

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(251)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	LUIS MIGUEL DUARTE VERGARA HUGO ANDRÉS ÁLVAREZ QUINTERO		
FACULTAD	INGENIERÍAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA CIVIL		
DIRECTOR	ROMEL JESÚS GALLARDO AMAYA		
TÍTULO DE LA TESIS	DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DEL ÍNDICE DE COMPRESIÓN DEL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN Y EL LÍMITE LÍQUIDO PARA LOS SUELOS COHESIVOS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO TIENE POR OBJETIVO LA DETERMINACIÓN DE UNA CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DEL ÍNDICE DE COMPRESIÓN Y EL LÍMITE LÍQUIDO EN LOS SUELOS COHESIVOS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.</p> <p>DURANTE LA INVESTIGACIÓN SE REALIZARON IDENTIFICACIÓN DE PERFILES DE SUELO, MUESTREO EN CAMPO, ENSAYOS DE LABORATORIO, Y FINALMENTE UNA ANÁLISIS ESTADÍSTICO QUE PERMITIERA OBTENER UNA CORRELACIÓN ACEPTABLE ENTRE EL ÍNDICE DE COMPRESIÓN Y EL LÍMITE LÍQUIDO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 251	PLANOS: 1	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DEL ÍNDICE DE
COMPRESIÓN DEL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN Y EL LÍMITE LÍQUIDO PARA
SUELOS COHESIVOS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE
SANTANDER

AUTOR

LUIS MIGUEL DUARTE VERGARA

HUGO ANDRÉS ÁLVAREZ QUINTERO

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

DIRECTOR

MSc. ROMEL J. GALLARDO AMAYA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Dedicatoria

Le dedico este logro principalmente a Dios, por ser mi guía y brindarme la fortaleza mental y física ante todas las situaciones presentadas.

A mis padres, Miguel Ángel Duarte e Idalides Vergara, por ser mi apoyo incondicional durante toda la carrera, por creer en mí y brindarme todos los recursos y herramientas necesarias para obtener esta meta.

A mi compañero de proyecto, Hugo Andrés Álvarez por su trabajo y por hacer de esta meta una realidad.

A mis familiares y amigos por su compañía incondicional.

Luis Miguel Duarte Vergara

Dedicatoria

En primera instancia darle gracias a Dios porque me ha permitido superar esta etapa y me ha dado mucha sabiduría y perseverancia. Este logro se lo quiero dedicar a mi madre Blanca Alaines Quintero Bustos y mi padre Hugo Alvarez Agudelo, quienes son los principales responsables de lograr esta victoria y es a ellos a quien les voy a agradecer siempre esa dedicación constante, lucha y apoyo para lograr formarme como profesional.

También quiero dedicar este triunfo a toda mi familia, mi abuela, mi hermana y mi novia que siempre estuvieron prestos a brindarme su apoyo y darme ánimos en presencia de momentos difíciles; darme esa voz de aliento para tener valor de ponerle el pecho a cada obstáculo encontrado. A mis amigos, que nunca fueron ajenos a mi proceso y siempre creyeron en mí y en mis capacidades.

Agradecerle a Luis Miguel Duarte, por darme la oportunidad de ser su compañero de proyecto de grado, por tener siempre la disponibilidad de trabajar y querer dar lo mejor para obtener excelentes resultados que sin duda alguna, juntos pudimos lograr nuestros objetivos y obtener resultados muy satisfactorios como investigadores.

Hugo Andrés Álvarez Quintero

Agradecimientos

Los autores de este proyecto expresan su cordial agradecimiento al magister Romel J. Gallardo Amaya, por la dirección del trabajo realizado, su apoyo y colaboración permanente durante toda la investigación.

Así mismo agradecen a todas aquellas personas involucradas en la realización del proyecto, especialmente al Ingeniero Agustín Armando Macgregor, por su permanente asesoría, al laboratorista Oliver Picón Vacca, por su colaboración constante en la ejecución de los ensayos de laboratorio y a la Ingeniería Jennifer Prada, por su valioso aporte en el desarrollo de las actividades metodológicas y estadísticas.

Finalmente agradecer a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña por brindar los conocimientos, las herramientas y los espacios necesarios para desarrollar nuestro trabajo.

Luis Miguel Duarte Vergara

Hugo Andrés Álvarez Quintero

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1: Determinación de la correlación entre los valores del índice de compresión del ensayo de consolidación y el límite líquido para suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Delimitaciones.....	5
1.5.1. Operativas:.....	5
1.5.2. Conceptuales:	5
1.5.3. Geográficas:	5
1.5.4. Temporales:	5
Capítulo 2: Marco referencial.....	6
2.1. Antecedentes:	6
2.2. Marco Histórico:	7
2.3 Marco conceptual:.....	10
2.3.1. Esfuerzo efectivo:	10
2.3.2. Consolidación:.....	10
2.3.3. Propiedades índices del suelo:	11
2.3.4. Plasticidad y Consistencia:.....	12
2.3.5. Permeabilidad:.....	12
2.3.6. Asentamiento:	13
2.3.7. Suelos residuales:	13
2.3.8. Suelos transportados:.....	14
2.3.9. Gradiente hidráulico:.....	14
2.4. Marco teórico:.....	15
2.4.1. Teoría del esfuerzo efectivo:	15
2.4.2. Ley de Darcy:.....	16
2.4.3. Teoría de consolidación unidimensional:	16
2.4.5. Parámetros obtenidos del ensayo de consolidación:.....	21

2.4.6. Consistencia del suelo:	23
2.4.7. Correlación entre el índice de compresión y el límite líquido:.....	24
2.5. Marco legal:.....	27
Capítulo 3: Diseño metodológico	28
3.1. Tipo de investigación:	28
3.2. Población:	28
3.3. Muestra:.....	28
3.4. Instrumentos para la recolección de información:.....	29
3.5. Análisis de la información recolectada:.....	29
Capítulo 4: Resultados	31
4.1. Hallazgos y conclusiones:	31
4.1.1. Determinar la correlación entre los valores del índice de compresión del ensayo de consolidación y el límite líquido para suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.	31
Capítulo 5: Conclusiones.....	87
Capítulo 6: Recomendaciones	89
Referencias	90
Apéndices	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de consolidación.....	11
Figura 2. Perfil de meteorización típica de un suelo residual.....	14
Figura 3. Consolidómetro.....	18
Figura 4. Gráfica de deformación en función del tiempo en el ensayo de consolidación.	19
Figura 5. Curvas de compresibilidad.....	21
Figura 6. Límites de Atterberg.	23
Figura 7. Mapa Geológico de la ciudad de Ocaña.....	34
Figura 8. Sectores donde se presentan suelos cohesivos residuales dentro del complejo ígneo intrusivo-extrusivo.	37
Figura 9. Perfil de Meteorización de Los Sauces	38
Figura 10. Perfil de Meteorización de Vía a Buena Vista.	39
Figura 11. Perfil de Meteorización de Travesías.....	40
Figura 12. Perfil de Meteorización de Filipote.....	41
Figura 13. Perfil de Meteorización de El Dorado.....	42
Figura 14. Perfil de Meteorización de El Hatillo.	43
Figura 15. Perfil de Meteorización de El Líbano.	44
Figura 16. Ubicación de los sectores identificados con perfiles de meteorización en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.	45
Figura 17. Hincado de los tubos Shelby. Figura 18. Protección de los tubos Shelby.	47
Figura 19. Muestras inalteradas, extracción mediante apiques.	48
Figura 20. Granulometría por tamizado. Figura 21. Ensayo de límite líquido.	48
Figura 22. Ensayo de límite plástico.	49
Figura 23. Peso de material inalterado para obtener su contenido de humedad.....	51
Figura 24. Peso de las muestras sumergidas en agua para obtener su peso unitario.	51
Figura 25. Método de ebullición aplicado para obtener la gravedad específica.....	52
Figura 26. Aplicación del agua destilada en las muestras.	53
Figura 27. Peso del material saturado.	53
Figura 28. Ensayo de Consolidación, Figura 29. Ensayo de consolidación,	55
Figura 30. Curva de Compresibilidad.	56
Figura 31. Identificación del punto de mayor curvatura.	57
Figura 32. Trazo de la línea horizontal y tangente al punto.	57
Figura 33. Trazo de línea bisectriz.	58
Figura 34. Prolongación del tramo recto de la curva.....	58
Figura 35. Valor del esfuerzo de preconsolidación.	59
Figura 36. Localización del Punto 1 en la curva de compresibilidad.....	61
Figura 37. Recta virgen en la curva de compresibilidad.	62
Figura 38. Histograma de los valores del Límite Líquido.....	78
Figura 39. Distribución de valores del límite líquido.....	79
Figura 40. Histograma de los valores del índice de compresión de laboratorio.....	81
Figura 41. Distribución de valores del índice de compresión de laboratorio.	81
Figura 42. Histograma de los valores del índice de compresión calculados con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).	83

Figura 43. Distribución de valores del índice de compresión calculados con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).	83
Figura 44. Histograma de los valores del índice de compresión calculados con la ecuación 11.	85
Figura 45. Distribución de valores del índice de compresión calculados con la ecuación 11.....	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Correlaciones para la obtención del índice de compresión.	25
Tabla 2. Correlaciones para obtener el índice de compresión empleando más de una propiedad índice. ...	26
Tabla 3. Clasificación del suelo en cada uno de los sectores estudiados.	50
Tabla 4. Propiedades físicas del suelo.	54
Tabla 5. Índices de compresión obtenidos en laboratorio.	63
Tabla 6. Resumen de resultados de laboratorio.	66
Tabla 7. Índice de compresión calculado con la ecuación de Terzaghi y Peck (1967).	67
Tabla 8. Valores del índice de compresión de laboratorio y calculados con la ecuación de Terzaghi y Peck (1967).	69
Tabla 9. Valores del índice de compresión de laboratorio, empleando la correlación de Terzaghi y Peck (1967) y con una estimación $\pm 30\%$ del valor hallado con la correlación.	72
Tabla 10. Interpretación de los valores del coeficiente de correlación.	75
Tabla 11. Medidas estadísticas de la correlación.	76
Tabla 12. Índice de compresión obtenido con la correlación $C_c = 0,0054(L.L. + 32)$	77
Tabla 13. Límites Líquidos empleados para obtener la correlación ordenados de forma ascendente.	78
Tabla 14. Medidas estadísticas del límite líquido.	79
Tabla 15. Valores del índice de compresión obtenidos en laboratorio ordenados en forma ascendente.	80
Tabla 16. Medidas estadísticas de los valores del índice de compresión de laboratorio.	82
Tabla 17. Valores del índice de compresión obtenidos con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).	82
Tabla 18. Medidas estadísticas de los valores del índice de compresión calculados con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).	84
Tabla 19. Valores del índice de compresión calculados con la ecuación 11.	84
Tabla 20. Medidas estadísticas de los valores del índice de compresión calculados con la ecuación 11. ..	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico. 1. Índice de compresión calculado con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).	68
Gráfico. 2. Valores del índice de compresión calculado en laboratorio y mediante la ecuación de Terzaghi y Peck (1967).	70
Gráfico. 3 Comparación porcentual del índice de compresión para un rango $\pm 30\%$ del valor hallado con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).....	71
Gráfico. 4. Correlación entre el índice de compresión calculado en laboratorio y el límite líquido.....	76

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice A. Formatos ensayos de granulometría por tamizado.	92
Apéndice B. Límites de consistencia.....	106
Apéndice C. Formatos de gravedad específica.....	120
Apéndice D. Formatos de contenido de humedad.....	127
Apéndice E. Formatos de peso unitario.....	134
Apéndice F. Formatos de tiempo de saturación.	148
Apéndice G. Formatos de ensayos de consolidación unidimensional.....	155
Apéndice H. Coordenadas de puntos de toma de muestras de suelo.....	239

INTRODUCCIÓN

A medida que las ciudades se expanden, aumenta el número y el tamaño de las edificaciones y demás estructuras, haciendo necesario conocer en detalle las propiedades que el suelo posee, así como las posibles variaciones que puede presentar al estar sometido a diversos estados de esfuerzo.

La compresibilidad es uno de los fenómenos que mejor permite conocer el suelo, además de proporcionar datos necesarios para el diseño de cimentaciones. Dentro del conjunto de propiedades vinculadas a la compresibilidad, el índice de compresión es el empleado para la estimación de asentamientos, por lo que su correcta obtención es fundamental en cualquier estudio geotécnico, sin embargo, estimar este valor en laboratorio mediante un ensayo de consolidación requiere un tiempo considerable, por lo que comúnmente se utilizan correlaciones empíricas entre el índice de compresión y otras propiedades del suelo, como el límite líquido, límite plástico, gravedad específica, entre otras.

