	1.00	0.95	1.00	0.75	15.94
	CL	11.63	>50	21.4	250.04	2.5	0.75	1.00	1.00	1.00	0.59	22.26
PT-ES45-04	CL	2.33	25	21.4	51.02	0.5	0.75	1.00	1.00	1.00	1.28	24.07

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times CN_{\text{Gonzales}}$$

$$*CN_{\text{Gonzales}} =$$

Fuente: Autores.

Tabla 9. Relaciones de cohesión no drenada calle 45.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5°N	6.25°N	29°N ^{0.72}	12.5°N	3.75°N	12°N	5.19°N	3.700°N	4.4°N	11.259°N	1.39N+14.2	3.077°N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qui2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES45-01	5.03	299	150	41	25.11	512.5	256.25	420.34	153.75	492	137.4	92.91	180.4	512.5	282.73	131.19	102.96
	6.28	299	150	50	30.79	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	113.9	220	625	346.61	143.7	126.22
	10.28	299	150	50	24.37	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	90.16	220	625	274.35	143.7	99.90
PT-ES45-02	3.68	299	150	50	30.70	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	113.6	220	625	346.61	143.7	125.85
	5.93	299	150	50	28.23	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	104.5	220	625	317.87	143.7	115.75
PT-ES45-03	2.33	150	75	14	10.11	175	87.5	193.91	52.5	168	46.9	37.41	61.6	175	113.84	93.66	41.45
	4.28	299	150	21	13.71	262.5	131.25	259.65	78.75	252	70.35	50.74	92.4	262.5	154.40	103.39	56.23
	5.23	299	150	32	19.68	400	200	351.65	120	384	107.2	72.80	140.8	400	221.54	118.68	80.67
	8.18	299	150	30	15.94	375	187.5	335.68	112.5	360	100.5	58.97	132	375	179.45	115.9	65.35
	11.63	299	150	50	22.26	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	82.37	220	625	250.65	143.7	91.28
PT-ES45-04	2.33	150	75	25	24.07	312.5	156.25	294.38	93.75	300	83.75	89.07	110	312.5	271.05	108.95	98.70

Fuente: Autores.

Tabla 10. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 45.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES45-01	5.03	243%	71%	181%	3%	229%	8%	38%	21%	243%	89%	12%	31%
	6.28	318%	109%	224%	25%	301%	12%	24%	47%	318%	132%	4%	16%
	10.28	318%	109%	224%	25%	301%	12%	40%	47%	318%	84%	4%	33%
PT-ES45-02	3.68	318%	109%	224%	25%	301%	12%	24%	47%	318%	131%	4%	16%
	5.93	318%	109%	224%	25%	301%	12%	30%	47%	318%	113%	4%	23%
PT-ES45-03	2.33	133%	17%	159%	30%	124%	37%	50%	18%	133%	52%	25%	45%
	4.28	76%	12%	74%	47%	69%	53%	66%	38%	76%	3%	31%	62%
	5.23	168%	34%	135%	20%	157%	28%	51%	6%	168%	48%	21%	46%
	8.18	151%	25%	125%	25%	141%	33%	61%	12%	151%	20%	22%	56%
	11.63	318%	109%	224%	25%	301%	12%	45%	47%	318%	68%	4%	39%
PT-ES45-04	2.33	317%	108%	293%	25%	300%	12%	19%	47%	317%	261%	45%	32%

Fuente: Autores.

Tabla 11. Datos de Perforación Calle 53.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES53-01	CL	4.83	21	19.11	98.58	1.0	0.75	1.00	0.85	1.00	1.00	13.36
	CL	9.98	18	19.11	205.15	2.1	0.75	1.00	0.95	1.00	0.68	8.72
	CL	11.83	17	19.11	240.5	2.5	0.75	1.00	1.00	1.00	0.61	7.78
PT-ES53-02	CH	1.73	5	19.11	37.3	0.4	0.75	1.00	0.75	1.00	1.42	3.99
PT-ES53-03	CL	2.18	>50	19.11	47.63	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.31	36.95
	CL	3.88	12	19.11	80.11	0.8	0.75	1.00	0.75	1.00	1.09	7.34
PT-ES53-04	CL	2.43	17	19.11	52.7	0.5	0.75	1.00	1.00	1.00	1.27	16.19
	CL	4.83	7	19.11	98.55	1.0	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	5.24
PT-ES53-05	CH	2.33	6	19.11	50.5	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.29	4.35
	CL	10.03	19	19.11	207.87	2.1	0.75	1.00	1.00	1.00	0.67	9.60
	CL	11.83	14	19.11	242.94	2.5	0.75	1.00	1.00	1.00	0.61	6.36
PT-ES53-07	CL	4.28	4	19.11	83.06	0.8	0.75	1.00	0.85	1.00	1.07	2.73
	CL	6.83	5	19.11	129.24	1.3	0.75	1.00	0.95	1.00	0.88	3.14
	CL	10.88	8	19.11	202.57	2.1	0.75	1.00	1.00	1.00	0.69	4.11
	CL	11.78	8	19.11	218.86	2.2	0.75	1.00	1.00	1.00	0.65	3.91
PT-ES53-08	CL	5.78	5	1.1	112.33	1.1	0.75	1.00	1.00	1.00	0.94	3.53

*N(45)=(N)Campo x R1 x R2 x R3 x R4 x CN Gonzales

*CN Gonzales =

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 12. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 53.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.239*N	1.39N+7.12	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES53-01	4.83	451	226	21	13.36	262.5	131.25	259.65	78.75	252	70.35	49.43	92.4	262.5	150.41	103.39	54.77
PT-ES53-02	1.73	216	108	5	3.99	62.5	31.25	92.40	62.5	60	24.25	20.44	22	62.5	44.96	81.15	16.37
PT-ES53-03	2.18	216	108	50	36.95	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	136.7	220	625	416.02	143.7	151.50
	3.88	451	226	12	7.34	150	75	173.54	45	144	40.2	27.17	52.8	150	82.68	90.88	30.11
PT-ES53-04	2.43	216	108	17	16.19	212.5	106.25	223.01	63.75	204	56.95	59.91	74.8	212.5	182.29	97.83	66.38
	4.83	451	226	7	5.24	87.5	43.75	117.72	26.25	84	23.45	19.39	30.8	87.5	58.99	83.93	21.48
PT-ES53-05	2.33	216	108	6	4.35	75	37.5	105.36	75	72	29.1	22.26	26.4	75	48.96	82.54	17.83
PT-ES53-07	4.28	451	226	4	2.73	50	25	78.68	15	48	13.4	10.12	17.6	50	30.79	79.76	11.21
	6.83	451	226	5	3.14	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	11.60	22	62.5	35.31	81.15	12.86
PT-ES53-08	5.78	451	226	5	3.53	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	13.06	22	62.5	39.74	81.15	14.47

Fuente: Autores.

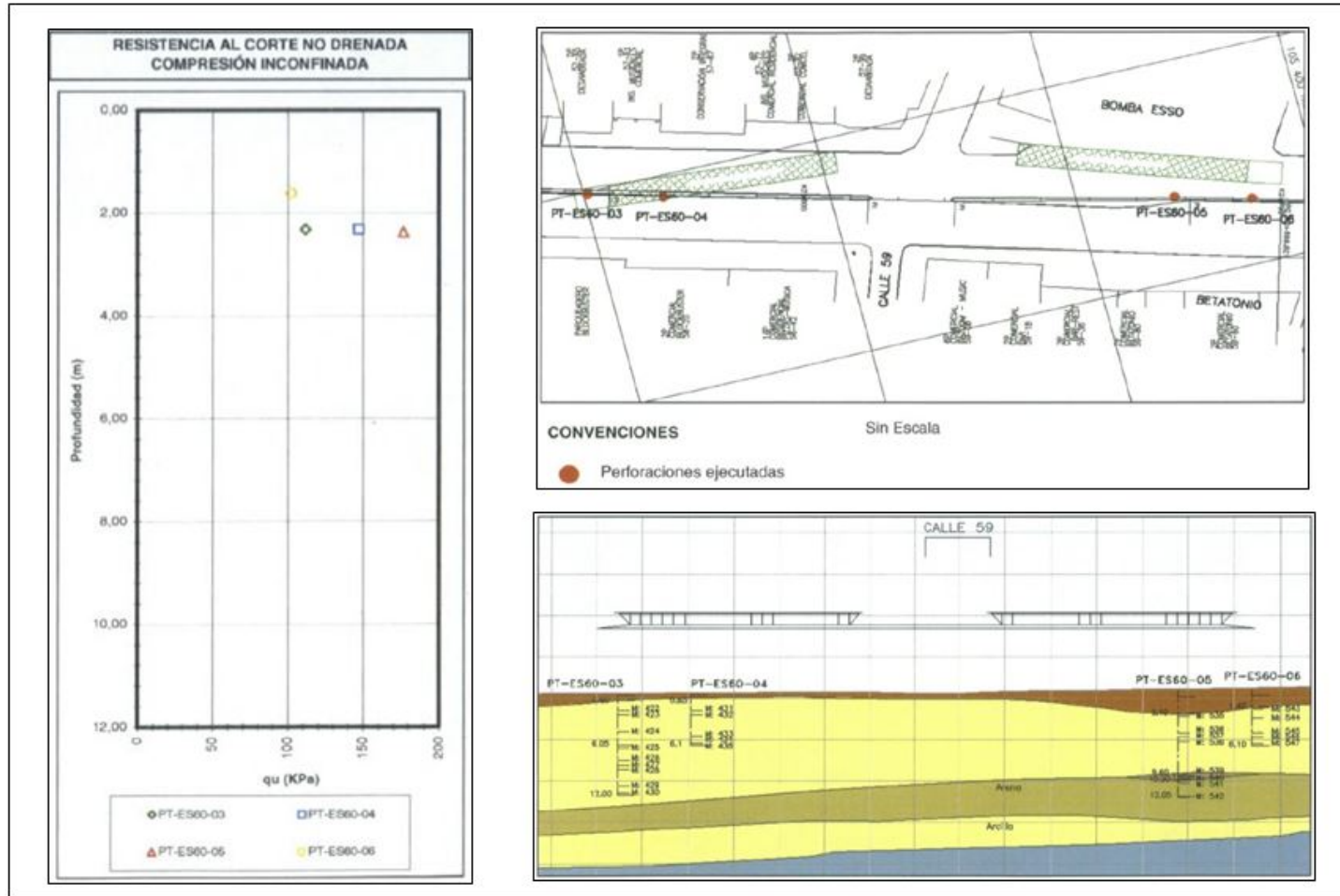
Tabla 13. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 53.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES53-01	4.83	16%	42%	15%	65%	12%	69%	78%	59%	16%	33%	54%	76%
PT-ES53-02	1.73	42%	71%	14%	42%	44%	78%	81%	80%	42%	58%	25%	85%
PT-ES53-03	2.18	479%	189%	349%	74%	456%	55%	27%	104%	479%	285%	33%	40%
	3.88	33%	67%	23%	80%	36%	82%	88%	77%	33%	63%	60%	87%
PT-ES53-04	2.43	97%	2%	106%	41%	89%	47%	45%	31%	97%	69%	9%	39%
	4.83	61%	81%	48%	88%	63%	90%	91%	86%	61%	74%	63%	90%
PT-ES53-05	2.33	31%	65%	2%	31%	33%	73%	79%	76%	31%	55%	24%	83%
PT-ES53-07	4.28	78%	89%	65%	93%	79%	94%	96%	92%	78%	86%	64.6%	95%
	6.83	72%	86%	59%	92%	73%	93%	95%	90%	72%	84%	64%	94%
PT-ES53-08	5.78	72%	86%	59%	92%	73%	93%	94%	90%	72%	82%	64%	94%

Fuente: Autores.

2.3.5 Estación PT-ES60.

Figura 10. Esquema de Perforación y Perfil Calle 60.



Fuente: Autores.

Tabla 14. Datos de Perforación Calle 60.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES60-01	CH	2.73	20	17.84	56.79	0.6	0.75	1.00	0.75	1.00	1.24	13.92
	CL	5.13	13	17.84	97.2	1.0	0.75	1.00	0.85	1.00	1.00	8.32
	CL	7.68	16	17.84	140.13	1.4	0.75	1.00	0.95	1.00	0.85	9.63
PT-ES60-02	CL	2.18	>50	17.84	45.54	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.33	37.50
	CL	5.23	>50	17.84	96.89	1.0	0.75	1.00	0.85	1.00	1.01	32.05
PT-ES60-03	CH	2.33	9	17.84	49.39	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.30	6.57
	CL	4.33	5	17.84	83.06	0.8	0.75	1.00	0.85	1.00	1.07	3.42
PT-ES60-04	CL	2.33	9	17.84	48.89	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.30	6.59
	CL	5.43	3	17.84	101.08	1.0	0.75	1.00	0.85	1.00	0.99	1.89
	CL	5.88	4	17.84	108.86	1.1	0.75	1.00	0.85	1.00	0.95	2.43
PT-ES60-05	CL	2.33	4	17.84	50.21	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.29	2.90
	CL	5.48	5	17.84	106.4	1.1	0.75	1.00	0.85	1.00	0.96	3.08
PT-ES60-06	CL	1.63	13	17.84	34.81	0.4	0.75	1.00	1.00	1.00	1.45	14.14
	CL	2.73	13	17.84	54.43	0.6	0.75	1.00	1.00	1.00	1.26	12.24
	CL	5.03	7	17.84	95.46	1.0	0.75	1.00	1.00	1.00	1.01	5.31
PT-ES60-07	CL	2.33	11	17.84	48.89	0.5	0.75	1.00	1.00	1.00	1.30	10.75
	CL	4.83	10	17.84	90.98	0.9	0.75	1.00	1.00	1.00	1.03	7.75
PT-ES60-08	CL	1.73	5	17.84	37.01	0.4	0.75	1.00	1.00	1.00	1.42	5.34
	CL	4.88	1	17.84	93.2	1.0	0.75	1.00	1.00	1.00	1.02	0.77

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times CN_{\text{Gonzales}}$$

$$*CN_{\text{Gonzales}} =$$

Fuente: Autores.

Tabla 15. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 60.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+74.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES60-01	2.73	134	67	20	13.92	250	125	250.69	250	240	97	71.26	88	250	156.73	102	57.07
	5.13	134	67	13	8.32	162.5	81.25	183.84	48.75	156	43.55	30.79	57.2	162.5	93.68	92.27	34.11
	7.68	134	67	16	9.63	200	100	213.48	60	192	53.6	35.65	70.4	200	108.48	96.44	39.50
PT-ES60-02	2.18	134	67	50	37.50	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	138.7	220	625	422.19	143.7	153.74
	5.23	134	67	50	32.05	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	118.6	220	625	360.82	143.7	131.39
PT-ES60-03	2.33	134	67	9	6.57	112.5	56.25	141.08	112.5	108	43.65	33.64	39.6	112.5	73.99	86.71	26.94
	4.33	134	67	5	3.42	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	12.65	22	62.5	38.48	81.15	14.01
PT-ES60-04	2.33	134	67	9	6.59	112.5	56.25	141.08	33.75	108	30.15	24.40	39.6	112.5	74.24	86.71	27.03
	5.43	134	67	3	1.89	37.5	18.75	63.96	11.25	36	10.05	6.98	13.2	37.5	21.25	78.37	7.74
	5.88	134	67	4	2.43	50	25	78.68	15	48	13.4	9.01	17.6	50	27.41	79.76	9.98
PT-ES60-05	2.33	134	67	4	2.90	50	25	78.68	15	48	13.4	10.75	17.6	50	32.70	79.76	11.91
	5.48	134	67	5	3.08	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	11.38	22	62.5	34.62	81.15	12.61
PT-ES60-06	1.63	134	67	13	14.14	162.5	81.25	183.84	48.75	156	43.55	52.31	57.2	162.5	159.17	92.27	57.96
	2.73	134	67	13	12.24	162.5	81.25	183.84	48.75	156	43.55	45.30	57.2	162.5	137.86	92.27	50.20
	5.03	134	67	7	5.31	87.5	43.75	117.72	26.25	84	23.45	19.66	30.8	87.5	59.81	83.93	21.78
PT-ES60-07	2.33	134	67	11	10.75	137.5	68.75	163.00	41.25	132	36.85	39.76	48.4	137.5	120.98	89.49	44.06
	4.83	134	67	10	7.75	125	62.5	152.19	37.5	120	33.5	28.66	44	125	87.21	88.1	31.76
PT-ES60-08	1.73	134	67	5	5.34	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	19.75	22	62.5	60.10	81.15	21.88
	4.88	134	67	1	0.77	12.5	6.25	29.00	3.75	12	3.35	2.84	4.4	12.5	8.63	75.59	3.14

Fuente: Autores.

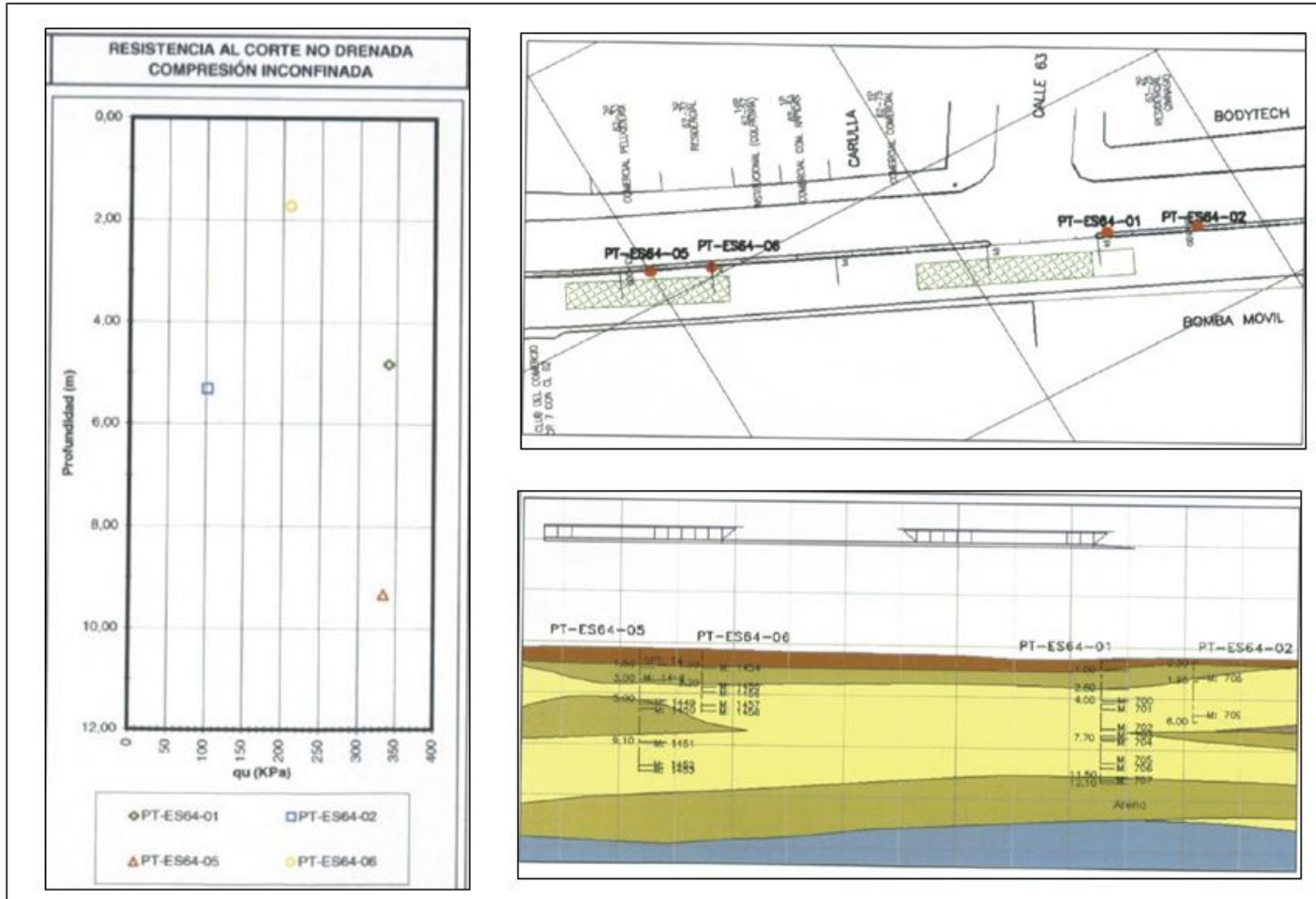
Tabla 16. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 60.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES60-01	2.73	273%	87%	274%	273%	258%	45%	6%	31%	273%	134%	52%	15%
	5.13	143%	21%	174%	27%	133%	35%	54%	15%	143%	40%	38%	49%
	7.68	199%	49%	219%	10%	187%	20%	47%	5%	199%	62%	44%	41%
PT-ES60-02	2.18	833%	366%	624%	180%	796%	150%	107%	228%	833%	530%	114%	129%
	5.23	833%	366%	624%	180%	796%	150%	77%	228%	833%	439%	114%	96%
PT-ES60-03	2.33	68%	16%	111%	68%	61%	35%	50%	41%	68%	10%	29%	60%
	4.33	6.72%	53%	38%	72%	10%	75%	81%	67%	6.72%	43%	21%	79%
PT-ES60-04	2.33	68%	16%	111%	50%	61%	55%	64%	41%	68%	11%	29%	60%
	5.43	44%	72%	5%	83%	46%	85%	90%	80%	44%	68%	17%	88%
	5.88	25%	63%	17%	78%	28%	80%	87%	74%	25%	59%	19%	85%
PT-ES60-05	2.33	25%	63%	17%	78%	28%	80%	84%	74%	25%	51%	19%	82%
	5.48	6.72%	53%	38%	72%	10%	75%	83%	67%	6.72%	48%	21%	81%
PT-ES60-06	1.63	143%	21%	174%	27%	133%	35%	22%	15%	143%	138%	38%	13%
	2.73	143%	21%	174%	27%	133%	35%	32%	15%	143%	106%	38%	25%
	5.03	31%	35%	76%	61%	25%	65%	71%	54%	31%	11%	25%	67%
PT-ES60-07	2.33	105%	3%	143%	38%	97%	45%	41%	28%	105%	81%	34%	34%
	4.83	87%	7%	127%	44%	79%	50%	57%	34%	87%	30%	31%	53%
PT-ES60-08	1.73	6.72%	53%	38%	72%	10%	75%	71%	67%	6.72%	10%	21%	67%
	4.88	81%	91%	57%	94%	82%	95%	96%	93%	81%	87%	13%	95%

Fuente: Autores.

2.3.6 Estación PT-ES64.

Figura 11. Esquema de Perforación y Perfil Calle 64.



Fuente: Autores.

Tabla 17. Datos de Perforación Calle 64.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES64-01	CH	4.83	6	19.45	72.76	0.7	0.75	1.00	0.85	1.00	1.13	4.32
	CL	7.93	8	19.45	133.05	1.4	0.75	1.00	0.95	1.00	0.87	4.95
	CL	10.63	15	19.45	185.56	1.9	0.75	1.00	1.00	1.00	0.72	8.14
PT-ES64-02	CL	5.33	8	19.45	107.77	1.1	0.75	1.00	0.85	1.00	0.96	4.89
PT-ES64-03	CL	1.73	18	19.45	37.38	0.4	0.75	1.00	0.75	1.00	1.42	14.37
	CL	5.03	4	19.45	101.56	1.0	0.75	1.00	0.85	1.00	0.98	2.51
	CL	8.18	2	19.45	162.82	1.7	0.75	1.00	0.95	1.00	0.78	1.11
	CL	8.63	5	19.45	171.57	1.7	0.75	1.00	1.00	1.00	0.76	2.84
PT-ES64-04	CL	4.23	16	19.45	86.38	0.9	0.75	1.00	0.85	1.00	1.06	10.76
	CH	5.83	7	19.45	117.49	1.2	0.75	1.00	0.85	1.00	0.92	4.11
PT-ES64-05	CL	9.33	16	19.45	192.46	2.0	0.75	1.00	0.95	1.00	0.71	8.06
	CL	11.43	33	19.45	233.3	2.4	0.75	1.00	1.00	1.00	0.62	15.44
	CL	11.88	29	19.45	242.06	2.5	0.75	1.00	1.00	1.00	0.61	13.22
PT-ES64-06	CL	4.03	9	19.45	82.49	0.8	0.75	1.00	0.85	1.00	1.08	6.17

*N(45)=(N) Campo x R1 x R2 x R3 x R4 x CN Gonzales

*CN Gonzales =

Fuente: Autores.