En la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, es común la utilización de la correlación propuesta por Terzaghi y Peck (1967), la cual relaciona el índice de compresión con el límite líquido. Esta correlación es la más difundida entre los profesionales geotécnicos de la ciudad dado el prestigio de estos investigadores, la facilidad para obtener el límite líquido de cualquier tipo de suelo y que no se han desarrollado investigaciones en la ciudad referentes a correlaciones para obtener el índice de compresión.

Por lo anterior, se decide enfocar el desarrollo del presente trabajo de grado a demostrar la validez de la correlación de Terzaghi y Peck (1967) en los suelos cohesivos residuales de la

ciudad de Ocaña, así como a la obtención de una correlación propia que garantice una mayor confiabilidad en la obtención de este parámetro.

Capítulo 1: Determinación de la correlación entre los valores del índice de compresión del ensayo de consolidación y el límite líquido para suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander

1.1. Planteamiento del problema

El ensayo de consolidación permite obtener el índice de compresión que se utiliza para calcular los asentamientos en suelos cohesivos residuales, pero dado que la realización de este ensayo demanda una gran inversión de tiempo, pocas veces es realizado en los proyectos de construcción que se ejecutan en la ciudad de Ocaña.

Para evitar la realización de este ensayo y obtener el índice de compresión, los profesionales recurren a la ecuación planteada por Terzaghi y Peck (1967), la cual correlaciona el índice de compresión con el límite líquido, sin embargo, las muestras de suelo que se utilizaron para obtener esta ecuación corresponden a diversas partes del mundo. En la actualidad, no se ha realizado un ensayo que verifique esta ecuación para las condiciones propias de los suelos cohesivos residuales presentes en la ciudad de Ocaña, a pesar de la creciente expansión urbana que se está presentando en zonas con suelos de éstas características.

Una incorrecta obtención del índice de compresión puede conllevar a obtener asentamientos erróneos, alterando de esta forma el diseño de las cimentaciones, lo que puede afectar posteriormente a la estructura construida. A pesar de esto, se utilizan las correlaciones sin garantizarse su validez para los suelos que se estén estudiando.

1.2. Formulación del problema

¿Es adecuada la correlación de Terzaghi y Peck (1967) para hallar los valores del índice de compresión que se obtiene del ensayo de consolidación para los suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la correlación entre los valores del índice de compresión del ensayo de consolidación y el límite líquido para suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los sectores de la ciudad de Ocaña en los que se presentan perfiles de suelos cohesivos residuales.
- Obtener el índice de compresión mediante el ensayo de consolidación y el límite líquido para cada una de las muestras de suelo.
- Comparar los resultados obtenidos en laboratorio con los valores de la correlación planteada por Terzaghi y Peck (1967) para suelos cohesivos residuales.

1.4. Justificación

Determinar la correlación del índice de compresión y el límite líquido para los suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, permitió corroborar la ecuación planteada por Terzaghi y Peck (1967) y establecer si su uso es adecuado en los estudios geotécnicos que se realizan en la ciudad. Dado que los resultados de la investigación arrojaron una diferencia significativa respecto a lo planteado por Terzaghi y Peck (1967), pudo obtenerse una correlación

propia para los suelos cohesivos residuales de la ciudad, que facilitará la obtención de los asentamientos por consolidación primaria, evitando la incertidumbre que existe en la actualidad al momento de evaluar los asentamientos diferenciales y compararlos con los valores límites establecidos en el numeral H.4.9 de la NSR-10. Aunque el propósito de esta investigación no fue reemplazar el ensayo de consolidación empleando la correlación, sino servir de apoyo a los profesionales geotécnicos al momento de realizar sus estudios y emitir consideraciones de diseño, especialmente de cimentaciones.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Operativas: Para la obtención de las muestras del ensayo, de acuerdo al terreno se emplearon toma muestras tipo Shelby y en otros puntos se realizaron apiques por cada sitio de muestreo. Se obtuvieron las muestras siguiendo las indicaciones de la I.N.V. E – 105. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, sede Primavera.

1.5.2. Conceptuales: Se tuvieron en cuenta los siguientes conceptos: Esfuerzo efectivo, consolidación, suelos residuales, suelos transportados, perfil de meteorización, permeabilidad, asentamiento, propiedades índice, gradiente hidráulico, entre otros.

1.5.3. Geográficas: Las muestras fueron obtenidas dentro del perímetro urbano de la ciudad de Ocaña, basados en el Plano de la Geología de la ciudad descrito en el PBOT, y que presentaban un perfil de meteorización en el que se tuvieran suelos cohesivos residuales.

1.5.4. Temporales: El tiempo de desarrollo de la investigación fue de 6 meses.

Capítulo 2: Marco referencial

2.1. Antecedentes:

- En el año 2013 en la Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., se llevó a cabo la investigación titulada: “INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE EN EL ÍNDICE DE COMPRESIÓN EN LAS ARCILLAS DEL VALLE DE MÉXICO”. El objetivo de esta investigación fue establecer correlaciones entre el índice de compresión y las propiedades índices de las arcillas del Valle de México. Como resultado, establecieron ciertas correlaciones para el análisis preliminar de las condiciones de compresibilidad de los suelos.
- La Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, en el año 1994, llevó a cabo una investigación titulada: “CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE COMPRESIÓN Y EL LÍMITE LÍQUIDO PARA LIMOS Y ARCILLAS PROVENIENTES DEL BATOLITO ANTIOQUEÑO EN EL MUNICIPIO DE SANTUARIO”, donde se buscaba establecer una correlación estadística entre el límite líquido (LL) y el índice de compresión (Cc), realizando los respectivos ensayos de consolidación y clasificación, pero dicha correlación no pudo ser aplicada, según los autores, para los suelos tropicales, pues las muestras no tienen un comportamiento uniforme aun estando ubicadas las muestras en puntos adyacentes. Sin embargo, los autores recomiendan continuar con la investigación, teniendo en cuenta aspectos fundamentales tales como la historia geológica, perfiles y meteorización, y así poder confirmar o negar con seguridad los resultados obtenidos en la región estudiada.
- En el año 2012 la Universidad Libre de Pereira, Colombia, desarrollo la investigación titulada: “DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE EL COEFICIENTE DE

COMPRESIÓN Y PROPIEDADES ÍNDICE EN SUELOS DE EXPANSIÓN URBANA DE PEREIRA”, en donde realizaron el análisis de la compresión (comportamiento esfuerzo deformación unidimensional) y su relación con algunas propiedades índice, concluyendo que las mejores correlaciones para obtener el índice de compresión eran aquellas que tenían como variables el contenido de humedad natural, peso unitario húmedo del suelo o la relación de vacíos.

- En el año 2013, la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, llevo a cabo la investigación titulada: “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD E ÍNDICE DE EXPANSIÓN DE LOS SUELOS COHESIVOS BLANDOS EN LA ZONA DE TONSUPA EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS”, con la cual compararon la obtención del índice de compresión en función de las propiedades índice, concluyendo que la relación de vacíos es la que permite los mejores resultados en los suelos de esta zona, si se comparan con los resultados del ensayo de consolidación.

2.2. Marco Histórico:

Dentro del campo de la Mecánica de Suelos, Karl Terzaghi es considerado el más ilustre e influyente investigador, dado que fundamentó las bases teóricas sobre las cuales se han desarrollado relaciones empíricas como respuesta a los distintos problemas que se presentan dentro del estudio de suelos, además de un gran aporte práctico que ha permitido una mejor comprensión de las condiciones en campo, facilitando la aplicación de las teorías y la interpretación de los resultados obtenidos (Juárez y Rico, 2005).

Fue precisamente Karl Terzaghi, quien desarrolló la teoría de la consolidación, con la cual describe el proceso de consolidación unidimensional y los parámetros que pueden obtenerse a partir de éste (Das, 2015). Posteriormente y dado las diferencias que se presentaban entre los

resultados obtenidos con la teoría de Terzaghi y los de laboratorio, se desarrollaron modelos como el de Buisman en 1936, y el de Taylor y Merchant en 1940 (Ayala, 2013).

En general, la Mecánica de suelos proporcionó un mejoramiento de los métodos empíricos que hasta entonces se empleaban, gracias a la realización de numerosos trabajos e investigaciones relacionadas con los suelos, basadas principalmente en el trabajo de Terzaghi (Crespo, 2004). Pero antes de plasmarse las teorías sobre las cuales se fundamenta la Mecánica de Suelos, existía una enorme incertidumbre a la hora de realizar diseños, por ejemplo, en la mayoría de los casos los asentamientos eran calculados considerando únicamente el estrato de suelo inmediatamente inferior, y en caso de presentarse arcilla blanda 3 o 4 metros debajo de la cota de fundación, su existencia era comúnmente ignorada (Terzaghi y Peck, 1967).

Existen numerosos ejemplos de la situación anterior alrededor del mundo, entre ellos los problemas presentados en Ciudad de México, donde los asentamientos varían desde 1 a 4 metros y obedecen a problemas masivos de bombeo de aguas subterráneas; otra ciudad que presenta esta situación es Houston, Texas, donde algunas zonas presentan asentamientos hasta de 3 metros y la velocidad de asentamiento corriente es del orden de 150 mm por año. (Bowles, 1982). Pero sin lugar a dudas, el ejemplo más conocido en todo el mundo sobre el efecto de la consolidación es la Torre de Pisa, cuya construcción fue finalizada en el año 1350, y desde entonces continua hundiéndose e inclinándose como consecuencia de este asentamiento; las investigaciones que se realizaron sobre el subsuelo de esta construcción indicaron que la torre fue construida sobre una capa de arena de 11 m de espesor, la cual descansa sobre una capa de arcilla de 8 m de grueso, que se ha ido consolidando gradualmente debido a las presiones transmitidas por la estructura (Crespo, 2004).

Ante los ejemplos descritos, Lambe y Whitman, 1969, expresaron que el propósito de las cimentaciones es evitar los asentamientos excesivos que puedan causar daños a las estructuras o dificultar sus funciones, además de considerar que el asentamiento crítico no es el total de los asentamientos, sino el diferencial o movimiento relativo de dos partes de la estructura.

En lo referente a la consolidación, se mencionó anteriormente que el ensayo de consolidación unidimensional permite obtener algunos parámetros. Dentro de estos parámetros se encuentran el coeficiente de compresibilidad (a_v), el coeficiente de compresibilidad volumétrica (m_v), el coeficiente de consolidación (C_v), el coeficiente de permeabilidad (k), el índice de compresión (C_c) y el índice de expansión (C_s) (Ayala, 2013).

De los anteriores parámetros, el índice de compresión relaciona cuánta consolidación o asentamiento tendrá lugar (Bowles, 1982), por lo que es usado para determinar los asentamientos por consolidación primaria (Das, 2015). Sin embargo, la realización del ensayo de consolidación unidimensional requiere un tiempo comprendido entre dos o tres semanas, para desarrollar un análisis completo del fenómeno y obtener gráficas de consolidación y compresibilidad (Ayala, 2013). La lentitud con que esto sucede, se debe a que las arcillas presentan un ajuste gradual de sus granos al aplicarse un esfuerzo, debido a la muy baja permeabilidad que presentan, por lo que necesitan mucho tiempo, para que, con el aumento de presiones, el agua excedente sea drenada y se restablezca el equilibrio (Terzaghi y Peck, 1967).

Lo anterior llevo a diversos investigadores a formular correlaciones empíricas entre el índice de compresión y propiedades índice (Bowles, 1982). Sin embargo, estas correlaciones están formuladas para suelos con condiciones específicas o para lugares determinados, limitando su utilización.

Existen muchas correlaciones, pero dada su alta utilización destacan las planteadas por Terzaghi y Peck en 1967, Nishida en 1956, Azzouz en 1976, Koppula en 1981 y 1986, Rendon – Herrero en 1983, entre otros (Das, 2015). Pero también se plantearon correlaciones para condiciones más locales, como los suelos españoles, las arcillas brasileñas, las arcillas de Chicago, Sau Paulo, entre otras (Bowles, 1982).