Tabla 18. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 64.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+14.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES64-01	4.83	258	129	6	4.32	75	37.5	105.36	75	72	29.1	22.12	26.4	75	48.65	82.54	17.72
	7.93	258	129	8	4.95	100	50	129.61	30	96	26.8	18.30	35.2	100	55.68	85.32	20.28
	10.63	258	129	15	8.14	187.5	93.75	203.79	56.25	180	50.25	30.10	66	187.5	91.60	95.05	33.36
PT-ES64-02	5.33	258	129	8	4.89	100	50	129.61	30	96	26.8	18.10	35.2	100	55.08	85.32	20.06
PT-ES64-03	1.73	210	105	18	14.37	225	112.5	232.38	67.5	216	60.3	53.16	79.2	225	161.77	99.22	58.91
	5.03	258	129	4	2.51	50	25	78.68	15	48	13.4	9.29	17.6	50	28.28	79.76	10.30
	8.18	258	129	2	1.11	25	12.5	47.77	7.5	24	6.7	4.11	8.8	25	12.51	76.98	4.56
	8.63	258	129	5	2.84	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	10.51	22	62.5	31.97	81.15	11.64
PT-ES64-04	4.23	258	129	16	10.76	200	100	213.48	60	192	53.6	39.83	70.4	200	121.19	96.44	44.13
	5.83	258	129	7	4.11	87.5	43.75	117.72	87.5	84	33.95	21.05	30.8	87.5	46.31	83.93	16.86
PT-ES64-05	9.33	258	129	16	8.06	200	100	213.48	60	192	53.6	29.84	70.4	200	90.79	96.44	33.06
	11.43	258	129	33	15.44	412.5	206.25	359.52	123.75	396	110.6	57.12	145.2	412.5	173.82	120.07	63.30
	11.88	258	129	29	13.22	362.5	181.25	327.59	108.75	348	97.15	48.91	127.6	362.5	148.83	114.51	54.20
PT-ES64-06	4.03	258	129	9	6.17	112.5	56.25	141.08	33.75	108	30.15	22.83	39.6	112.5	69.46	86.71	25.29

Fuente: Autores.

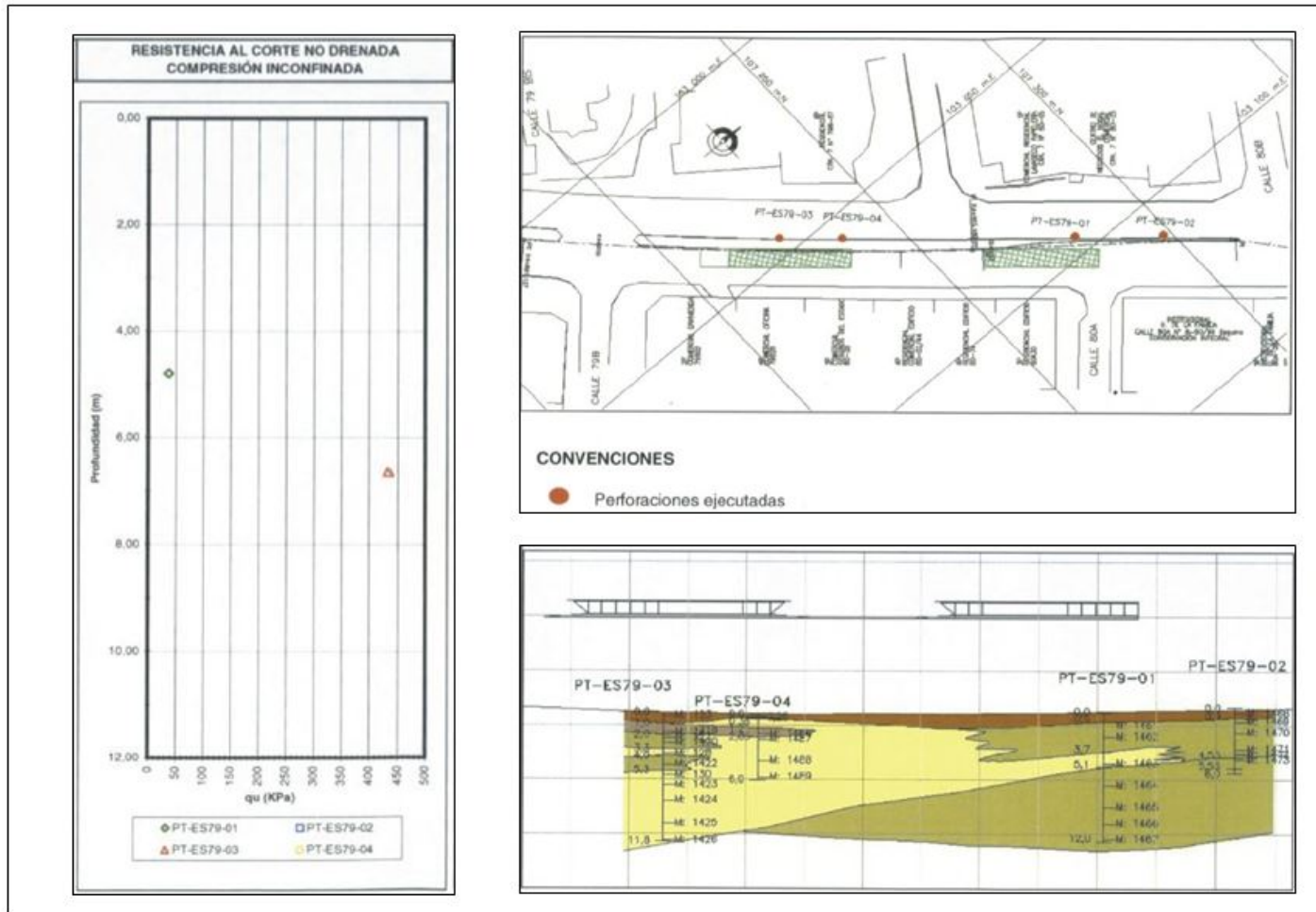
Tabla 19. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 64.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES64-01	4.83	42%	71%	18%	42%	44%	77%	83%	80%	42%	62%	36%	86%
	7.93	22%	61%	0%	77%	26%	79%	86%	73%	22%	57%	34%	84%
	10.63	45%	27%	58%	56%	40%	61%	77%	49%	45%	29%	26%	74%
PT-ES64-02	5.33	22%	61%	0%	77%	26%	79%	86%	73%	22%	57%	34%	84%
PT-ES64-03	1.73	114%	7%	121%	36%	106%	43%	49%	25%	114%	54%	6%	44%
	5.03	61%	81%	39%	88%	63%	90%	93%	86%	61%	78%	38%	92%
	8.18	81%	90%	63%	94%	81%	95%	97%	93%	81%	90%	40%	96%
	8.63	52%	76%	28%	85%	53%	87%	92%	83%	52%	75%	37%	91%
PT-ES64-04	4.23	55%	22%	65%	53%	49%	58%	69%	45%	55%	6%	25%	66%
	5.83	32%	66%	9%	32%	35%	74%	84%	76%	32%	64%	35%	87%
PT-ES64-05	9.33	55%	22%	65%	53%	49%	58%	77%	45%	55%	30%	25%	74%
	11.43	220%	60%	179%	4%	207%	14%	56%	13%	220%	35%	7%	51%
	11.88	181%	41%	154%	16%	170%	25%	62%	1%	181%	15%	11%	58%
PT-ES64-06	4.03	13%	56%	9%	74%	16%	77%	82%	69%	13%	46%	33%	80%

Fuente: Autores.

2.3.7 Estación PT-ES79.

Figura 12. Esquema de Perforación y Perfil Calle 79,



Fuente: Autores.

Tabla 20. Datos de Perforación Calle 79.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES79-03	CL	2.78	20	19.31	45.81	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.33	14.97
	CL	6.65	>50	19.31	84.88	0.9	0.75	1.00	0.95	1.00	1.06	37.86
	CL	10.15	>50	19.31	118.14	1.2	0.75	1.00	1.00	1.00	0.92	34.47
	CL	11.65	>50	19.31	132.4	1.3	0.75	1.00	1.00	1.00	0.87	32.62
PT-ES79-04	CL	4.28	6	19.31	59.44	0.6	0.75	1.00	0.85	1.00	1.22	4.66

*N(45)=(n) Campo x R1 x R2 x R3 x R4 x CN Gonzales

*CN Gonzales =

Fuente: Autores.

Tabla 21. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 79.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+74.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES79-03	6.65	434	217	50	37.86	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	140.1	220	625	426.32	143.7	155.24
	10.15	434	217	50	34.47	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	127.5	220	625	388.13	143.7	141.34
	11.65	434	217	50	32.62	625	312.5	484.90	187.5	600	167.5	120.7	220	625	367.23	143.7	133.73
PT-ES79-04	4.28	36	18	6	4.66	75	37.5	105.36	22.5	72	20.1	17.23	26.4	75	52.44	82.54	19.09

Fuente: Autores.

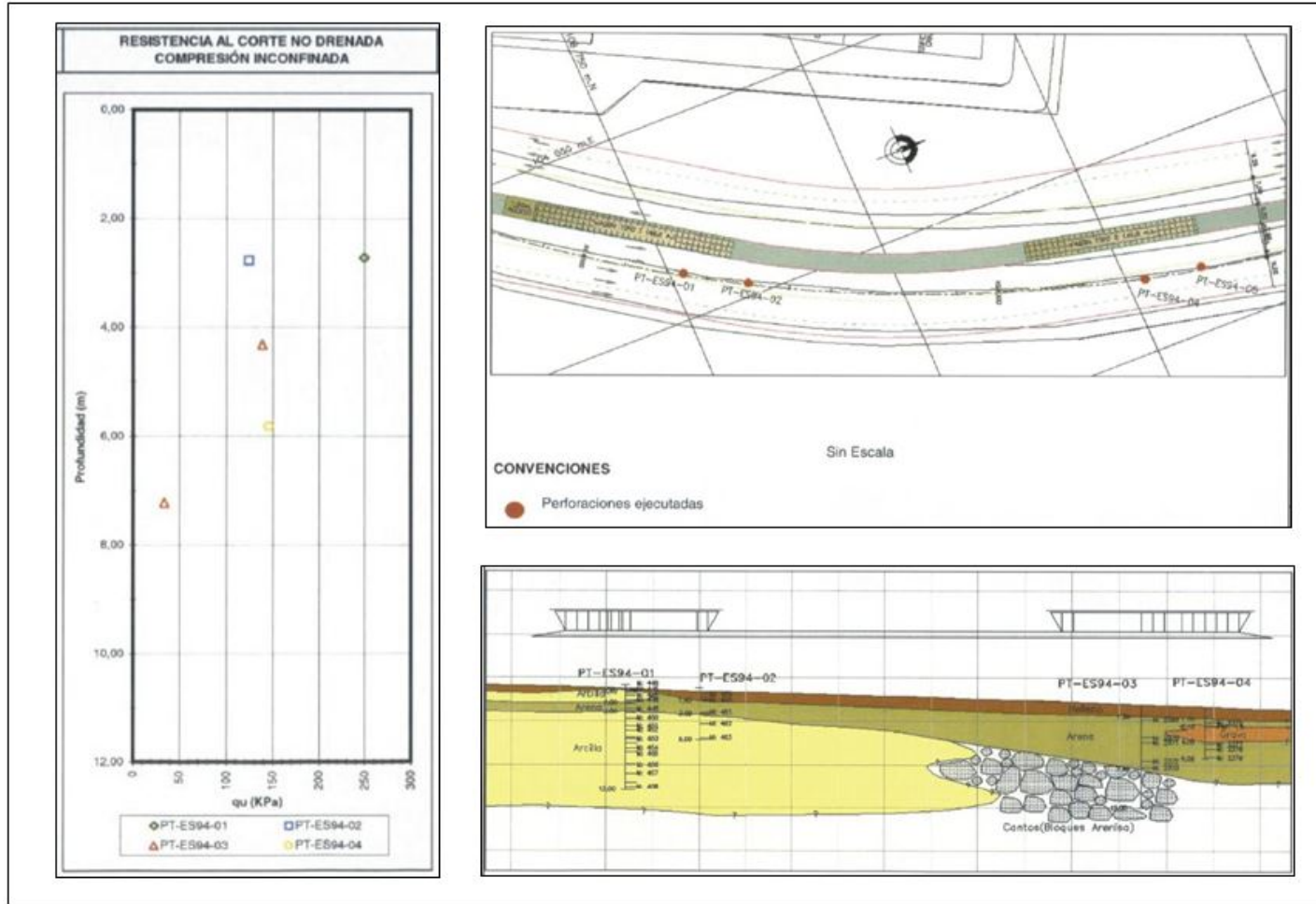
Tabla 22. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 79.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sangleraf (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES79-03	6.65	188%	44%	123%	14%	176%	23%	35%	1%	188%	96%	34%	28%
	10.15	188%	44%	123%	14%	176%	23%	41%	1%	188%	79%	34%	35%
	11.65	188%	44%	123%	14%	176%	23%	44%	1%	188%	69%	34%	38%
PT-ES79-04	4.28	317%	108%	485%	25%	300%	12%	4%	47%	317%	191%	359%	6%

Fuente: Autores.