En América Latina, a pesar de presentarse correlaciones para las condiciones de sus suelos, éstas son igualmente motivo de constantes investigaciones para corroborar su utilización en suelos de zonas mucho más delimitadas. Estas investigaciones son llevadas a cabo generalmente en universidades. En Colombia, por ejemplo, se han realizado estudios en los suelos de las ciudades de Bogotá, Pereira, Cartagena (Martínez, 2016) y en el municipio de Santuario, Antioquía (Maturana y Abello, 1994).

Como se había indicado previamente, no se ha realizado ninguna investigación de este tipo que valide la utilización de las correlaciones del índice de compresión con el límite líquido en la ciudad de Ocaña.

2.3 Marco conceptual:

2.3.1. Esfuerzo efectivo: Se define como la diferencia entre el esfuerzo total en cualquier dirección y la presión del agua que existe en los vacíos del suelo. El esfuerzo efectivo es por lo tanto una diferencia de esfuerzos (Alva, 1991).

2.3.2. Consolidación: Se define como cualquier proceso en el cual se involucra un decremento en el contenido de agua de un suelo saturado, sin que se presente un reemplazo del agua por aire, debido a los cambios en el estado de esfuerzos de los suelos compresibles, que conlleva un cambio de volumen de vacíos (Ver figura 1), y si dichos vacíos se encuentran llenos

de agua se origina a su vez un cambio en el contenido de agua del suelo (Pinzón, 2007). Este proceso es dependiente del tiempo (Bowles, 1982).

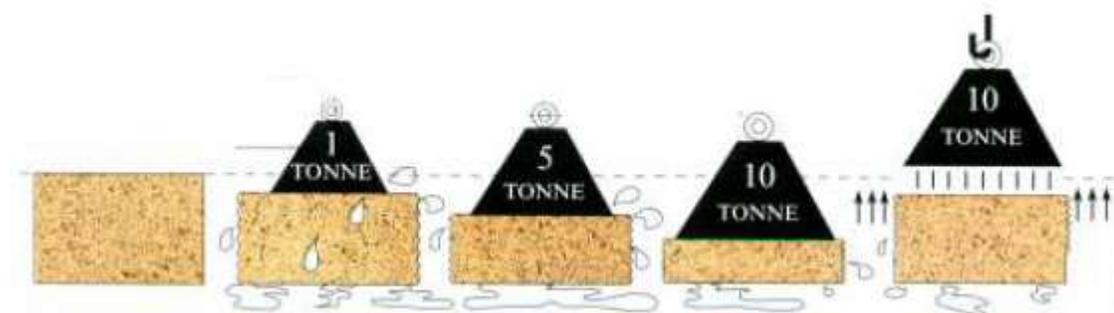


Figura 1. Proceso de consolidación.

Fuente: Poliotti y Sierra, *Geología y Geotecnia*, p.4.

2.3.3. Propiedades índices del suelo: Pueden definirse como aquellas propiedades que permiten la clasificación del suelo (Alva, 1991). Dentro de estas propiedades se encuentran (Juárez y Rico, 2005):

- **Relación de vacíos, Oquedad o Índice de poros:** Se refiere a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo.
- **Porosidad:** Se denomina de esta forma a la relación entre el volumen de vacíos de un suelo y el volumen de su masa.
- **Grado de saturación:** Se define como la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos de un suelo.
- **Contenido de agua o humedad:** Se refiere a la relación entre el peso de agua contenida en un suelo y el peso de su fase sólida.
- **Límites de consistencia:** Se emplean para medir la plasticidad de las arcillas. Entre ellos figuran el límite plástico y el límite líquido.

- **Gravedad específica:** Se define como la relación entre el peso específico de los sólidos dividido entre el peso específico del agua.

Las propiedades índice permiten describir con precisión cualquier tipo de suelo dado sin usar descripciones verbales que conlleven a malinterpretaciones debido a la vaguedad de la terminología empleada para tal fin (Peck, Hanson y Thornburn, 2004)

2.3.4. Plasticidad y Consistencia: Se define la *plasticidad* como la propiedad que tienen los suelos para poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse (Crespo, 2004). Los suelos solamente pueden presentar esta propiedad si existen en ellos ciertas proporciones de agua (Robinson, 1960). Mientras que la *consistencia* hace referencia a relativa facilidad con que un suelo puede ser deformado (Hoyos, 2001).

Ambos términos están estrechamente asociados, porque los suelos plásticos tienen cohesión y forman terrones duros al desecarse; además, la cohesión tiende a ser afectada por los cambios de humedad y, en los suelos de contextura media o pesada, aumenta a medida que se va desecando (Robinson, 1960).

2.3.5. Permeabilidad: Es una propiedad que existe en todos los suelos y se rige por leyes idénticas para todos los materiales, expresada en un coeficiente que mide la velocidad con la que el agua pasa a través del suelo cuando está sujeto a un gradiente hidráulico constante, por lo que la permeabilidad puede ser definida como la facultad con la que el agua pasa a través de los poros o vacíos de un suelo (Angeolone, Garibay y Cauhapé, 2006). Esto se debe a que los poros del suelo no son cavidades aisladas donde se pueda depositar agua como si fuera una cisterna, son más bien conductos pequeños e irregulares que están intercomunicados y por los

cuales puede fluir el agua de la misma manera que lo hace en otros conductos (Sowers y Sowers, 1972).

2.3.6. Asentamiento: Se define como el desplazamiento vertical debido a la aplicación de cargas estáticas transmitidas de la estructura al suelo adyacente y que permite evaluar la estabilidad de una cimentación o de una estructura de tierra (Trujillo, 2012). Al momento de cimentar, se debe evaluar los asentamientos mediante modelos de aceptación generalizada empleando parámetros de deformación obtenidos a partir de ensayos de laboratorio o correlaciones de campo suficientemente apoyadas en la experiencia (Título H, NSR-10).

2.3.7. Suelos residuales: Se aplica a aquellos suelos donde el resultado del intemperismo sobre la roca queda directamente en el lugar donde ocurre la intemperización, presentando un perfil de meteorización (Ver figura 2) que muestra la secuencia de materiales con diferentes propiedades que sobreyacen sobre la roca no meteorizada, además de estructuras heredadas como diaclasas, exfoliantes, juntas, grietas, fallas y otros defectos estructurales que muestra el suelo como herencia de los que tenía la roca original (Juárez y Rico, 2005).

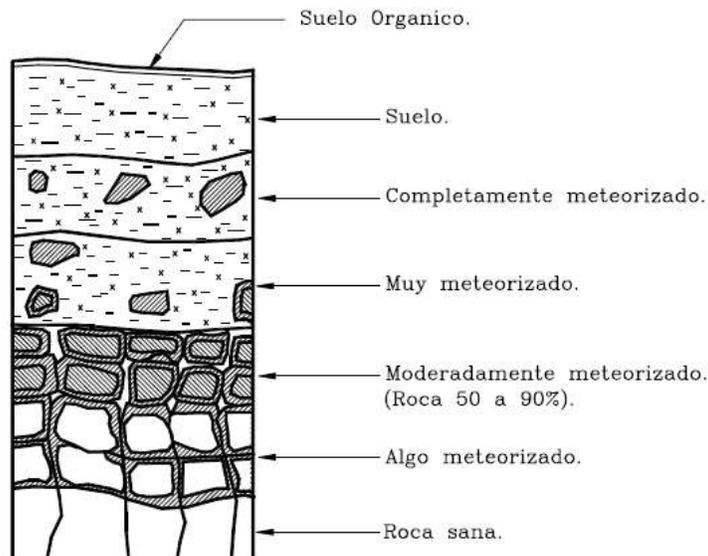


Figura 2. Perfil de meteorización típica de un suelo residual.

Fuente: Suárez, 1998. *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. p. 215.

2.3.8. Suelos transportados: Se refiere a aquellos suelos que son redepositados en una zona diferente al de su formación original, como resultado de procesos erosivos, por lo que estos suelos sobreyacen sobre otros estratos sin relación directa con ellos, formando de esta forma un perfil estratigráfico que resalta la secuencia de colocación y el espesor de estos estratos (Juárez y Rico, 2005).

2.3.9. Gradiente hidráulico: Se define como la pérdida de carga piezométrica por unidad de longitud de flujo (Borselli, 2017).

2.4. Marco teórico:

2.4.1. Teoría del esfuerzo efectivo: Se considera que dentro del esqueleto de una masa de suelo existen esfuerzos, los cuales resultan de las fuerzas que actúan sobre los puntos de contacto entre partículas individuales, además de existir esfuerzos dentro del fluido intersticial que ocupan los vacíos del suelo (Berry y Reid, 1998). Esto genera un interacción entre el fluido de los vacíos y la estructura del suelo, que termina determinando su comportamiento (Alva, 1991).

El concepto de esfuerzo efectivo puede ser expresado por medio de la ecuación 1 (Lambe y Whitman, 1969):

$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

Donde:

σ : Esfuerzo total.

u : Presión de poros

σ' : Esfuerzo efectivo

Como se mencionó anteriormente, este principio permite tratar de forma conveniente la mayor parte de los problemas de comportamiento de suelos, especialmente los saturados y secos, sin embargo, existen límites para su aplicación (Sáez, 2010). Bishop y Blight, citados en Alva, 1991, indican que deben existir dos condiciones para que la ecuación del esfuerzo efectivo cumpla rigurosamente para el cambio de volumen y la resistencia de los suelos saturados o secos, ellas son:

1. Las partículas del suelo se consideran incompresibles.

2. El esfuerzo de fluencia, es decir, el esfuerzo máximo que se puede aplicar a un material sin causar deformación plástica, que controla el área de contacto y la resistencia cortante intergranular, es independiente del esfuerzo de confinamiento.

Un ejemplo del efecto del esfuerzo efectivo sobre el comportamiento del suelo, es el reacomodo de las partículas del suelo al aumentar el esfuerzo efectivo, produciendo así una agrupación más compacta; por otra parte, si se mantiene constante el esfuerzo efectivo y se aumenta el esfuerzo total o la presión de poros, se producirá un efecto escaso o nulo sobre la compacidad de las partículas (Lambe y Whitman, 1969). En situaciones prácticas, se sugiere emplear los esfuerzos totales en problemas de estabilidad a corto plazo, mientras que para los de largo plazo, es más recomendado utilizar los esfuerzos efectivos (Suárez, 1998).

2.4.2. Ley de Darcy: Henry Darcy propuso una ecuación empírica simple (ecuación 2) para hallar la velocidad de descarga del agua a través de los suelos saturados (Das, 2015):

$$v = ki \quad (2)$$

Donde:

v : Velocidad de descarga, como la cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo a través de un área de sección transversal unitaria bruta de suelo en ángulo recto con la dirección del flujo.

k : Coeficiente de permeabilidad.

i : Gradiente hidráulico.

2.4.3. Teoría de consolidación unidimensional: Esta teoría fue expuesta por Terzaghi en el año 1925. En ella se considera una capa de suelo homogénea donde las deformaciones y

flujos son únicamente verticales, y la carga es aplicada de forma instantánea al inicio (Sáez, 2010). Para aplicar esta teoría, deben considerarse una serie de suposiciones (Bowles, 1982):

- El suelo permanece totalmente saturado.
- Son incompresibles los granos y el agua presente en el suelo.
- Existe una relación lineal entre la presión aplicada y el cambio de volumen.
- El coeficiente de permeabilidad K es constante.
- La Ley de Darcy es válida.
- Se mantiene una temperatura constante, para no afectar la viscosidad del agua.
- La consolidación se presenta solamente en sentido vertical.
- Se emplean muestras sin perturbaciones o inalteradas.

En la práctica, estas suposiciones se aplican sobre todo en los suelos finos arcillosos, dado que son estos los que presentan baja permeabilidad, por lo que el flujo de agua es lento y la disipación de esfuerzos es muy lenta, por lo que el suelo puede continuar deformándose durante varios años después de finalizada la construcción de la obra (Poliotti y Sierra, Geología y Geotecnia).

En el caso de los suelos granulares, debido a su alta permeabilidad, el drenaje debido al aumento de esfuerzos ocurre con rapidez, generalmente después de aplicar las cargas, por lo que el asentamiento y la consolidación ocurren simultáneamente (Das, 2015).

En condiciones naturales existen ejemplos del proceso de consolidación, como los depósitos de material muy suave situados en el fondo de una masa de agua, por ejemplo, un lago, donde se nota que el suelo reduce su volumen conforme pasa el tiempo y aumentan las cargas por sedimentación sucesiva (Juárez y Rico, 2005).

2.4.4. Ensayo de consolidación:

El ensayo de consolidación busca generar en laboratorio, las condiciones de un suelo de superficie horizontal cargado uniformemente, de tal manera que la única deformación posible sea en la dirección vertical (Sáez, 2000). Los resultados obtenidos de este ensayo permiten determinar el tiempo en el cual se produce la consolidación, además de la magnitud del asentamiento que tendrá lugar debido a la deformación del suelo (Poliotti y Sierra, Geología y Geotecnia).

En este ensayo se utiliza una muestra inalterada de suelo, el cual se confina completamente por medio de un anillo metálico, luego se aplican cargas en las caras de la muestra a través de dos piedras porosas (Ver figura 3) que permiten que el agua entre o salga de la arcilla, midiendo su deformación por medio de un deformímetro (Peck *et al.*, 2004). El aparato o dispositivo en que se realiza este ensayo se denomina consolidómetro (Terzaghi y Peck, 1967).

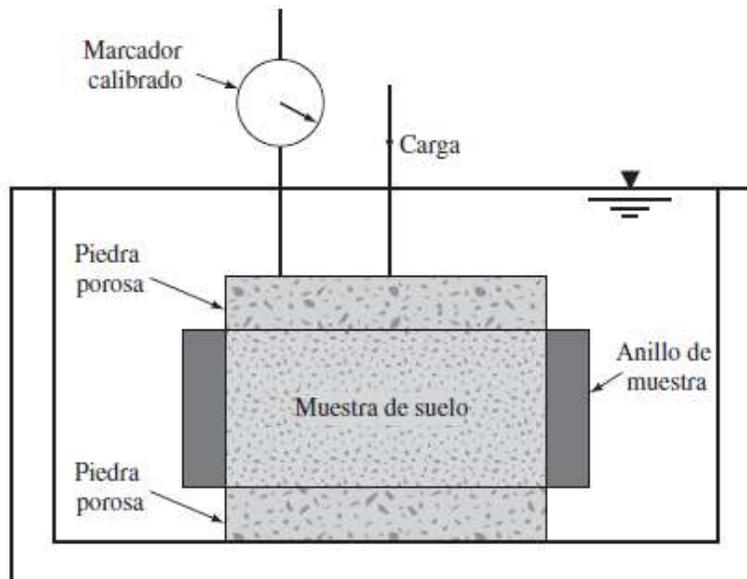


Figura 3. Consolidómetro.

Fuente: Das, 2015, *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. p.187.

Para iniciar el ensayo se aplica un esfuerzo de asiento donde se ajusta el deformímetro y se registra la deformación; posteriormente se continúan aplicando esfuerzos de forma periódica (cada 24 horas) con una relación de incremento de carga de 1.0, donde se duplica el esfuerzo total aplicado sobre el suelo, para obtener valores de alrededor de 12, 25, 50, 100, 200, ... kPa (INV E – 151 – 13). La variación periódica de los esfuerzos permite obtener una gráfica donde se relaciona la deformación de la muestra en función del tiempo denominada *curva de consolidación*, como se ilustra en la figura 4 (Das, 2015):

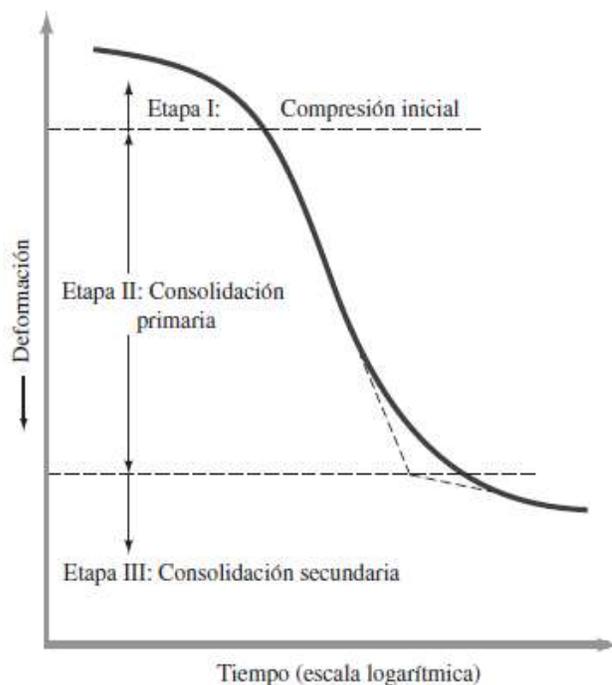


Figura 4. Gráfica de deformación en función del tiempo en el ensayo de consolidación.

Fuente: Das, 2015, *Fundamentos de ingeniería geotécnica*, p.187.

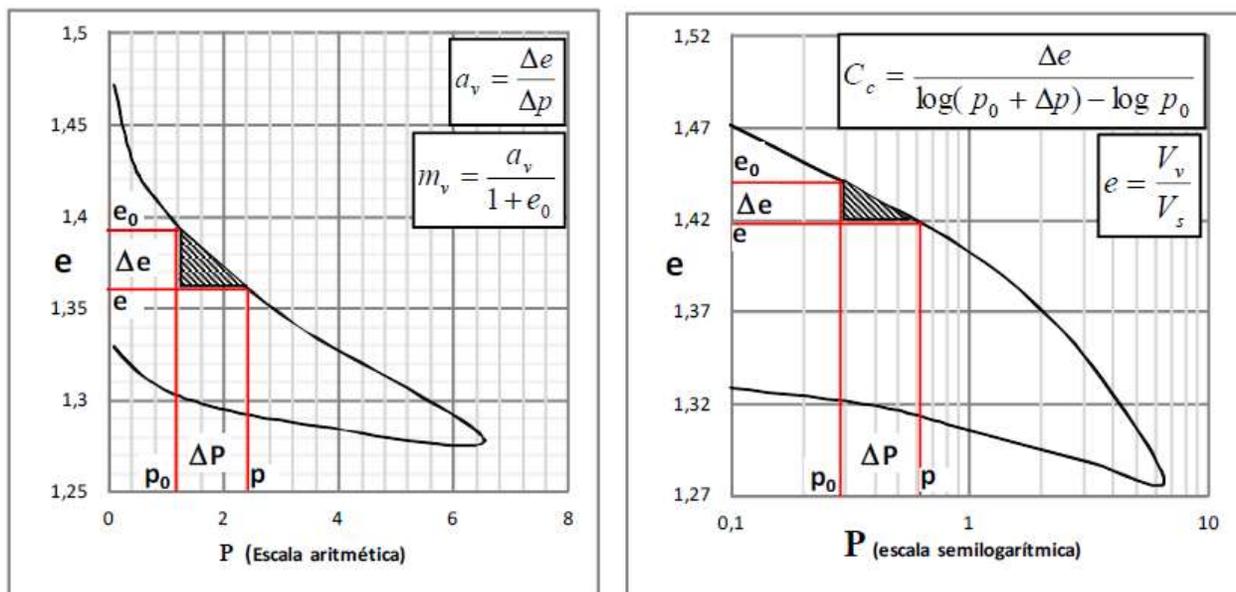
En la figura anterior se observan tres etapas (Das, 2015):

Etapa I: Compresión inicial, que es generada por la precarga.

Etapa II: Consolidación primaria, en la cual el exceso de presión del agua intersticial se transfiere gradualmente en esfuerzo efectivo por la expulsión de la misma.

Etapa III: Consolidación secundaria, ocurre la disipación total del exceso de presión del agua intersticial, cuando se lleva a cabo alguna deformación de la muestra debido al reajuste plástico del suelo.

Durante el ensayo de consolidación, puede determinarse la relación de vacíos con el registro de la deformación después de aplicada la carga cuando haya transcurrido el intervalo de tiempo correspondiente, y relacionándolo con la altura inicial y el peso específico de la muestra, repitiendo este proceso antes de aplicar cada carga (Poliotti y Sierra, Geología y Geotecnia). Posteriormente la relación de vacíos se relaciona con el esfuerzo total aplicado en cada intervalo, graficando esta relación en escala aritmética y semilogarítmica, obteniendo así las denominadas *Curvas de compresibilidad* como se ilustran en la figura 5 (INV E – 151 – 13).



Nota: P es el esfuerzo aplicado; e_0 es la relación de vacíos inicial; Δe es la diferencia entre la relación de vacíos inicial y final; e es la relación de vacíos de la muestra, Δp es la diferencia de esfuerzos entre las distintas aplicaciones y p_0 es el esfuerzo inicial aplicado.

Figura 5. Curvas de compresibilidad

Fuente: Duque y Escobar, 2016, *Geomecánica*, p.140.

2.4.5. Parámetros obtenidos del ensayo de consolidación: Con las curvas de consolidación y compresibilidad descritas anteriormente, pueden determinarse una serie de parámetros que serán empleados en el cálculo de los distintos tipos de asentamientos (INV E – 151 – 13). Dentro de estos parámetros se encuentran los siguientes (Ayala, 2013):

- **Coefficiente de compresibilidad (a_v):** Indica la variación entre la relación de vacíos respecto al esfuerzo aplicado:

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'} \quad (3)$$

- **Coefficiente de compresibilidad volumétrica (m_v):** Expresa el cambio de volumen por unidad de incremento de esfuerzo efectivo.

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e_0} \quad (4)$$

- **Coefficiente de consolidación (C_v):** Está relacionado con el tiempo en el que tendrá lugar cierta cantidad de consolidación (Bowles, 1982):

$$C_v = \frac{T \cdot H^2}{t} \quad (5)$$

Donde:

T = Factor cuyo valor es 0.197 para el 50% de consolidación primaria y 0.848 para el 90%.

H = Longitud del máximo camino de drenaje durante un aumento de esfuerzo.

t = Tiempo para el correspondiente factor de tiempo

- **Índice de compresión (C_c):** (Adimensional), indica cuanta consolidación o asentamiento tendrá lugar (Bowles, 1982):

$$C_c = \frac{\Delta e}{\log(p_o + \Delta p) - \log(p_o)} \quad (6)$$

- **Coefficiente de consolidación secundaria (C_α):** Expresa el ajuste plástico que sucede después de la disipación total del exceso de presión de poros:

$$C_\alpha = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{t_2}{t_1}\right)} \quad (7)$$

- **Índice de expansión (C_s):** (adimensional):

$$C_s = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{\sigma_{\theta+1}}{\sigma_{\theta}}\right)} \quad (8)$$

Ó

$$C_s \approx \frac{1}{5} \text{ a } \frac{1}{10} C_c \quad (9)$$

2.4.6. Consistencia del suelo: Los estados de consistencia de los suelos fueron propuestos por el científico sueco Albert Atterberg, quien desarrolló un método para describir cuantitativamente el efecto de la variación de humedad en la consistencia de los suelos de granos finos, fijando para ellos límites definidos (límites de Atterberg), aunque arbitrarios, para cada estado (Sowers y Sowers, 1972). Con estos límites se busca conocer la plasticidad de un suelo, separando cada límite los cuatro estados de consistencia de los suelos como se ilustran en la Figura 6 (Crespo,2004):

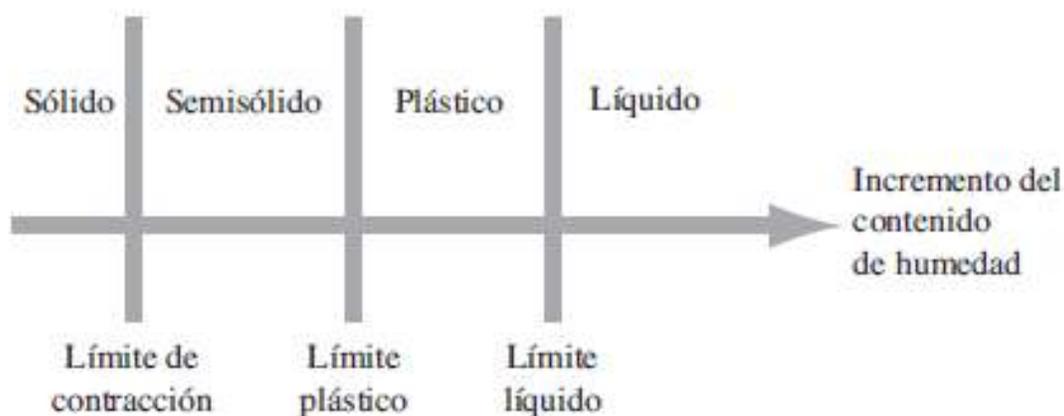


Figura 6. Límites de Atterberg.