2.3.8 Estación PT-ES94.

Figura 13. Esquema de Perforación y Perfil Calle 94.



Fuente: Autores.

Tabla 23. Datos de Perforación Calle 94.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES94-01	CL	0.83	26	18.87	17.44	0.2	0.75	1.00	0.75	1.00	1.75	25.60
	CL	1.73	6	18.87	34.42	0.4	0.75	1.00	0.75	1.00	1.45	4.91
	CL	3.78	20	18.87	73.12	0.7	0.75	1.00	0.75	1.00	1.13	12.69
	CL	5.23	33	18.87	100.47	1.0	0.75	1.00	0.85	1.00	0.99	20.82
	CL	7.26	18	18.87	139.15	1.4	0.75	1.00	0.95	1.00	0.85	10.88
	CH	7.73	18	18.87	147.64	1.5	0.75	1.00	0.95	1.00	0.82	10.55
	CH	11.78	44	18.87	224.05	2.3	0.75	1.00	1.00	1.00	0.64	21.16
PT-ES94-02	CL	5.78	7	18.87	112.11	1.1	0.75	1.00	0.85	1.00	0.94	4.20

Fuente: Autores.

Tabla 24. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 94.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+71.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES94-01	0.83	186	93	26	25.60	325	162.5	302.82	97.5	312	87.1	94.70	114.4	325	288.18	110.34	104.94
	1.73	186	93	6	4.91	75	37.5	105.36	22.5	72	20.1	18.17	26.4	75	55.28	82.54	20.13
	3.78	106	53	20	12.69	250	125	250.69	75	240	67	46.94	88	250	142.83	102	52.01
	5.23	106	53	33	20.82	412.5	206.25	359.52	123.75	396	110.6	77.03	145.2	412.5	234.41	120.07	85.36
	7.26	106	53	18	10.88	225	112.5	232.38	67.5	216	60.3	40.25	79.2	225	122.48	99.22	44.60
PT-ES94-02	5.78	106	53	7	4.20	87.5	43.75	117.72	26.25	84	23.46	15.55	30.8	87.5	47.33	83.93	17.24

Fuente: Autores.

Tabla 25. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 94.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Mixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES94-01	0.83	249%	75%	226%	5%	235%	6%	2%	23%	249%	210%	19%	13%
	1.73	19%	60%	13%	76%	23%	78%	80%	72%	19%	41%	11%	78%
	3.78	372%	136%	373%	42%	353%	26%	11%	66%	372%	169%	92%	2%
	5.23	678%	289%	578%	133%	647%	109%	45%	174%	678%	342%	127%	61%
	7.26	325%	112%	338%	27%	308%	14%	24%	49%	325%	131%	87%	16%
PT-ES94-02	5.78	65%	17%	122%	50%	58%	56%	71%	42%	65%	11%	58%	67%

Fuente: Autores.

2.3.9 Estación PT-ES100.

Tabla 26. Datos de Perforación Calle 100.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES100-03	CH	1.78	20	16.71	27.56	0.3	0.75	1.00	0.75	1.00	1.55	17.45
PT-ES100-06	CH	2.33	6	16.71	49.96	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.29	4.36

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*CN \text{ Gonzales} = \text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 27. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 100.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5°N	6.25°N	29°N ^{0.72}	12.5°N	3.75°N	12°N	5.119°N	3.700°N	4.4°N	11.259°N	1.39N+142	3.077°N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qui2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES100-03	1.78	275	138	20	17.45	250	125	250.69	250	240	97	89.34	88	250	196.50	102	71.56
PT-ES100-06	2.33	275	138	6	4.36	75	37.5	105.36	75	72	29.1	22.34	26.4	75	49.13	82.54	17.89

Fuente: Autores.

Tabla 28. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 100.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES100-03	1.78	82%	9%	82%	82%	75%	29%	35%	36%	82%	43%	26%	48%
PT-ES100-06	2.33	45%	73%	23%	45%	48%	79%	84%	81%	45%	64%	40%	87%

Fuente: Autores.

Tabla 29. Datos de Perforación Calle 116.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES116-05	CL	2.78	8	17.63	53.88	0.5	0.75	1.00	0.75	1.00	1.26	5.67
	CH	8.83	18	17.63	106.61	1.1	0.75	1.00	0.95	1.00	0.96	12.36

Fuente: Autores.

Tabla 30. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 116.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.239*N	1.39N+14.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES116-05	2.78	28	14	8	5.67	100	50	129.61	100	96	38.8	29.03	35.2	100	63.85	85.32	23.25
	8.83	64	32	18	12.36	225	112.5	232.38	225	216	87.3	63.28	79.2	225	139.18	99.22	50.68

Fuente: Autores.

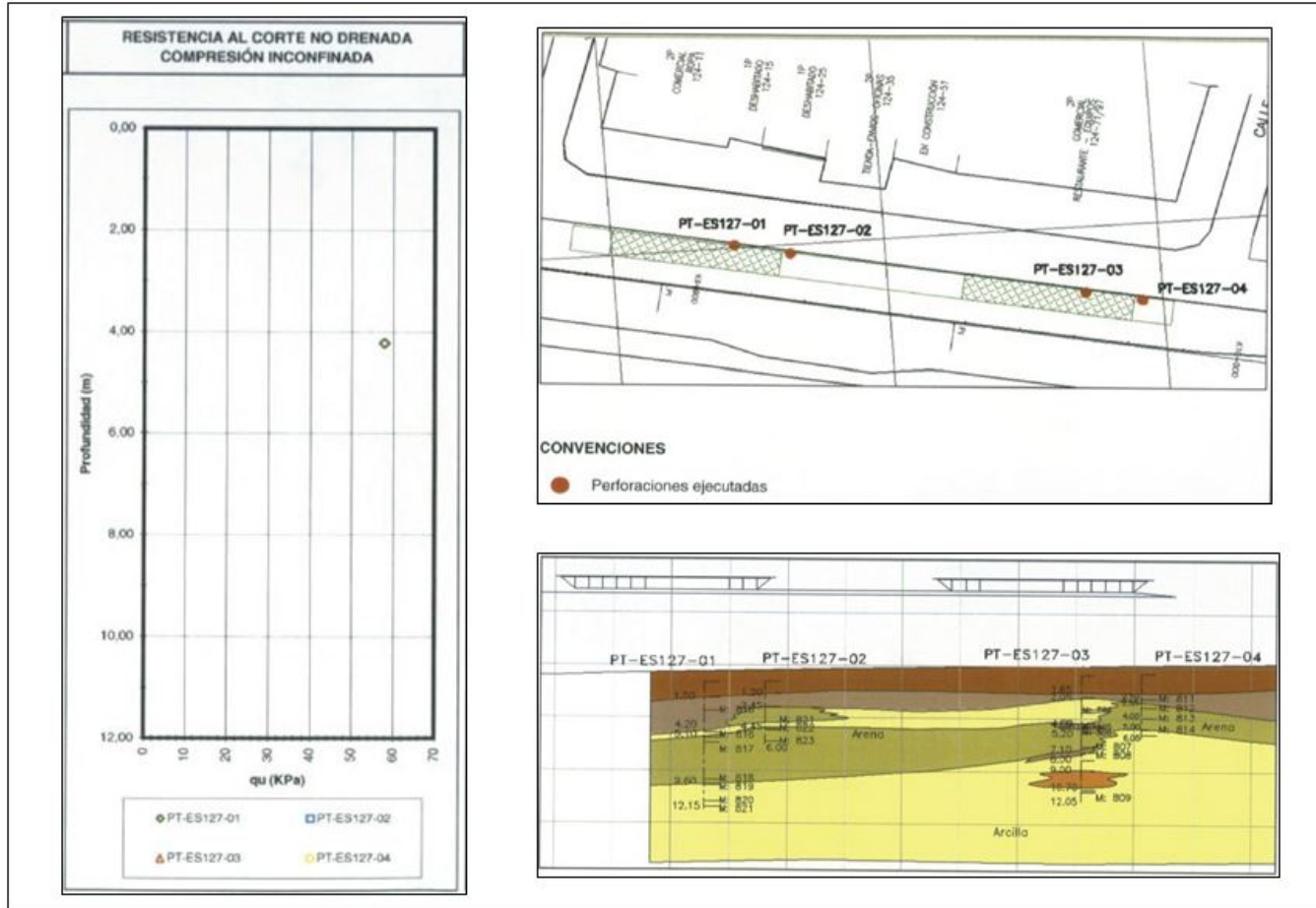
Tabla 31. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 116.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)	Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (%)		
PT-ES116-05	2.78	614%	257%	826%	614%	586%	177%	107%	151%	614%	356%	509%	66%
	8.83	603%	252%	626%	603%	575%	173%	98%	148%	603%	335%	210%	58%

Fuente: Autores.

2.3.11 Estación PT-ES127.

Figura 15. Esquema de Perforación y Perfil Calle 127.



Fuente: Autores.

Tabla 32. Datos de Perforación Calle 127.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES127-03	CL	3.53	10	18.23	70.22	0.7	0.75	1.00	0.75	1.00	1.15	6.44
PT-ES127-04	CL	5.83	36	18.23	116.01	1.2	0.75	1.00	0.85	1.00	0.93	21.28

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*CN Gonzales = \text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 33. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 127.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+1.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES127-03	3.53	58	29	10	6.44	125	62.5	152.19	37.5	120	33.5	23.83	44	125	72.53	88.1	26.41
PT-ES127-04	5.83	58	29	36	21.28	450	225	382.77	135	432	120.6	78.73	158.4	450	239.58	124.24	87.24

Fuente: Autores.

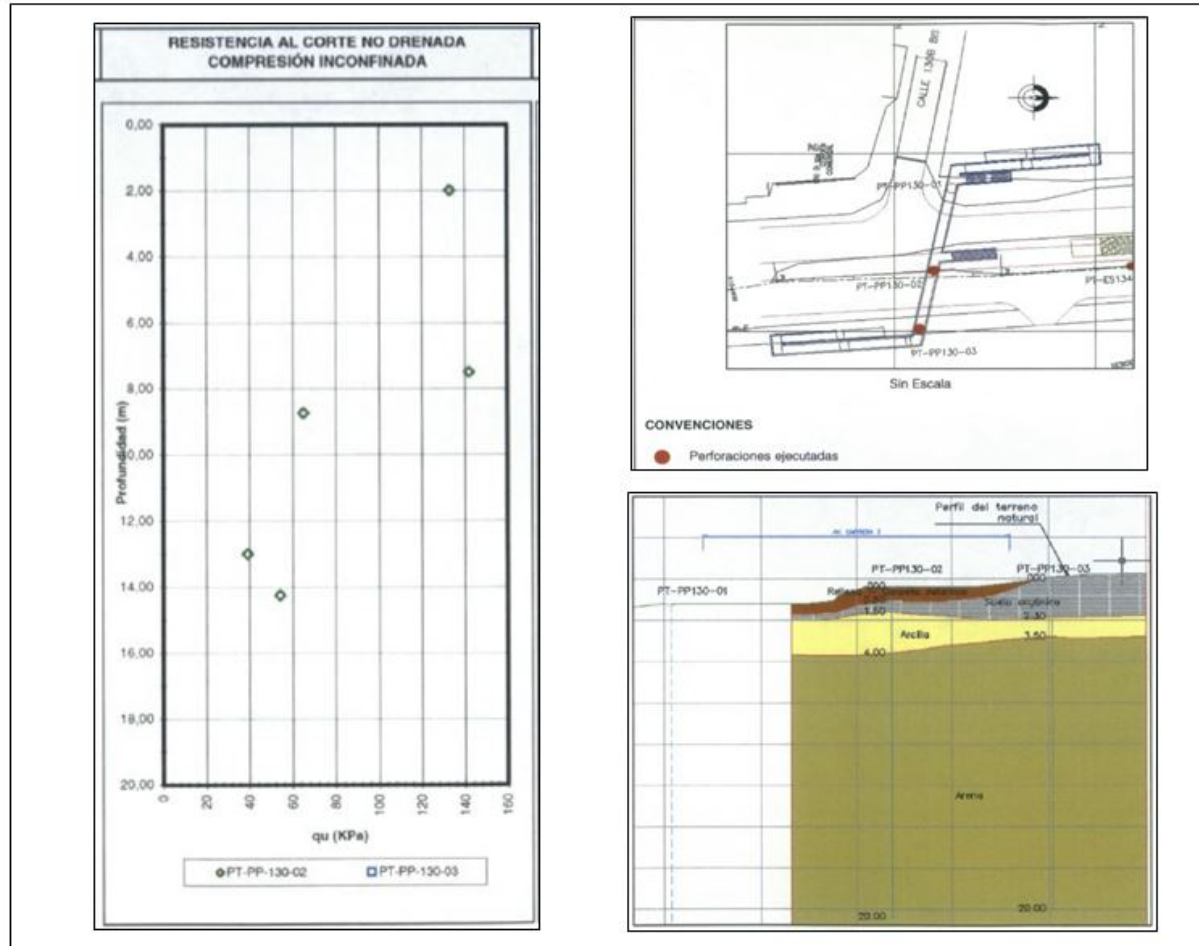
Tabla 34. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 127.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)	Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (%)		
PT-ES127-03	3.53	331%	116%	425%	29%	314%	16%	18%	52%	331%	150%	204%	9%
PT-ES127-04	5.83	1452%	676%	1220%	366%	1390%	316%	171%	446%	1452%	726%	328%	201%

Fuente: Autores.

2.3.12 Estación PT-PP-130.

Figura 16. Esquema de Perforación y Perfil Puesto Calle 130.



Fuente: Autores.

Tabla 35. Datos de Perforación Puesto Calle 130.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-PP-130-02	CL	11.73	13	17	227.85	2.32	0.75	1.00	1.00	1.00	0.6	6.00
PT-PP-130-03	CL	9.73	24	17.00	183.43	1.87	0.75	1.00	0.95	1.00	0.7	12.00

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*\text{CN Gonzales} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 36. Relaciones de Cohesión No Drenada Puesto Calle 130.

TIPO DE SUELO		CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH				
FORMULAS		12.5^*N	6.25^*N	$29^*N^{0.72}$	12.5^*N	3.75^*N	12^*N	5.119^*N	3.700^*N	4.4^*N	11.259^*N	$1.39N+11.2$	3.077^*N				
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	q_u (Kpa)	$q_{u/2}$ (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-PP-130-02	11.73	75	37.5	13	6	162.5	81.3	183.8	48.8	156.0	43.6	22.2	57.2	162.5	67.6	92.3	24.6
PT-PP-130-03	9.73	75	37.5	24	12	300.0	150.0	285.9	90.0	288.0	80.4	44.4	105.6	300.0	135.1	107.6	49.2

Fuente: Autores.

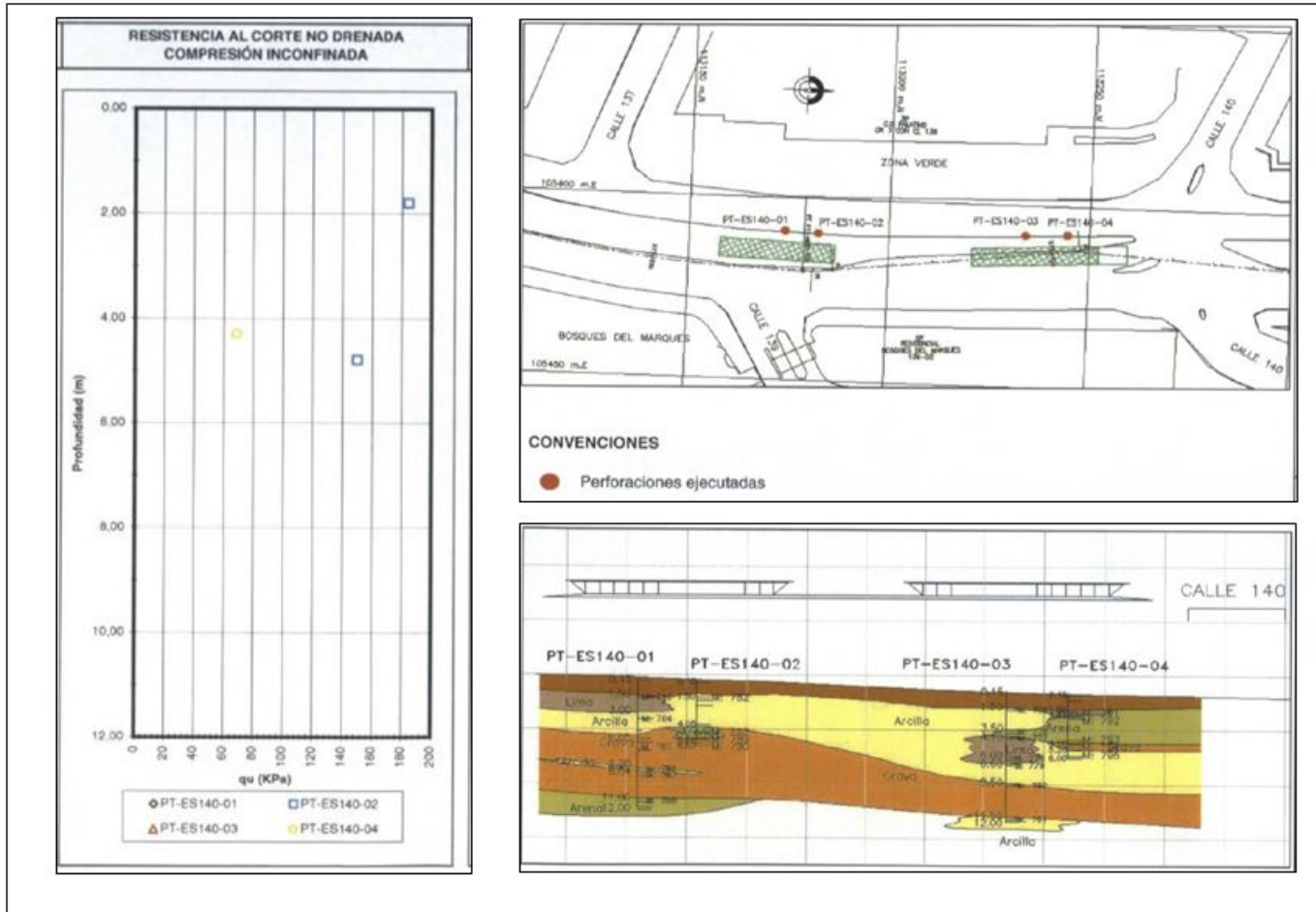
Tabla 37. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Puente Calle 130.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (%)
PT-PP-130-02	11.73	333%	117%	390%	30%	316%	16%	41%	53%	333%	80%	146%	34%
PT-PP-130-03	9.73	700%	300%	662%	140%	668%	114%	18%	182%	700%	260%	187%	31%

Fuente: Autores.

2.3.13 Estación PT-ES140.

Figura 17. Esquema de Perforación y Perfil Calle 140.



Fuente: Autores.

Tabla 38. Datos de Perforación Calle 140.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES140-01	CL	8.43	11	18.92	167.59	1.7	0.75	1.00	0.95	1.00	0.77	6.01
PT-ES140-03	CH	1.73	42	18.92	37.26	0.4	0.75	1.00	0.75	1.00	1.42	33.56
	CL	6.83	8	18.92	133.72	1.4	0.75	1.00	0.95	1.00	0.87	4.93
PT-ES140-04	CL	5.78	5	18.92	120.55	1.2	0.75	1.00	0.85	1.00	0.91	2.90

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*\text{CN Gonzales} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 39. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 140.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.239*N	1.39N+112	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES140-01	8.43	184	92	11	6.01	137.5	68.75	163.00	41.25	132	36.85	22.25	48.4	137.5	67.72	89.49	24.66
PT-ES140-03	1.73	184	92	42	33.56	525	262.5	427.70	525	504	203.7	171.8	184.8	525	377.82	132.58	137.59
	6.83	184	92	8	4.93	100	50	129.61	30	96	26.8	18.25	35.2	100	55.54	85.32	20.23
PT-ES140-04	5.78	184	92	5	2.90	62.5	31.25	92.40	18.75	60	16.75	10.74	22	62.5	32.68	81.15	11.90

Fuente: Autores.

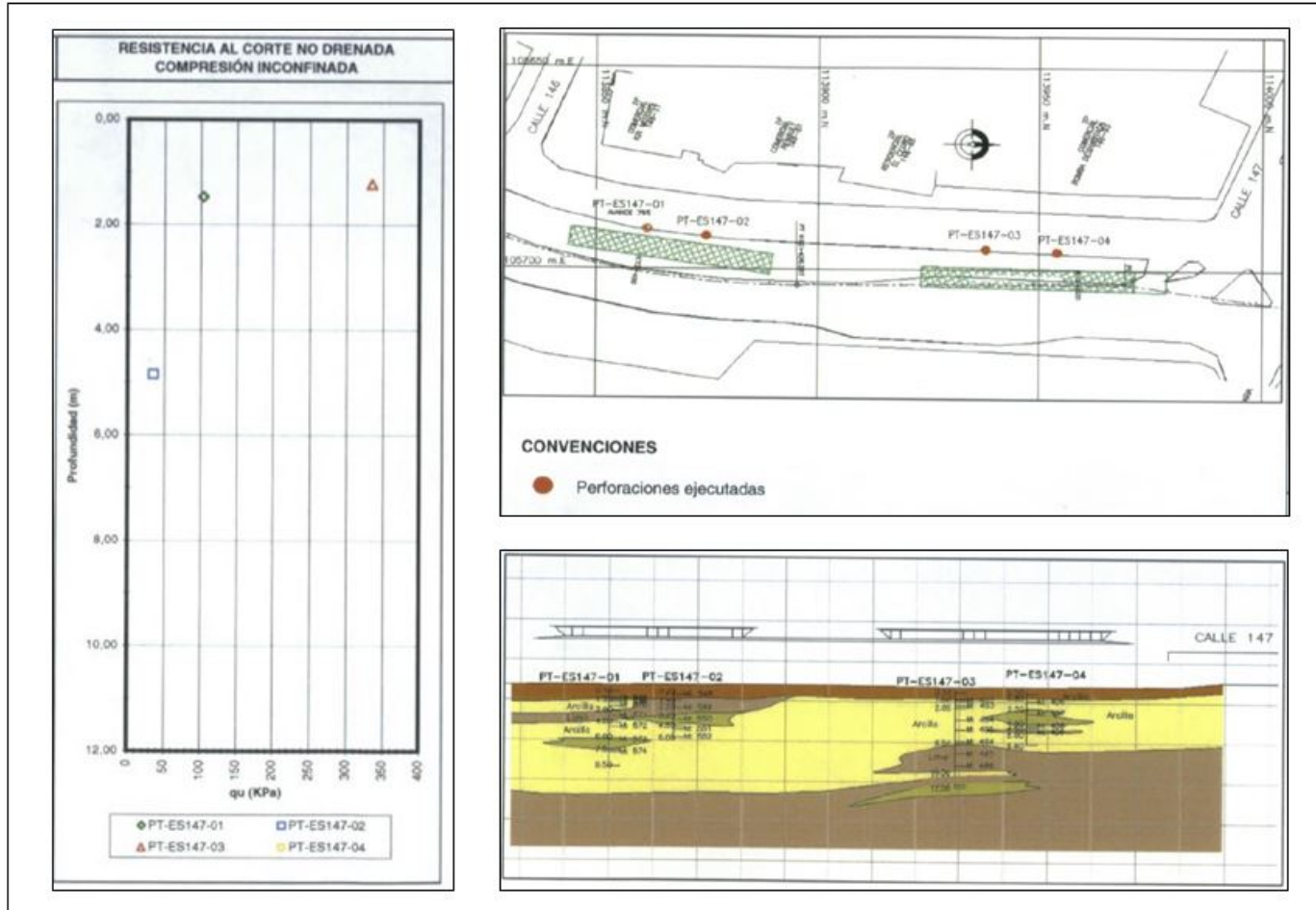
Tabla 40. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 140.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES140-01	8.43	49%	25%	77%	55%	43%	60%	76%	47%	49%	26%	3%	73%
PT-ES140-03	1.73	471%	185%	365%	471%	448%	121%	87%	101%	471%	311%	44%	50%
	6.83	9%	46%	41%	67%	4%	71%	80%	62%	9%	40%	7%	78%
PT-ES140-04	5.78	32%	66%	0%	80%	35%	82%	88%	76%	32%	64%	12%	87%

Fuente: Autores.