Fuente: Das, 2015, *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. p. 64

Como se observa en la figura anterior, los límites de Atterberg definen la transición entre un estado y otro. La transición entre el estado sólido al estado semisólido se define como el *límite de contracción*; el contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el *límite plástico*, y del estado plástico al estado líquido es el *límite líquido* (Das, 2015).

En la práctica, el *límite líquido* (LL) define la humedad que tiene el suelo amasado cuando con 25 golpes ligeros contra una placa de goma dura de una vasija especial, se cierra el surco de

sección trapecial que se había abierto en la masa húmeda de suelo colocada sobre la vasija; el *límite plástico* define la humedad del suelo amasado cuando empieza a separarse y a desmoronarse al enrollarse a mano para formar bastoncillos de 3 mm de diámetro; por último, el *límite de contracción*, define la humedad que contiene el suelo amasado cuando alcanza su volumen mínimo teórico al secarse, viniendo del estado de saturación (Sowers y Sowers, 1972).

2.4.7. Correlación entre el índice de compresión y el límite líquido: Anteriormente habíamos mencionado que el índice de compresión permite predecir cuanta consolidación o asentamiento tendrá lugar, y que se obtiene por medio de la *curva de compresión* semilogarítmica, expresándose por medio de la ecuación 6:

$$C_c = \frac{\Delta e}{\log(p_o + \Delta p) - \log(p_o)} \quad (6)$$

Sin embargo, dado el tiempo que involucra realizar un ensayo de consolidación para obtener el C_c , resulta ventajoso relacionar el índice de compresión con algunas propiedades índices para determinar su valor rápidamente (Bowles, 1982). Es así como Terzaghi y Peck (1967) proponen una correlación empírica entre el índice de compresión y el límite líquido expresada en la ecuación 10:

$$C_c = 0,009(LL - 10) \quad (10)$$

Donde:

C_c = Índice de compresión.

LL = Porcentaje de límite líquido de la muestra de suelo.

Pero la anterior no es la única correlación existente, muchos investigadores han propuesto correlaciones para lugares específicos, enfocándose en las características propias de cada suelo, o

simplemente, buscando cual propiedad índice resulta más adecuada para la correlación. En la tabla 1 se describen algunas de las correlaciones más empleadas:

Tabla 1. Correlaciones para la obtención del índice de compresión.

Ecuación	Regiones de aplicación o tipo de suelo	Referencia
$C_c = 0,007(LL - 7)$	Arcillas remoldeadas	Skempton, 1944
$C_c = 0,01W$	Arcillas de Chicago	Koppula, 1981
$C_c = 0,30(e_o - 0,27)$	Suelos cohesivos inorgánicos; limo, arcillas limosas, arcilla.	Bowles, 1982
$C_c = 1,15(e_o - 0,35)$	Todo tipo de arcillas	Nishida, 1956
$C_c = 0,0115W$	Suelos orgánicos, turbas, limos y arcillas orgánicas	Bowles, 1982
$C_c = 0,0046(LL - 9)$	Arcillas del Brasil	Cozzolio, 1961
$C_c = 1,21 + 1,055(e_o - 1,87)$	Arcillas de San Paulo	Cozzolio, 1961
$C_c = 0,75(e_o - 0,50)$	Suelos con baja plasticidad	Sowers, 1970
$C_c = 0,208e_o + 0,0083$	Arcillas de Chicago	Bowles, 1982
$C_c = 0,156e_o + 0,0107$	Todas las arcillas	Bowles, 1982
$C_c = 0,0097(LL - 16,4)$	Suelos Españoles	Skempton
$C_c = 0,007091(LL - 15)$	Cenizas volcánicas zona urbana de Pereira, Colombia	Universidad de los Andes, 2001

Nota: LL: Límite líquido; W: contenido de humedad; e_o : Relación de vacíos inicial.

Fuente: Bowles, 1982, Das, 2015 y Ayala, 2013.

Las anteriores correlaciones emplean una propiedad índice para hallar el índice de compresión, pero algunos autores propusieron ecuaciones donde se emplea más de una propiedad índice, como las mostradas en la tabla 2:

Tabla 2. Correlaciones para obtener el índice de compresión empleando más de una propiedad índice.

Ecuación	Referencia
$C_c = 0,141G_s^{1,2} \left(\frac{1 + e_o}{G_s} \right)^{2,38}$	Rendon – Herrero en 1983.
$C_c = 0,2343 \left(\frac{LL}{100} \right) G_s$	Nagaraj y Murty en 1983.
$C_c = 0,5G_s \left(\frac{IP}{100} \right)$	Cam, Wroth y Wood en 1978.
$C_c = 0,37(e_o + 0,003LL + 0,0004W - 0,34)$	Azzouz, 1976.
$C_c = 0,0023LLG_s$	Nagaraj y Murty, 1985 – 1986.
$C_c = 0,009W + 0,005LL$	Koppula, 1986.
$C_c = -0,156 + 0,411e_o + 0,00058LL$	Al-Khafaji and Andersland, 1992.

Nota: G_s: Gravedad específica; LL: Límite líquido; IP: índice de plasticidad, e_o: Relación de vacíos inicial y W: contenido de humedad.

Fuente: Bowles, 1982, Das, 2015 y Ayala, 2013.

Las anteriores correlaciones, son solo algunas de las que hasta la fecha se han obtenido para obtener el índice de compresión.

2.5. Marco legal:

La continuidad de este proyecto dependió de la congruencia que este mantuvo con respecto de los requisitos legales y normativos mencionados a continuación:

Norma técnica Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), creada por la ley 400 de 1997 (Modificada Ley 1229 de 2008 / modificada ley 945 de 2017)

Ley 603 de 2000, sobre la legalización del software para proteger la propiedad intelectual y evitar el incremento de piratería en Colombia.

Ley 1796 de 2016 o Ley de vivienda segura, en la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda.

- Normas del Instituto Nacional de Vías (I.N.V.):

I.N.V. E – 105 – 13, Obtención de muestras para probetas de ensayo mediante tubos de pared delgada.

I.N.V. E – 122 – 13, Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado.

I.N.V. E – 123 – 07, Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.

I.N.V. E – 125 – 13, Determinación del límite líquido de los suelos.

I.N.V. E – 126 – 13, Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.

I.N.V. E – 128 – 13, Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y de la llenante mineral, empleando un picnómetro con agua.

I.N.V. E – 151 - 13, Consolidación unidimensional de los suelos.

Capítulo 3: Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación:

El presente proyecto correspondió a una investigación cuantitativa de tipo experimental, donde una etapa consistió en la obtención de muestras de suelo en campo y la otra, a los correspondientes ensayos que permitieron obtener la correlación entre el índice de compresión y el límite líquido para los suelos cohesivos residuales, y comparar éste valor con la correlación de Terzaghi y Peck (1967), verificando si su uso es adecuado o no en los suelos de este tipo presentes en la ciudad de Ocaña.

3.2. Población:

La población consistió en aquellos suelos que correspondieron al tipo cohesivo residual ubicados dentro del perímetro urbano de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

3.3. Muestra:

Se trabajó la investigación con un muestreo probabilístico, empleando la ecuación 11 propuesta por Shirakov, 1985, para obtener el número de ensayos de consolidación unidimensional:

$$n = \left(1,96 \frac{V}{e}\right)^2 \text{ Para un nivel de confianza de 95\%.} \quad (11)$$

Donde, n es el número de muestras, V el Coeficiente de Variación y, e el porcentaje de error permisible de la muestra o muestreo.

Para aplicar la ecuación, se tomó el Coeficiente de Variación recomendado por Hidalgo y Pacheco, 2011, para el índice de compresión (C_c) el cual oscila entre 10-37%. Para este caso, se tomó el valor de 10% para obtener el valor mínimo de muestras.

En cuanto al porcentaje de error permisible de la muestra, se tomó un valor de 5%, que es el valor recomendado para ensayos de laboratorio en general (Pérez, 2005).

Reemplazando los valores en la ecuación 11, se obtuvo un valor de 15, que se tomó como el valor mínimo de ensayos de consolidación unidimensional para obtener el índice de compresión.

Las muestras fueron obtenidas de las zonas que se tenía información previa, específicamente por medio de trabajos de grado realizados en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, donde se corroboró los lugares con presencia de suelos cohesivos residuales.

3.4. Instrumentos para la recolección de información:

La información fue recolectada principalmente en los formatos que dispone el laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, los cuales se guían por las recomendaciones dadas por el Instituto Nacional de Vías para cada uno de los ensayos de suelos. Así mismo, el análisis de estos datos se hizo con los formatos ofimáticos que se emplean dentro del laboratorio, utilizando además recursos obtenidos de internet.

3.5. Análisis de la información recolectada:

El objetivo principal de este proyecto fue determinar la correlación entre el índice de compresión y el límite líquido para los suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

Para lograr este propósito se realizaron tres etapas:

La primera etapa correspondió a la identificación de las zonas de la ciudad de Ocaña donde se encuentran presentes perfiles de suelos cohesivos residuales, para ello, se tomaron como referentes el mapa geología de la ciudad descrito en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial y

las visitas de campo que permitieron una inspección visual del tipo de suelo (Ver resultados del objetivo 1).

En la segunda etapa, identificados los sitios de muestreo, se procedió a tomar muestras con tubos Shelby o con apiques. A estas muestras se les realizó inicialmente el ensayo de granulometría, límite líquido y límite plástico. Si el material correspondía como cohesivo se realizaban los ensayos de gravedad específica, contenido de humedad, peso unitario y tiempo de saturación. Por el contrario, si la muestra no era cohesiva, era descartada de la investigación. Finalmente se procedió a realizar el ensayo de consolidación, cumpliendo con el número mínimo de ensayos (Ver resultados del Objetivo 2).

En la tercera y última etapa se realizó una comparación entre los valores del índice de compresión obtenidos en laboratorio con los valores hallados con la correlación de Terzaghi y Peck (1967), para determinar si su uso era adecuado en los suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

Capítulo 4: Resultados

4.1. Hallazgos y conclusiones:

4.1.1. Determinar la correlación entre los valores del índice de compresión del ensayo de consolidación y el límite líquido para suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

El índice de compresión permite predecir cuanta consolidación tendrá lugar según el esfuerzo aplicado sobre el terreno, por lo que una correcta obtención de este valor asegura el cálculo de asentamientos acertados.

Dada la facilidad que ofrecen las correlaciones entre el índice de compresión y el límite líquido, sobre todo al reducir considerablemente el tiempo para su estimación, y que han resultado adecuadas en diversas partes del mundo, esta investigación se centró en la obtención de una correlación válida para los suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

La determinación de una adecuada correlación entre el índice de compresión de los suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, y el límite líquido, requirió el desarrollo de los objetivos específicos descritos a continuación:

4.1.1.1. Identificar los sectores de la ciudad de Ocaña en los que se presentan perfiles de suelos cohesivos residuales.

Los suelos residuales corresponden a aquellos que han sido derivados de la meteorización y descomposición de la roca in situ, sin haber transporte de material de su localización original (Blight, 1997). Este tipo de suelos son predominantes en las zonas tropicales, donde aparecen en grandes espesores y con frecuencia se les denomina como “Suelos Tropicales” y son escasos en las regiones no tropicales (Suárez, 1998). La zona de suelos residuales se concentra en el sector norte de América del sur, Centroamérica, África, Australia, Oceanía y el sur de Asia.

Aunque los suelos residuales están ampliamente extendidos por todo el mundo, han sido poco estudiados por los expertos en mecánica de suelos, debido a que suelen encontrarse en zonas de economías subdesarrolladas, en contraste con los suelos sedimentarios que existen en los centros más importantes de población e industria (Lambe y Whitman, 1969).

El desarrollo de esta investigación se inició con la identificación de los sectores de la ciudad de Ocaña donde existe presencia de suelos residuales, para ello se identificó la geología existente en la ciudad.

4.1.1.1.1. Geología de la ciudad de Ocaña:

La ubicación de Ocaña según la Carta Cronoestratigráfica de Colombia (CCC, Ingeominas 2005) hace parte del terreno Santander. De forma generalizada en este municipio se identifican dos formaciones geológicas que afloran en esta región, la primera y más representativa es de carácter sedimentario, y es conocida como la Formación Algodonal (Demarcada de color amarillo en la figura 7), la cual está definida en la CCC, como de ambiente continental aluvio-fluvial, constituida por conglomerados con fragmentos de roca y cuarzo de color amarillo y gris, con intercalaciones de areniscas arcillosas de color verde y gris y arcillolitas

gris verdosa y amarillenta. La edad de la formación es incierta, pero se estima del Cenozoico tardío, específicamente del Plioceno. La otra formación, de carácter ígneo es conocida como el Complejo Intrusivo – Extrusivo (Jci) (Demarcada de color rojo en la figura 7), hace parte del complejo ígneo metamórfico denominado “Macizo Santander” e incluye rocas ígneas de juratriásico (entre 144 y 245 MA.). Constituido por una fase intrusiva cuya composición predominante es cuarzo – monzonita, pórfidos riolíticos, diques básicos de diabasas y basalto; también incluye material piroclástico con presencia de toba, brechas y aglomerados (Báez, 2017).

Dado que la presente investigación se centra en aquellos suelos que correspondan como residuales, se decidió excluir a las zonas correspondientes a la Formación Algodonal por corresponder está en su mayoría a depósitos sedimentarios.

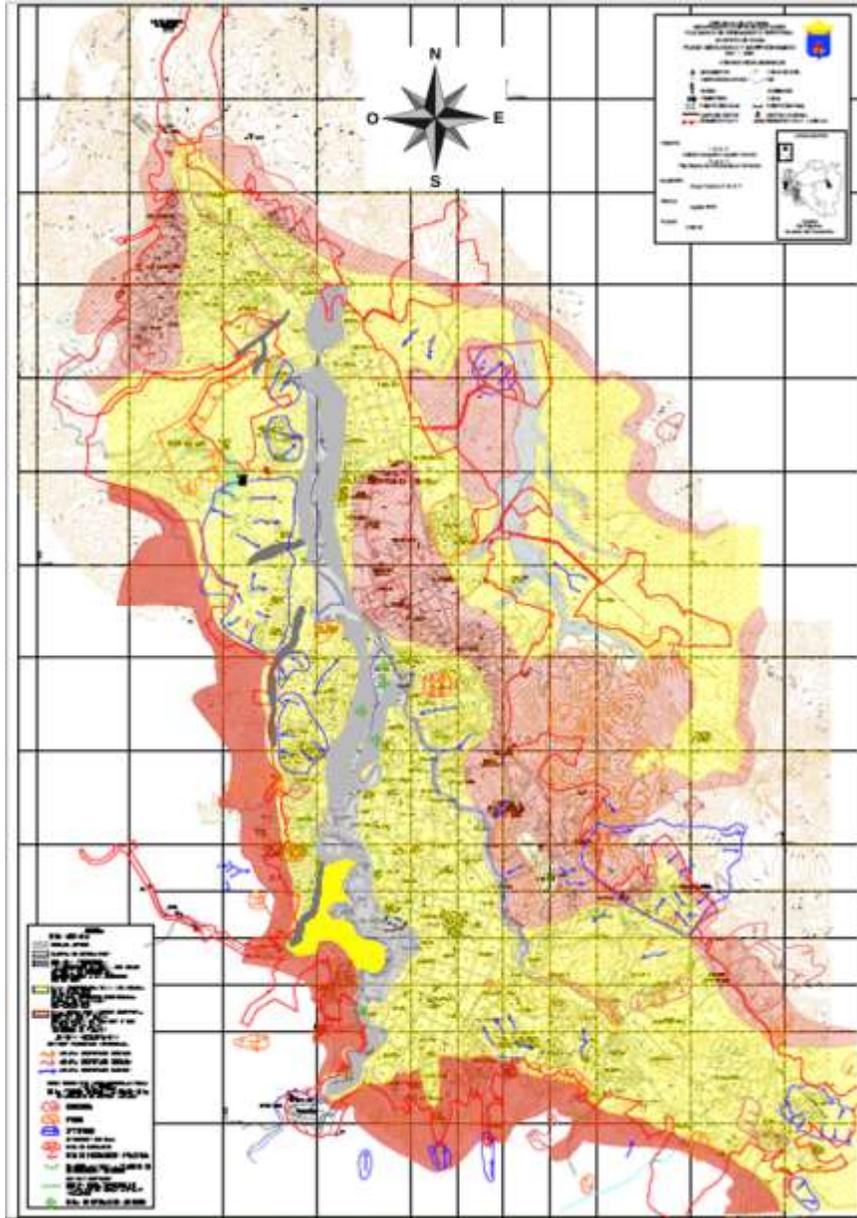


Figura 7. Mapa Geológico de la ciudad de Ocaña.

Fuente: Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2015.

4.1.1.1.2. Suelos residuales procedentes de las rocas ígneas:

Los suelos residuales se encuentran donde quiera que la velocidad de meteorización exceda a la de remoción de los productos de la meteorización, ya sea por gravedad, erosión o acción glacial. En los terrenos de los trópicos de suaves pendientes los suelos residuales pueden

tener varios cientos de metros de espesor, en cambio en las regiones frías donde la meteorización es lenta el espesor de la capa residual es menor, como en Groenlandia, que tiene sólo unos centímetros. Además, en muchas partes del hemisferio Norte la acción glacial ha arrasado las acumulaciones residuales dejando desnudas las antiguas rocas ígneas, excepto algunos bolsones locales cubiertos de suelo; tal es el caso del Escudo Canadiense (Sowers y Sowers, 1972).

Los suelos reflejan la mineralogía de la roca madre. Los granitos producen limos arenosos y arenas limosas de color canela y amarillo, con cantidades variables de mica y arcillas de la familia de la caolinita. Las rocas ricas en minerales ferromagnesianos, como el basalto, producen arcillas montmorilloníticas de alta plasticidad con coloraciones de óxido de hierro que varían desde el rojo intenso al castaño oscuro. El grado de meteorización varía con la profundidad. En la superficie los feldespatos, las micas, y los minerales ferromagnesianos se convierten mayormente en minerales arcillosos, pero a medida que aumenta la profundidad sólo se alteran parcialmente y a veces hasta retienen la ligazón entre las partículas. No se puede establecer una línea divisoria bien definida entre suelo y roca, hay solamente una transición. La meteorización se extiende más profundamente y es más avanzada en las juntas y en las zonas de cortante. En las rocas con juntas, la meteorización hacia el interior de las juntas crea bloques con planos laterales “no meteorizados” de aristas redondeadas que se asemejan a los boleos, los cuales flotan en un plasma de suelo más intensamente meteorizado. Los suelos residuales más profundos retienen la textura original de la roca en lo que se refiere a la concentración mineral y a la orientación de los granos. Los suelos residuales que presentan estas huellas de la microestructura se llaman *saprolitas* (Sowers y Sowers, 1972).

4.1.1.1.3. Caracterización de los suelos residuales:

La caracterización de un suelo residual debido a su heterogeneidad, requiere de un análisis integral que tenga en cuenta todos los factores que afectan su comportamiento, lo cual incluye el grado y proceso de meteorización, su mineralogía, microestructura, discontinuidades, estado de esfuerzos, propiedades mecánicas, clasificación y caracterización del perfil (Suárez, 1998).

Dada la imposibilidad de realizar una caracterización integral completa, se decide identificar el suelo a partir de dos aspectos claves:

1. **Estructuras heredadas:** discontinuidades, juntas, diaclasas, foliaciones, estratificación y fallas, a partir de apiques que permitieran un análisis visual.
2. **Caracterización del perfil:** Definición de las características del perfil.

4.1.1.1.4. Identificación de los sectores con presencia de suelos residuales:

Después de establecer las pautas necesarias para una correcta identificación de los suelos requeridos en la investigación, se procedió a realizar exploraciones en los sectores de la ciudad de Ocaña pertenecientes a la Formación Ígnea, basados en las sugerencias dadas por los profesionales geotécnicos de la ciudad, especialmente los de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, los puntos de identificación y muestreo se observan en la figura 8, (Ver archivo Adjunto: Puntos de Muestreo en el Complejo Intrusivo – Extrusivo (formación ígnea)).

Localización de puntos de toma de muestras sobre el mapa geológico de Ocaña, Norte de Santander

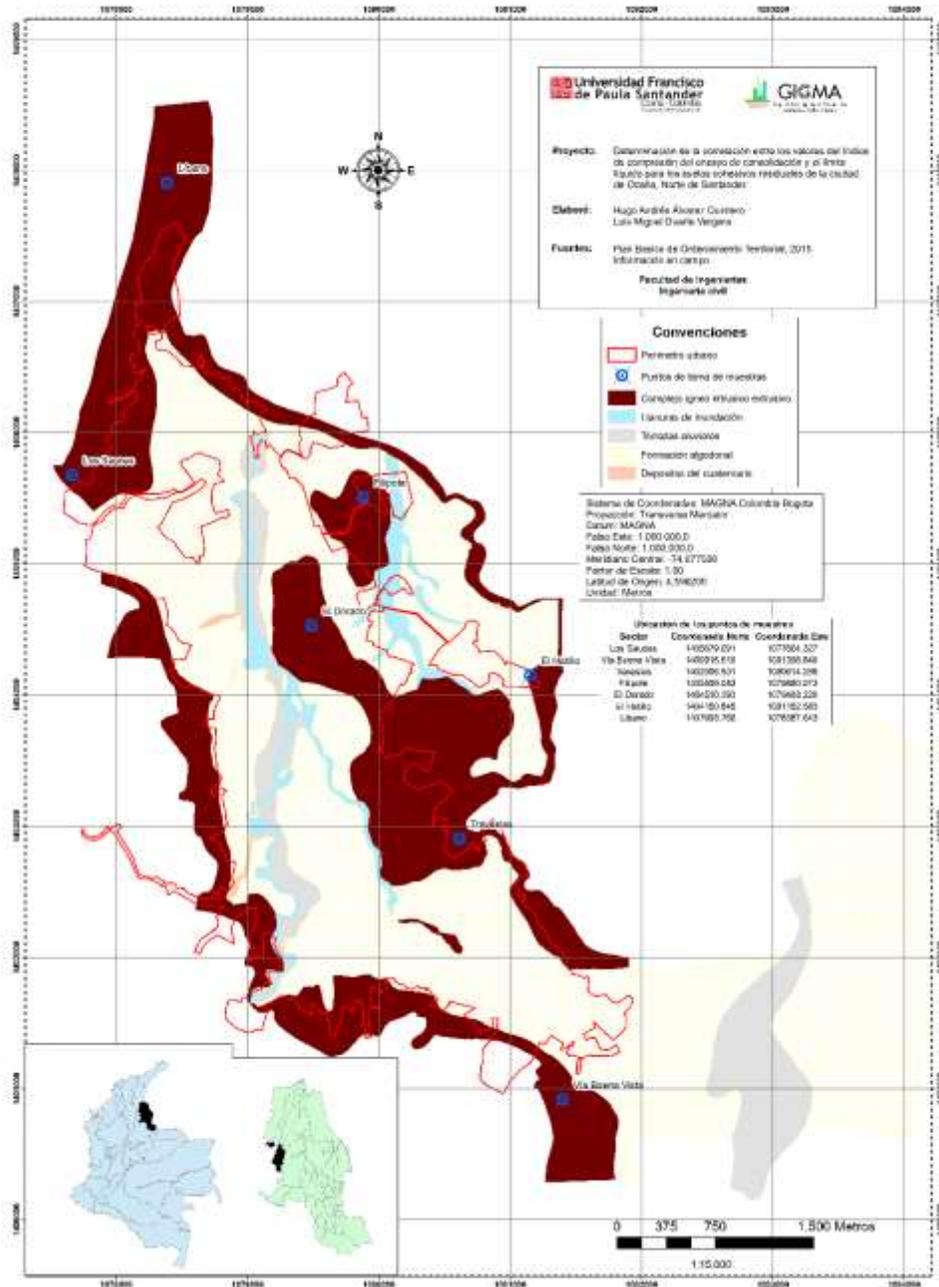


Figura 8. Sectores donde se presentan suelos cohesivos residuales dentro del complejo ígneo intrusivo-extrusivo.

Fuente: Autores, 2019.

De esta forma se tomaron siete puntos en la ciudad que presentaban perfiles de meteorización para la extracción de muestras de suelo, los cuales se detallan a continuación:

Sector 1: Los Sauces

El barrio Los Sauces se encuentra ubicado en la zona Nor-Occidental de la ciudad de Ocaña, perteneciente a la Comuna Norte N° 1 (Ciudadela Norte).