2.3.14 Estación PT-ES147

Figura 18. Esquema de Perforación y Perfil Calle 147.



Fuente: Autores.

Tabla 41. Datos de Perforación Calle 147.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-ES147-01	CL	1.48	4	18.06	29.79	0.3	0.75	1.00	0.75	1.00	1.52	3.41
PT-ES147-03	CL	1.23	10	18.06	26.06	0.3	0.75	1.00	0.75	1.00	1.58	8.86
PT-ES147-04	CL	1.23	4	18.06	26.06	0.3	0.75	1.00	0.75	1.00	1.58	3.55
	CH	4.23	3	18.06	80.24	0.8	0.75	1.00	0.85	1.00	1.09	2.08

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*\text{CN Gonzales} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 42. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 147.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.391N+142	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-ES147-01	1.48	157	78.5	4	3.41	50	25	78.68	15	48	13.4	12.63	17.6	50	38.44	79.76	14.00
PT-ES147-03	1.23	157	78.5	10	8.86	125	62.5	152.19	37.5	120	33.5	32.79	44	125	99.79	88.1	36.34
PT-ES147-04	1.23	157	78.5	4	3.55	50	25	78.68	15	48	13.4	13.12	17.6	50	39.92	79.76	14.54
	4.23	157	78.5	3	2.08	37.5	18.75	63.96	37.5	36	14.55	10.64	13.2	37.5	23.41	78.37	8.53

Fuente: Autores.

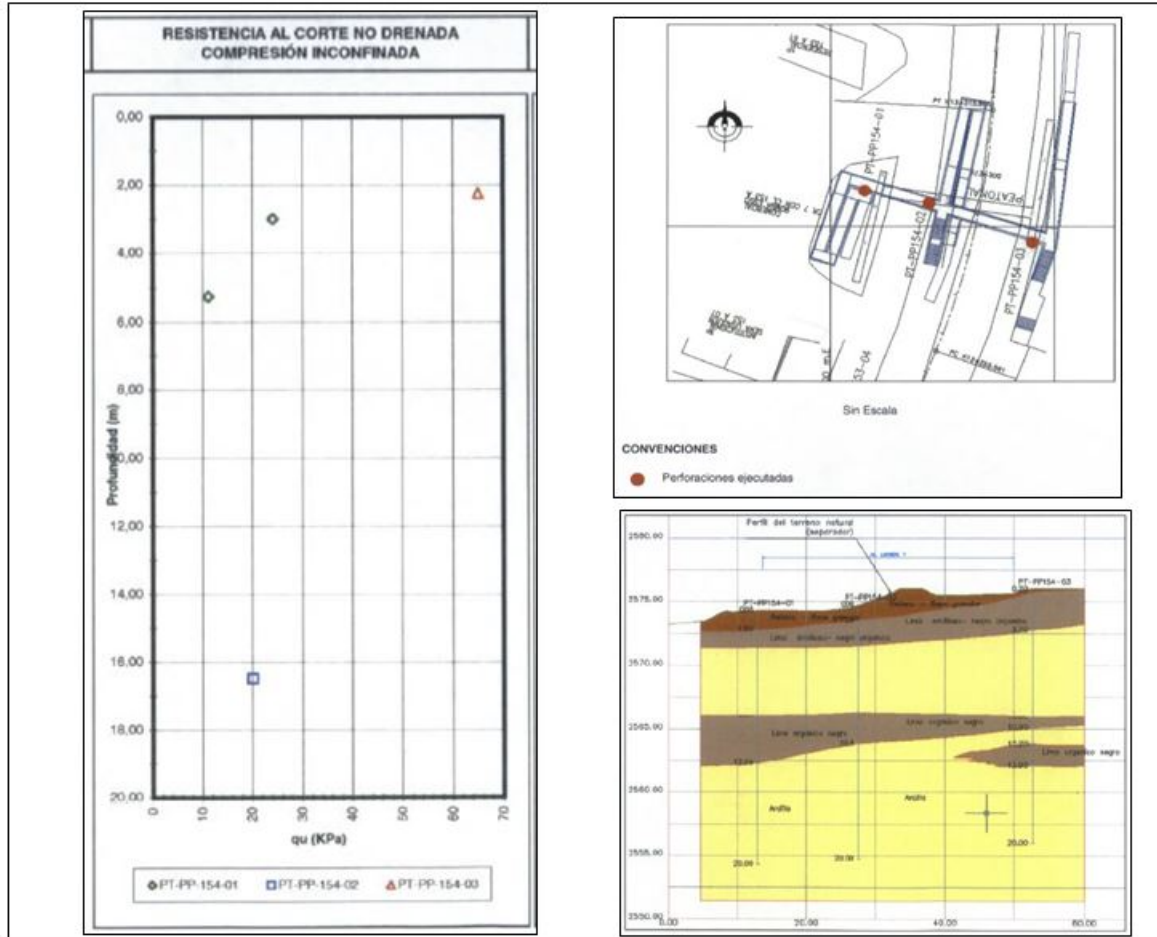
Tabla 43. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 147.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PT-ES147-01	1.48	36%	68%	0%	81%	39%	83%	84%	78%	36%	51%	2%	82%
PT-ES147-03	1.23	59%	20%	94%	52%	53%	57%	58%	44%	59%	27%	12%	54%
PT-ES147-04	1.23	36%	68%	0%	81%	39%	83%	83%	78%	36%	49%	2%	81%
	4.23	52%	76%	19%	52%	54%	81%	86%	83%	52%	70%	0%	89%

Fuente: Autores.

2.3.15 Estación PT-PP-154.

Figura 19. Esquema de Perforación y Perfil Puesto Calle 154.



Fuente: Autores.

Tabla 44. Datos de Perforación Puesto Calle 154.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-PP-154-01	CL	2.43	3	17.00	52.23	0.53	0.75	1.00	0.75	1.00	1.3	2.00
	CL	5.63	4	17.00	106.63	1.09	0.75	1.00	0.85	1.00	1.0	2.00
PT-PP-154-02	CL	13.73	2	17.00	258.68	2.64	0.75	1.00	1.00	1.00	0.6	1.00
PT-PP-154-03	CL	14.23	3	17.00	269.15	2.74	0.75	1.00	1.00	1.00	0.6	1.00

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times CN_{\text{Gonzales}}$$

$$*CN_{\text{Gonzales}} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 45. Relaciones de Cohesión No Drenada Puesto Calle 154.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.25*N	1.39N+14.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi&Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-PP-154-01	2.43	65	32.5	3	2	37.5	18.8	64.0	11.3	36.0	10.1	7.4	13.2	37.5	22.5	78.4	8.2
	5.63	11	5.5	4	2	50.0	25.0	78.7	15.0	48.0	13.4	7.4	17.6	50.0	22.5	79.8	8.2
PT-PP-154-02	13.73	20	10	2	1	25.0	12.5	47.8	7.5	24.0	6.7	3.7	8.8	25.0	11.3	77.0	4.1
PT-PP-154-03	14.23	20	10	3	1	37.5	18.8	64.0	11.3	36.0	10.1	3.7	13.2	37.5	11.3	78.4	4.1

Fuente: Autores.

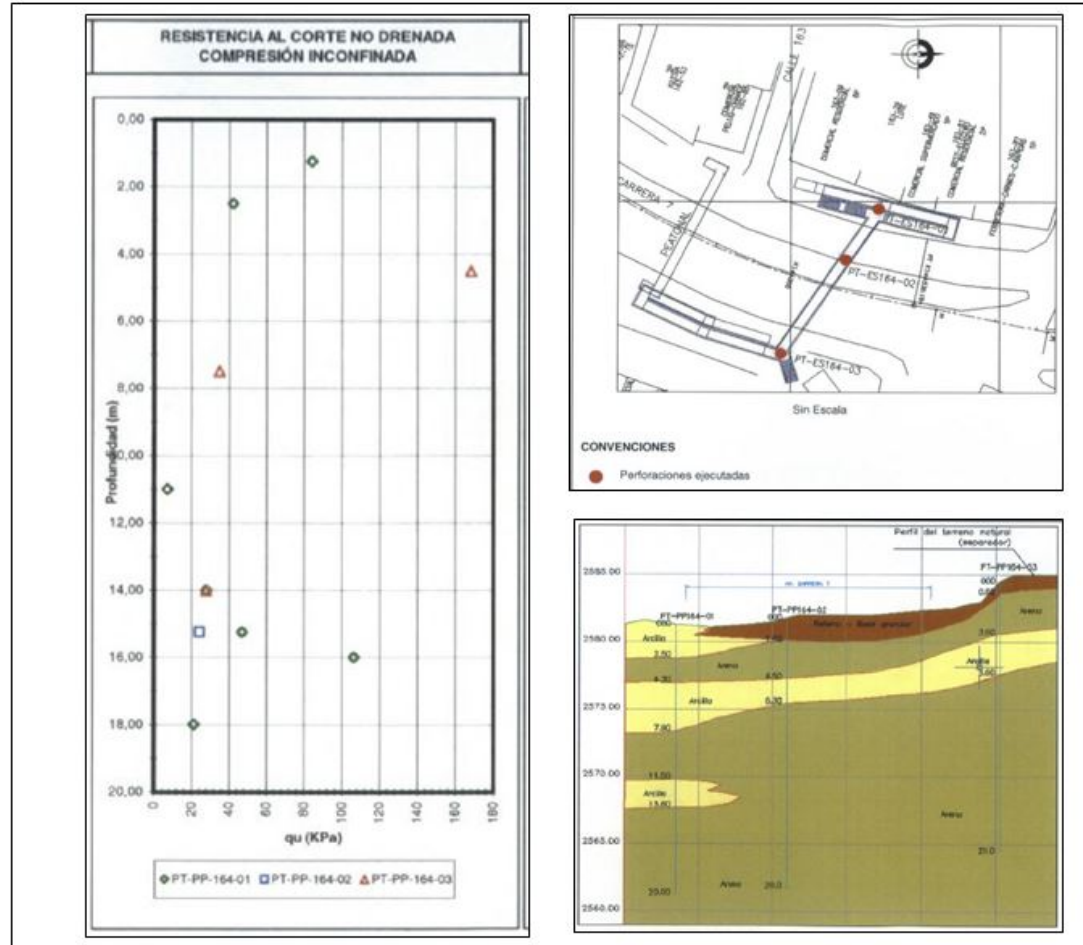
Tabla 46. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Puente Calle 154.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) (45%) (%)
PT-PP-154-01	2.43	15%	42%	97%	65%	11%	69%	77%	59%	15%	31%	141%	75%
	5.63	809%	355%	1331%	173%	773%	144%	35%	220%	809%	309%	1350%	49%
PT-PP-154-02	13.73	150%	25%	378%	25%	140%	33%	63%	12%	150%	13%	670%	59%
PT-PP-154-03	14.23	275%	88%	540%	13%	260%	1%	63%	32%	275%	13%	684%	59%

Fuente: Autores.

2.3.16 Estación PT-PP-164.

Figura 20. Esquema de Perforación y Perfil Puesto Calle 164.



Fuente: Autores.

Tabla 45. Datos de Perforación Perfil Puesto Calle 164.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-PP-164-01	CL	1.23	7	17.00	13.81	0.14	0.75	1.00	0.75	1.00	1.9	6.00
	CL	13.33	2	17.00	116.81	1.19	0.75	1.00	1.00	1.00	0.9	1.00
PT-PP-164-03	CL	11.18	2	17.00	101.97	1.04	0.75	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00
	CL	12.33	6	17.00	110.24	1.12	0.75	1.00	1.00	1.00	0.9	4.00

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*\text{CN Gonzales} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 46. Relaciones de Cohesión No Drenada Perfil Puesto Calle 164.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+14.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-PP-164-01	1.23	63	31.5	7	6	87.5	43.8	117.7	26.3	84.0	23.5	22.2	30.8	87.5	67.6	83.9	24.6
	13.33	41	20.5	2	1	25.0	12.5	47.8	7.5	24.0	6.7	3.7	8.8	25.0	11.3	77.0	4.1
PT-PP-164-03	11.18	41	20.5	2	1	25.0	12.5	47.8	7.5	24.0	6.7	3.7	8.8	25.0	11.3	77.0	4.1
	12.33	41	20.5	6	4	75.0	37.5	105.4	22.5	72.0	20.1	14.8	26.4	75.0	46.0	82.5	16.4

Fuente: Autores.

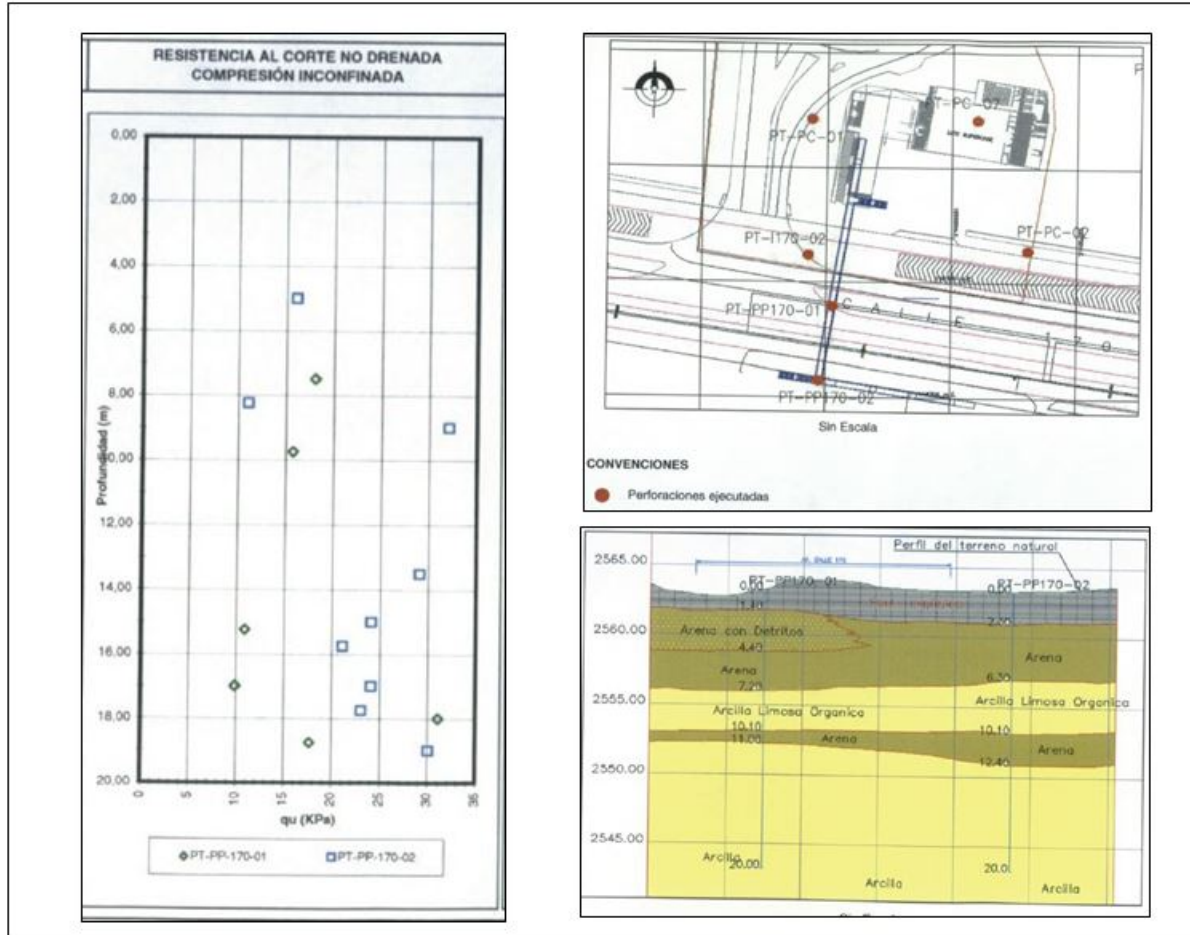
Tabla 47. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Perfil Punteo Calle 164.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sangleraf (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PT-PP-164-01	1.23	178%	39%	274%	17%	167%	26%	30%	2%	178%	114%	166%	22%
	13.33	22%	39%	133%	63%	17%	67%	82%	57%	22%	45%	276%	80%
PT-PP-164-03	11.18	22%	39%	133%	63%	17%	67%	82%	57%	22%	45%	276%	80%
	12.33	266%	83%	414%	10%	251%	2%	28%	29%	266%	120%	303%	20%

Fuente: Autores.

2.3.17 Estación PT-PP-170.

Figura 21. Esquema de Perforación y Perfil Puesto Calle 170.



Fuente: Autores.

Tabla 48. Datos de Perforación Puesto Calle 170.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-PP-170-01	CL	8.13	4	17.00	154.88	1.58	0.75	1.00	0.95	1.00	0.8	2.00
	CL	13.53	5	17.00	252.18	2.57	0.75	1.00	1.00	1.00	0.6	2.00
PT-PP-170-02	CH	5.10	27	17.00	97.63	1.00	0.75	1.00	0.85	1.00	1.0	18.00
	CL	6.63	2	17.00	123.55	1.26	0.75	1.00	0.95	1.00	0.9	1.00
	CL	10.43	15	17.00	190.15	1.94	0.75	1.00	1.00	1.00	0.7	8.00
	CL	13.93	2	17.00	252.25	2.57	0.75	1.00	1.00	1.00	0.6	1.00

$$*N(45) = (N) \text{ Campo} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times CN \text{ Gonzales}$$

$$*CN \text{ Gonzales} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 49. Relaciones de Cohesión No Drenada Puesto Calle 170.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.19*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+14.2	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-PP-170-01	8.13	20	10	4	2	50.0	25.0	78.7	15.0	48.0	13.4	7.4	17.6	50.0	22.5	79.8	8.2
	13.53	22	11	5	2	62.5	31.3	92.4	18.8	60.0	16.8	7.4	22.0	62.5	22.5	81.2	8.2
PT-PP-170-02	5.10	16	8	27	18	337.5	168.8	311.2	337.5	324.0	131.0	92.1	118.8	337.5	202.7	111.7	73.8
	6.63	16	8	2	1	25.0	12.5	47.8	7.5	24.0	6.7	3.7	8.8	25.0	11.3	77.0	4.1
	10.43	20	10	15	8	187.5	93.8	203.8	56.3	180.0	50.3	29.6	66.0	187.5	90.1	95.1	32.8
	13.93	22	11	2	1	25.0	12.5	47.8	7.5	24.0	6.7	3.7	8.8	25.0	11.3	77.0	4.1

Fuente: Autores.

Tabla 50. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Puente Calle 170

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) (45%) (%)
PT-PP-170-01	8.13	400%	150%	687%	50%	380%	34%	26%	76%	400%	125%	698%	18%
	13.53	468%	184%	740%	70%	445%	52%	33%	100%	468%	105%	638%	25%
PT-PP-170-02	5.10	4119%	2009%	3789%	4119%	3950%	1537%	1052%	1385%	4119%	2433%	1297%	823%
	6.63	213%	56%	497%	6%	200%	16%	54%	10%	213%	41%	862%	49%
	10.43	1775%	838%	1938%	463%	1700%	403%	196%	560%	1775%	801%	851%	228%
	13.93	127%	14%	334%	32%	118%	39%	66%	20%	127%	2%	600%	63%

Fuente: Autores.

2.3.18 Estación PT-I170.

Tabla 51. Datos de Perforación Calle 170.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-I170-03	CH	4.73	3	13.77	53.86	0.55	0.75	1.00	0.85	1.00	1.3	2.00
	CH	8.73	26	13.77	72.73	0.74	0.75	1.00	0.95	1.00	1.1	21.00
	CH	11.73	36	13.77	84.80	0.86	0.75	1.00	1.00	1.00	1.1	29.00

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*\text{CN Gonzales} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 52. Relaciones de Cohesión No Drenada Calle 170.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.39N+7.42	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-I170-03	4.73	16	8	3	2	37.5	18.8	64.0	37.5	36.0	14.6	10.2	13.2	37.5	22.5	78.4	8.2
	8.73	20	10	26	21	325.0	162.5	302.8	325.0	312.0	126.1	107.5	114.4	325.0	236.4	110.3	86.1
	11.73	22	11	36	29	450.0	225.0	382.8	450.0	432.0	174.6	148.5	158.4	450.0	326.5	124.2	118.9

Fuente: Autores.

Tabla 53. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio Calle 170.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo]45% (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PT-1170-03	4.73	369%	134%	700%	369%	350%	82%	28%	65%	369%	181%	880%	2%
	8.73	3150%	1525%	2928%	3150%	3020%	1161%	975%	1044%	3150%	2264%	1003%	761%
	11.73	3991%	1945%	3380%	3991%	3827%	1487%	1250%	1340%	3991%	2868%	1029%	981%

Fuente: Autores.

2.3.19 Estación PT-PC.

Tabla 54. Datos de Perforación PT-PC.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PT-PC-10	CH	7.23	4	13.58	99.27	1.01	0.75	1.00	0.95	1.00	1.0	3.00
	CH	9.63	3	13.58	134.58	1.37	0.75	1.00	0.95	1.00	0.9	2.00

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times CN_{\text{Gonzales}}$$

$$*CN_{\text{Gonzales}} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 55. Relaciones de Cohesión No Drenada PT-PC.

TIPO DE SUELO						CU/CH	CU/CH	CU/CH	CH	CL	CU/CH	CH	CL	CU/CH	CU/CH	CU/CH	CU/CH
FORMULAS						12.5*N	6.25*N	29*N ^{0.72}	12.5*N	3.75*N	12*N	5.119*N	3.700*N	4.4*N	11.259*N	1.3911+1.12	3.077*N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo]45% (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo]45% (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PT-PC-01	10.53	20	10	4	3	50.0	25.0	78.7	50.0	48.0	19.4	15.4	17.6	50.0	33.8	79.8	12.3
	14.78	22	11	8	6	100.0	50.0	129.6	100.0	96.0	38.8	30.7	35.2	100.0	67.6	85.3	24.6

Fuente: Autores.

Tabla 56. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio PT-PC.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PT-PC-01	10.53	400%	150%	687%	400%	380%	94%	54%	76%	400%	238%	698%	23%
	14.78	809%	355%	1078%	809%	773%	253%	179%	220%	809%	514%	676%	124%

Fuente: Autores.

2.3.20 Estación PC-PT.

Tabla 57. Datos de Perforación PC-PT.

Calle Y Perforación	Tipo de Suelo	Profundidad (Promedio) (m)	(N) Campo	γ (KN/m ³)	σ_v' (KN/m ²)	σ_v' (Kg/cm ²)	R1	R2	R3	R4	CN Gonzales	N (45)
PC-PT-07	CH	10.33	11	13.58	96.37	0.98	0.75	1.00	1.00	1.00	1.0	8.00
	CH	12.83	3	13.58	105.81	1.08	0.75	1.00	1.00	1.00	1.0	7.00
PC-PT-11	CH	7.83	2	13.58	111.73	1.14	0.75	1.00	0.95	1.00	0.9	1.00

$$*N(45) = (N)_{\text{Campo}} \times R1 \times R2 \times R3 \times R4 \times \text{CN Gonzales}$$

$$*\text{CN Gonzales} =$$

$$\text{Log} \left(\frac{10}{\sigma_v'} \right)$$

Fuente: Autores.

Tabla 58. Relaciones de Cohesión No Drenada PC-PT.

TIPO DE SUELO						CL/CH	CL/CH	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CH	CL	CL/CH	CL/CH	CL/CH	CL/CH
FORMULAS						12.5°N	6.25°N	29°N ^{0.72}	12.5°N	3.75°N	12°N	5.119°N	3.700°N	4.4°N	11.259°N	1.391+1.12	3.077°N
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	qu (Kpa)	qu/2 (Kpa)	(N) Campo	N (45)	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)	Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)	Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (Kpa)		
PC-PT-07	10.33	20	10	11	8	137.5	68.8	163.0	137.5	132.0	53.4	41.0	48.4	137.5	90.1	89.5	32.8
	12.83	22	11	9	7	112.5	56.3	141.1	112.5	108.0	43.7	35.8	39.6	112.5	78.8	86.7	28.7
PC-PT-11	7.83	22	11	2	1	25.0	12.5	47.8	25.0	24.0	9.7	5.1	8.8	25.0	11.3	77.0	4.1

Fuente: Autores.

Tabla 59. Error Porcentual de Relaciones con los Obtenidos del Laboratorio PC-PT.