En este sector se observó la presencia de un corte en el terreno donde la capa vegetal profundiza entre 0,0 – 1,0 m aproximadamente. El suelo presentó una coloración roja de tonalidad clara, entremezclada con coloraciones amarillas como se observa en la Figura 9.



Figura 9. Perfil de Meteorización de Los Sauces

Fuente: Autores, 2019.

Sector 2: Vía a Buena Vista

La Vía a Buena Vista se encuentra ubicada en la zona Sur de la ciudad de Ocaña, en cercanías al Barrio Alcolsure.

En este sector se observó poca presencia de material vegetal, así como evidencias de remoción de material en épocas anteriores. El suelo presentó una coloración roja de tonalidad oscura, como se observa en la Figura 10.



Figura 10. Perfil de Meteorización de Vía a Buena Vista.

Fuente: Autores, 2019.

Sector 3: Travesías

El Barrio Travesías se encuentra ubicado en la zona Oriental de la ciudad de Ocaña, perteneciente a la Comuna N° 4 (Cristo Rey).

En este sector se observó la presencia de un corte en el terreno donde la capa vegetal profundiza entre 0,0 – 1,0 m aproximadamente. El suelo presentó una coloración amarilla de tonalidad clara, entremezclada con coloraciones blancas, como se observa en la Figura 11.



Figura 11. Perfil de Meteorización de Travesías.

Fuente: Autores, 2019.

Sector 4: Filipote

El sector de Filipote se encuentra ubicado en la zona Nor-Oriental de la ciudad de Ocaña, perteneciente al sector Suburbano de la ciudad.

En el Sector de Filipote se observaron cortes de poca altura con escasa presencia de material vegetal. El suelo presentó una coloración amarilla de tonalidad clara, entremezclada con coloraciones blancas, como se observa en la Figura 12.



Figura 12. Perfil de Meteorización de Filipote.

Fuente: Autores, 2019.

Sector 5: El Dorado

El Barrio El Dorado se encuentra ubicado en la zona Centro-Oriental de la ciudad de Ocaña, perteneciente a la Comuna N° 4 (Cristo Rey).

En el Sector de El Dorado se observó la presencia de cortes en el terreno con una capa vegetal que profundiza aproximadamente entre 0,0 – 1,0 m en el suelo. El suelo presentó una coloración amarilla de tonalidad clara, entremezclada con coloraciones blancas, como se observa en la Figura 13.



Figura 13. Perfil de Meteorización de El Dorado.

Fuente: Autores, 2019.

Sector 6: El Hatillo

El Barrio El Hatillo se encuentra ubicado en la zona Centro-Oriental de la ciudad de Ocaña, perteneciente a la zona Suburbana de la Ciudad.

En el Sector de El Hatillo se observó la presencia de cortes en el terreno donde la capa vegetal profundiza entre 0,5 – 1,5 m aproximadamente. El suelo presentó una coloración que varía del rojo al amarillo oscuro, como se observa en la Figura 14.



Figura 14. Perfil de Meteorización de El Hatillo.

Fuente: Autores, 2019.

Sector 7: El Líbano

El Barrio El Líbano se encuentra ubicado en la zona Norte de la ciudad de Ocaña, perteneciente a la Comuna Norte N° 1 (Ciudadela Norte).

En el Sector de El Líbano se observó la presencia de un corte en el terreno donde la capa vegetal profundiza entre 0,0 – 1,5 m aproximadamente. El suelo presentó una coloración amarilla con diferentes tonalidades, como se observa en la Figura 15.



Figura 15. Perfil de Meteorización de El Líbano.

Fuente: Autores, 2019.

Cada uno de los perfiles de meteorización presentados en las imágenes anteriores carece de una secuencia de colocación de estratos, lo que permitió descartar que sean suelos transportados. Además, presentaron juntas, diaclasas, fallas y foliaciones propias de los suelos residuales. En ninguno de los sectores fue visible la zona de transición a la roca madre, lo cual sugiere una mayor profundidad para llegar a esta. En la figura 16 se observa la ubicación exacta de cada uno de los puntos donde se realizó la respectiva identificación de los perfiles de meteorización.

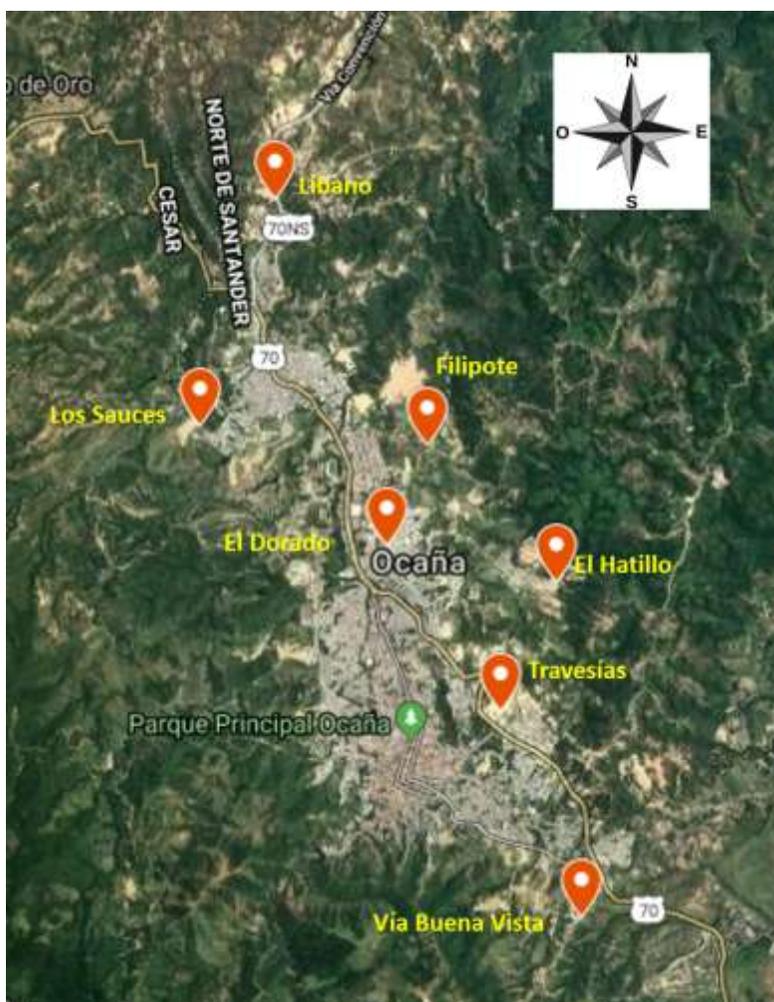


Figura 16. Ubicación de los sectores identificados con perfiles de meteorización en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

Fuente: Google Earth modificado, 2019.

La mayoría de los sectores presentaron suelos donde predomina mayormente una coloración rojiza, lo que indica procesos de intemperización originados en rocas calizas. En otros sectores predominó la coloración amarilla, propia de suelos meteorizados de rocas de granito. En ninguno de los sectores existen suelos con una coloración única, siendo estos una mezcla de coloración de rojo y amarillo con diferentes tonalidades, desde oscuros hasta tonos más claros.

Identificados los sectores con presencia de suelos residuales, se procedió a desarrollar las actividades correspondientes al segundo objetivo específico.

4.1.1.2. Obtener el índice de compresión mediante el ensayo de consolidación y el límite líquido para cada una de las muestras de suelo.

En este objetivo, el primer paso consistió en la toma de muestras en los sitios identificados con suelos residuales empleando tubos Shelby en algunos puntos, y en otros mediante apiques, en cada uno de los sitios se obtuvieron muestras inalteradas y alteradas.

Posteriormente las muestras fueron llevadas a laboratorio y se realizaron los respectivos ensayos para su clasificación: granulometría por tamizado, límite líquido y límite plástico.

Determinado el material como cohesivo se realizaron los ensayos de gravedad específica, contenido de humedad, peso unitario y tiempo de saturación. En los siete puntos se obtuvieron suelos cohesivos según lo establecido en el numeral 2.5 del título H de la NSR-10.

Después de la determinación del material como cohesivo, se procedió al tallado de las muestras inalteradas para la ejecución del ensayo de consolidación unidimensional, realizando tres ensayos por cada sitio para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos.

A continuación, se detalla el procedimiento general efectuado durante la investigación, el cual fue llevado a cabo para cada uno de los 7 puntos donde se realizaron toma de muestras de suelos:

4.1.1.2.1 Toma de muestras de suelo con tubos Shelby y mediante apiques:

Para la toma de muestras, se siguieron las recomendaciones dadas en la I.N.V.E – 105 - 13 para muestreo con tubos Shelby, y la I.N.V. E – 104 – 13 para muestreo mediante apiques, como se ilustran en las figuras 17, 18 y 19.



Figura 17. Hincado de los tubos Shelby.

Fuente: Autores, 2019.



Figura 18. Protección de los tubos Shelby.

Fuente: Autores, 2019.



Figura 19. Muestras inalteradas, extracción mediante apiques.

Fuente: Autores, 2019.

4.1.1.2.2 Clasificación del suelo:

Los ensayos de granulometría por tamizado, límite líquido y límite plástico, se realizaron según las indicaciones de la I.N.V. E – 123 – 07, I.N.V. E – 125 – 13 y la I.N.V. E – 126 – 13, respectivamente, como se ilustra en las figuras 20, 21 y 22.



Figura 20. Granulometría por tamizado.

Fuente: Autores, 2019.



Figura 21. Ensayo de límite líquido.

Fuente: Autores, 2019.



Figura 22. Ensayo de límite plástico.

Fuente: Autores, 2019.

La clasificación y descripción del suelo se basó en el Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (SCUS) y en lo establecido en el numeral 2.5 del título H de la Norma Técnica Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), donde se indica que los suelos cohesivos deben cumplir lo siguiente:

- a.** El porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 es superior al 50%.
- b.** Todos los materiales clasificados como GM, GC, GM-GC, SM, SC, SM-SC, en los cuales más del 30% pase el tamiz N° 200 y que tengan límite líquido mayor a 30% e índice plástico mayor a 10%.

Todos los materiales obtenidos de los siete sectores de estudio fueron determinados como Cohesivos, como puede observarse en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación del suelo en cada uno de los sectores estudiados.

Sector	Descripción	% Límite Líquido	% Límite Plástico	% Índice de Plásticidad	Clasificación S.U.C.S.	% Pasa 200 (Finos)
Los Sauces	Limo arenoso de Plasticidad Media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	47,42	37,55	9,87	ML	64,05
Buena Vista	Limo elástico con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	52,47	32,87	19,60	MH	92,59
Travesías	Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	48,70	36,58	12,12	ML	61,94
Filipote	Limo arenoso de plásticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	35,10	24,54	10,56	ML	51,55
El Dorado	Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	40,82	29,79	11,03	ML	66,02
El Hatillo	Limo con arena de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	37,82	27,80	10,02	ML	71,63
Líbano	Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	32,15	25,44	6,71	ML	50,14

Fuente: Autores, 2019.

Los formatos de los ensayos de granulometría, límite líquido y límite plástico se encuentran en los apéndices A y B.

4.1.1.2.3 Ensayos adicionales para obtención de propiedades físicas del suelo.

Realizada la respectiva clasificación del suelo y su determinación como cohesivo, se procedió a realizar los ensayos de contenido de humedad, peso unitario y gravedad específica según las indicaciones de la I.N.V., como se muestra en las figuras 23, 24 y 25.



Figura 23. Peso de material inalterado para obtener su contenido de humedad.

Fuente: Autores, 2019.



Figura 24. Peso de las muestras sumergidas en agua para obtener su peso unitario.

Fuente: Autores, 2019.



Figura 25. Método de ebullición aplicado para obtener la gravedad específica.

Fuente: Autores, 2019.

También se realizaron ensayos para obtener el grado de saturación inicial del suelo, así como el tiempo necesario para obtener una saturación del 100%. Para ello, se inició conociendo la humedad natural del suelo, se moldearon muestras en los anillos de consolidación para someter las muestras a condiciones similares a las que presentaría en el consolidómetro, confinándolas totalmente colocando piedras porosas en la parte superior e inferior de los anillos, protegidas por una carga en su parte superior para evitar la expansión del suelo y adicionando agua destilada, como se observa en la figura 26.



Figura 26. Aplicación del agua destilada en las muestras.

Fuente: Autores, 2019.