ERROR PORCENTUAL DE LAS RELACIONES CON LOS VALORES DEL LABORATORIO													
Calle Y Perforación	Profundidad (Promedio)	Sanglerat (1972) [Campo] (%)	Terzaghi&Peck (1967) [Campo] (%)	Hara et al. (1974) [Campo] (%)	Sowers (1979) [Campo] (%)	Nixon (1982) [Campo] (%)	Sivrikaya&Toğrol (2002) [Campo/45%] (%)		Stroud (1974) [Campo] (%)	Décourt (1990) [Campo/45%] (%)		Ajayi&Balogun (1988) [Campo] (%)	Hettiarachchi& Brown (2009) [45%] (%)
PC-PT-07	10.33	1275%	588%	1530%	1275%	1220%	434%	310%	384%	1275%	801%	795%	228%
	12.83	923%	411%	1183%	923%	882%	297%	226%	260%	923%	616%	688%	161%
PC-PT-11	7.83	127%	14%	334%	127%	118%	12%	53%	20%	127%	2%	600%	63%

Fuente: Autores.

3. ANÁLISIS

Para la identificación de los valores obtenidos se puede estimar que para el suelo 1 donde se encuentran la mayor parte de las arcillas todos los autores aplican ya sea para la obtención del valor en laboratorio o con las relaciones.

Tabla 60. Valores ponderados de Cu (Kpa) de las relaciones.

VALORES PONDERADO DE Cu (Kpa) DE LAS RELACIONES												
Tipo de Suelo	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)		Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (Kpa)
SUELO 1	63	92	97	82	96	84	74	128	63	71	107	32
SUELO 2			79			60	77			47		42
SUELO 3					36						99	
SUELO 4			146		252	10	95	20			94	
SUELO 5						24					124	

Fuente: Autores.

Tabla 61. Valores ponderados de Cu (Kpa) de laboratorio.

VALORES PONDERADO DE Cu (Kpa) DE LABORATORIO												
Tipo de Suelo	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)		Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (Kpa)
SUELO 1	67	97.25	101.5	81.5	92.0	133.5	48.9	132.0	67.0	70.9	85.3	17.5
SUELO 2			78.5			53	53			53		23
SUELO 3					32.5						105	
SUELO 4			225.5		225.5	10	93	20.75			175.8	
SUELO 5						29					29	

Fuente: Autores.

Debido a los pocos datos encontrados en los suelos 2, 3, 4 y 5 no hay certeza de que las relaciones en estos suelos apliquen, ya que la muestra de datos es muy poca y además de que estos suelos contienen rastros o algunas partículas de otros suelos que no son arcillas.

Tabla 62. Error porcentual entre las relaciones y el valor de laboratorio.

ERROR PORCENTUAL ENTRE LAS RELACIONES Y EL VALOR DE LABORATORIO												
Tipo de Suelo	Sanglerat (1972) [Campo] (Kpa)	Terzaghi & Peck (1967) [Campo] (Kpa)	Hara et al. (1974) [Campo] (Kpa)	Sowers (1979) [Campo] (Kpa)	Nixon (1982) [Campo] (Kpa)	Sivrikaya & Toğrol (2002) [Campo/45%] (Kpa)		Stroud (1974) [Campo] (Kpa)	Décourt (1990) [Campo/45%] (Kpa)		Ajayi & Balogun (1988) [Campo] (Kpa)	Hettiarachchi & Brown (2009) [45%] (Kpa)
SUELO 1	7%	6%	5%	0%	4%	37%	52%	3%	7%	0%	26%	85%
SUELO 2			0%			14%	45%			11%		81%
SUELO 3					11%						6%	
SUELO 4			35%		12%	1%	2%	5%			47%	
SUELO 5						18%					328%	

Fuente: Autores.

Para los suelos clasificados en el primer grupo “suelo 1” todas las relaciones lograron determinar el valor del Cu en campo, las relaciones de Hara et al. (1974) y Ajayi&Balogun (1988) son las que presentan un menor error porcentual respecto al valor en laboratorio ($q/2$) a la vez que presentan una serie de datos amplia. La relación de Hara et al. (1974) presenta el menor error porcentual entre las dos con un valor del 5% con una cantidad de datos vasta, con la cual se puede establecer una confiabilidad en el uso de esta correlación para estimar el valor de Cu en campo a partir del número de golpes N de ensayo SPT.

Para los suelos clasificados en el segundo grupo “suelo 2”, ninguna de las relaciones presenta datos confiables. Las correlaciones que proponen Hara et al de 1984, Sivrikaja&Togrol (1979) y Décourt de 1990, presentan unas diferencias porcentuales pequeñas respecto al valor teórico ($q/2$), pero solo aplicaron para uno o dos datos, los cuales son insuficientes para estimar que alguna de estas relaciones aplique para el cálculo del Cu en campo

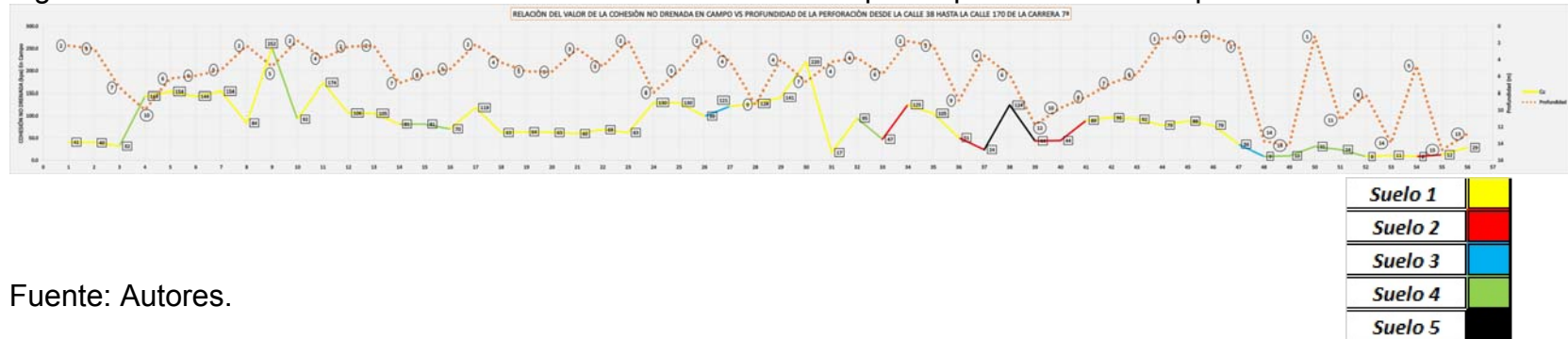
Otras relaciones como las de Hettiarachchi& Brown (2009) aplicaron para muchos de los estudios pero la diferencia porcentual en comparación con el valor de laboratorio ($q/2$) es del 85%. Con base en lo anterior ninguna de las relaciones propuestas, permitiría estimar un valor de Cu en campo confiable para el grupo de suelos “Suelo 2”.

Para los suelos clasificados en los grupos “suelos 3” y “suelo 5”, solo se obtuvieron dos datos de la investigación. Para estos tipos de suelo solo se encontraron dos lugares en los cuales algunas de las relaciones propuesta presenta un error porcentual bajo. Determinar alguna conclusión o análisis con base en este número de datos no resultaría confiable.

Para los suelos clasificados en el segundo grupo “suelo 4”, ninguna de las relaciones presenta datos confiables. Las correlaciones que proponen Hara et al de 1984, Nixon (1982) Sivrikaja&Togrol (1979) y Stroud (1974), presenta una diferencias porcentuales pequeñas respecto al valor teórico ($q/2$), pero solo aplicaron para dos lugares en los cuales se realizó la investigación, de lo cual se obtiene solo 2 datos, los cuales son insuficientes para estimar que alguna de estas relaciones aplique para el cálculo del Cu en campo.

Otras relaciones como las de Ajayi&Balogun (1988) aplicaron para varios de los estudios pero con una diferencia porcentual del 45% en comparación con el valor de laboratorio ($q/2$). Con base en lo anterior se determinó que ninguna de las relaciones propuestas, permite estimar un valor de Cu en campo para el grupo de suelos “Suelo 4”.

Figura 22. Relación del valor de la cohesión no drenada en campo vs. profundidad de la perforación



Fuente: Autores.

- Los suelos a lo largo de la carrera séptima en su mayoría corresponden a arcillas. Aproximadamente en un 70% de las zonas de estudio se estableció que el perfil estratigráfico se pueden encontrar, a distintas profundidades arcillas con trazas de arena o arcillosas limosas con rastros de área
- Los valores de la cohesión no drenada presentada para la estación de la calle 38 en promedio son de 37 Kpa, los cuales son bajos en comparación con los de la calle 45 hasta la calle 60
- En la calle 64 y hasta la calle 79 el rango de valor de la cohesión no drenada es de 17.2 Kpa hasta 220 lo cual hace que la resistencia al corte varié en diferentes profundidades
- Desde la calle 79 se empieza a encontrar diferentes suelos de forma continua como son Arena fina limosa, Arena Arcillosa con Gravas o Arcilla Arenosa con Gravas y Limo arenoso con gravas; estas se encuentran de 2 m a 12 m lo cual quiere decir que la estratigrafía de los suelos no con continuos a lo largo de la carrera 7ª

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar otros ensayos in situ para determinar la cohesión no drenada en campo, como el ensayo de veleta. Debido a que los valores obtenidos a partir del ensayo SPT son limitados y no presentan una buena confiabilidad, el ensayo SPT tiene como objetivo la caracterización de los suelos y la estimación de la compacidad. El ensayo de veleta tiene por objeto la determinación de la cohesión no drenada de los suelos.
- Para los suelos clasificados en el grupo “Suelo 1” la mejor relación con la que se puede estimar el valor de la cohesión no drenada (C_u) es la postulada por Hara et al. en 1974, la relación es la siguiente $29 \cdot N^{0.72}$.
- Para los suelos clasificados en los grupos “Suelo 2”, “Suelo 3”, “Suelo 4”, y “Suelo 5” ninguna de las relaciones trabajadas lograron estimar un valor de cohesión no drenada (C_u) confiable.
- Los datos obtenidos en el análisis se reportaron en la figura 22, en la cual se puede determinar que casi el 70% de las estaciones estudiadas tiene como suelo característico el tipo “Suelo 1”, por esta razón la investigación se enfatizó en el estudio de este tipo de suelo, ya que al estar presente en la mayoría de estaciones es posible tener una serie de datos amplia con los cuales poder determinar un resultado confiable

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Informe de rendición de cuentas programa movilidad humana. [en línea]. Bogotá [citado: 8, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/ideofolio/informe-rendicion-de-cuentas-sdm-2013_22579.pdf>.

GOOGLE MAPS. Zona nororiental de Bogotá [en línea]. Bogotá [citado: 14, nov., 2014]. Disponible en Internet: <URL:<https://www.google.com/maps/@4.6711565,-74.0418859,765m/data=!3m1!1e3>>.

EL TIEMPO. A la carrera Séptima le sobran estudios y le faltan soluciones. [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.eltiempo.com/bogota/tranvia-en-la-carrera-septima-no-empezara-en-gobierno-de-petro/14630616>>.

ALVARO J. y GONZALEZ G. Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT [en línea]. Bogotá [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/ESTIMATIVOS-DE-PARAMETROS-DE-RESISTENCIA-CON-SPT.pdf>>.

NASSAJI, Frazad y KALANTARI, Behzad. SPT Capability to Estimate Undrained Shear Strength of Fine-Grained Soils of Tehran [en línea]. Iran [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <<http://www.ejge.com/2011/Ppr11.120/Ppr11.120alr.pdf>>.

DEVINCENZI, M. & FRANK, N. Ensayo geotecnico in situ su ejecución e interpretación [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/wp-content/uploads/2014/06/Devicenci-Ensayos-in-situ.pdf> >.

INVIAS. Ensayo de penetración normal (spt) y muestreo de suelos con tubo partido. [en línea]. Bogotá [citado: 11, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-111-07.pdf >.

CRUZ, C. Ensayo de penetración estándar [en línea]. Bogotá [citado: 11, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://es.slideshare.net/Carolina_Cruz/ensayo-spt-25606725>.

SORIANO, C. Aspectos generales sobre el ensayo de penetración estándar SPT [en línea]. Bogotá [citado: 02, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://es.slideshare.net/cristiansorianoc/ensayo-de-penetracion-estandar>>.

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. Informe ensayo de compresión simple [en línea]. Bogotá [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://es.slideshare.net/JorgeVizneyChambiMamani/30512569-informeensayodecompresionsimple>>.

INVIAS. Compresión inconfiada en muestras de suelos [en línea]. Bogotá [citado: 15, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/sites/default/files/Norma%20INV%20E-152-07_0.pdf>.

IDU. Correlaciones a partir del ensayo de penetración estándar SPT. [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/38714/9/60015584-03.pdf>>.

IDU. Perfil estratigráfico promedio [en línea]. Bogotá [citado: 20, feb., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/31922/6/60013158-02.pdf>>.