Se empleó una muestra de suelo para cada uno de los tiempos analizados durante el ensayo: 30 minutos, 1 hora y 2 horas. Finalizado cada tiempo, se retiraba el agua de la muestra, esta era extraída, depositada en una tara y llevada al horno para conocer su contenido de humedad, como se ilustra en la figura 27.



Figura 27. Peso del material saturado.

Fuente: Autores, 2019.

Los resultados de los ensayos adicionales realizados para conocer las propiedades físicas del suelo se ilustran en la tabla 4.

Tabla 4. Propiedades físicas del suelo.

Sector	Contenido de Humedad (%)	Peso Unitario Húmedo (g/cm ³)	Peso Unitario Seco (g/cm ³)	Gravedad Específica G _s	Relación de Vacíos Inicial (e _o)	Grado de Saturación Inicial
Los Sauces	28,18	1,52	1,19	2,64	1,220	59,80%
Buena Vista	10,59	1,50	1,36	2,64	0,939	28,91%
Travesías	25,37	1,57	1,25	2,69	1,144	60,71%
Filipote	12,88	1,40	1,24	2,66	1,137	29,84%
El Dorado	25,06	1,50	1,20	2,63	1,196	55,75%
El Hatillo	16,63	1,51	1,29	2,65	1,050	41,47%
Líbano	16,27	1,69	1,47	2,62	0,797	50,56%

Fuente: Autores, 2019.

Los formatos de los ensayos de gravedad específica, contenido de humedad, peso unitario y tiempo de saturación, se encuentran en los apéndices C, D, E y F.

4.1.1.2.4 Obtención del índice de compresión.

Para obtener el índice de compresión se realizó el ensayo de consolidación unidimensional de suelos según las indicaciones de la I.N.V. E – 151 – 13, para cada una de las muestras inalteradas obtenidas en los respectivos sectores como se ilustra en las figuras 28 y 29.



Figura 28. Ensayo de Consolidación, ajuste del deformímetro

Fuente: Autores, 2019.



Figura 29. Ensayo de consolidación, aplicación de cargas.

Fuente: Autores, 2019.

Durante el ensayo de consolidación se aplicaron esfuerzos de 25, 50, 100, 200 y 400 KPa para cada intervalo de tiempo, sin realizar el proceso de descarga, dado que la investigación se centró en obtener el índice de compresión. Se registraba la deformación de la muestra a los 6 segundos y a las 24 horas, así para cada esfuerzo aplicado.

Con los datos de las deformaciones, la altura inicial de la muestra y el peso seco de la misma, se determinaba la relación de vacíos correspondiente a cada escalón de carga. Este proceso se repitió para cada uno de los incrementos. Al final del ensayo se graficaron los datos, donde las relaciones de vacíos corresponden a las ordenadas y los esfuerzos a las abscisas. Esta curva recibe el nombre de *Curva de Compresibilidad*, como se muestra en la figura 30 (Poliotti y Sierra, 2010).

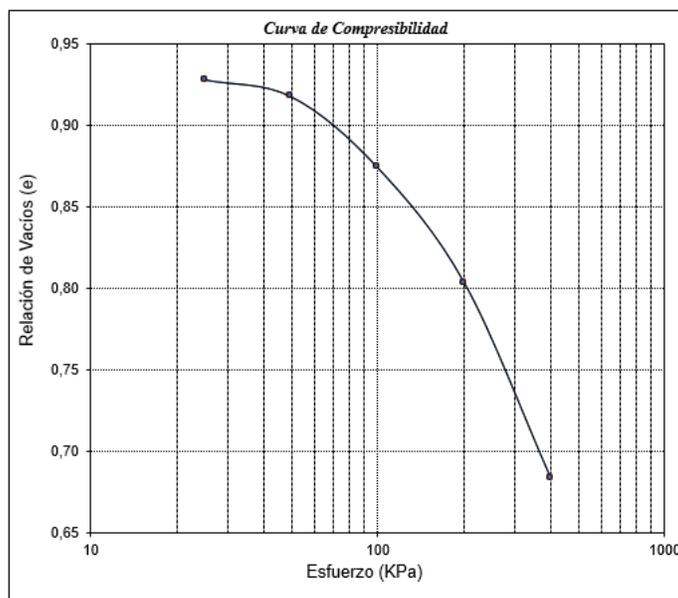


Figura 30. Curva de Compresibilidad.

Fuente: Autores, 2019.

Obtenida la curva de compresibilidad, el primer proceso consistió en obtener el valor del esfuerzo de preconsolidación, que es el mayor esfuerzo al que ha sido sometido el suelo durante su historia geológica, para ello se siguió el procedimiento descrito a continuación:

1. Mediante inspección visual se determinó el punto de mayor curvatura. Este punto corresponde al punto de mínimo radio de curvatura de la curva, como se ilustra en la figura 31.

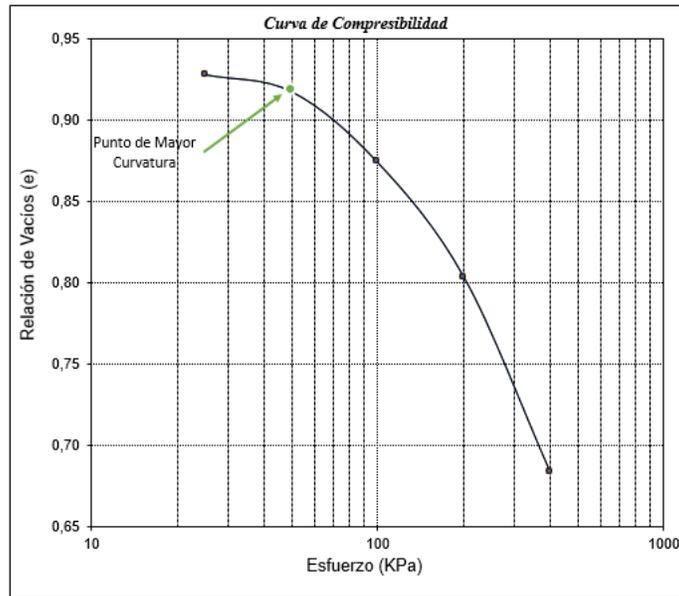


Figura 31. Identificación del punto de mayor curvatura.

Fuente: Autores, 2019.

2. Desde el punto de la curva con mayor curvatura, se trazó una recta horizontal y otra tangente a la curva en dicho punto, como se ilustra en la figura 32.

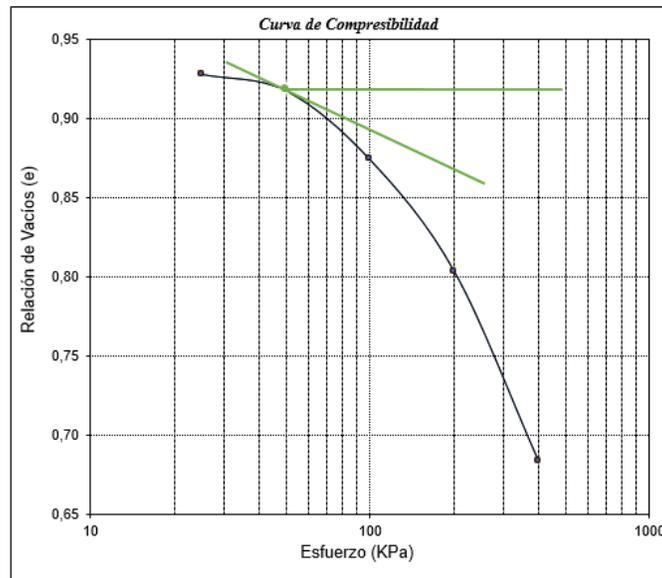


Figura 32. Trazo de la línea horizontal y tangente al punto.

Fuente: Autores, 2019.

3. Se trazó una recta bisectriz del ángulo formado por las dos rectas anteriores, como se ilustra en la figura 33.

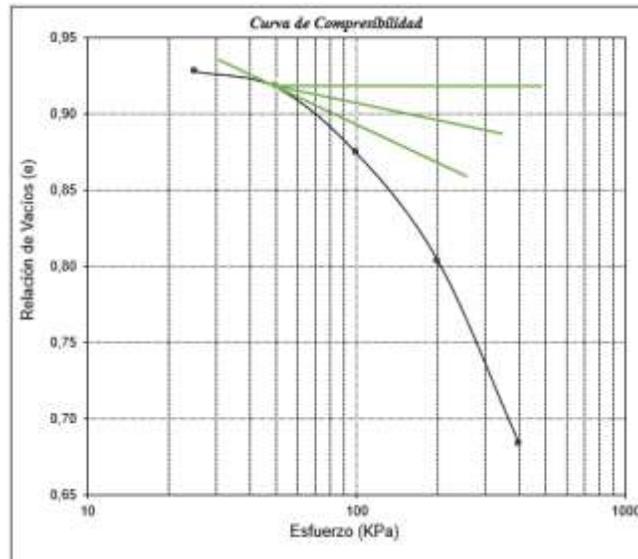


Figura 33. Trazo de línea bisectriz.

Fuente: Autores, 2019.

4. Se prolongó el tramo recto de la curva del ensayo, de tal forma que esta corte la recta bisectriz anterior, obteniendo el punto de intersección, como se muestra en la figura 34.

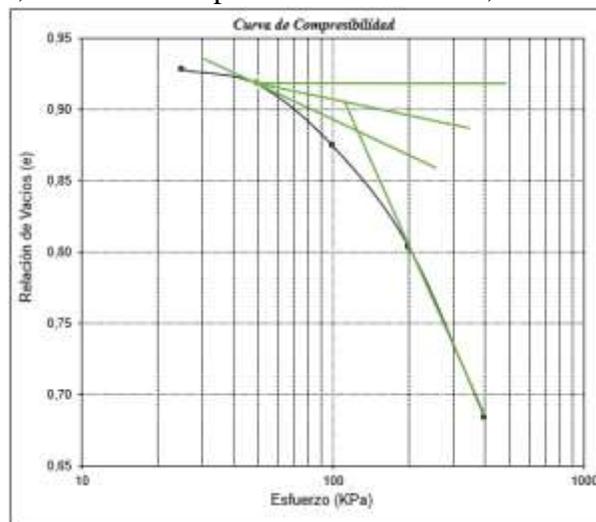


Figura 34. Prolongación del tramo recto de la curva.

Fuente: Autores, 2019.

5. La abscisa del punto anterior corresponde al valor del esfuerzo de preconsolidación como se ilustra en la figura 35.

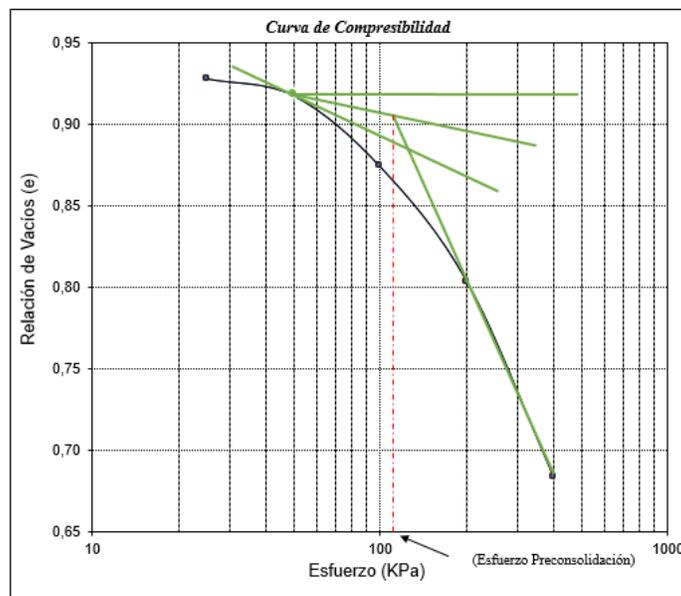


Figura 35. Valor del esfuerzo de preconsolidación.

Fuente: Autores, 2019.

Determinado el esfuerzo de preconsolidación se determinó si el suelo es normalmente consolidado o preconsolidado, para ello se consideró lo siguiente:

Suelo Normalmente Consolidado: Es aquel cuyo esfuerzo actual es igual al esfuerzo de preconsolidación.

Suelo Preconsolidado: Es aquel cuyo esfuerzo actual es menor al esfuerzo de preconsolidación.

Para determinar el esfuerzo actual, se considera el estrato de suelo superior y el peso unitario de dicho estrato o estratos según sea el caso.

Los suelos estudiados en la presente investigación corresponden a zonas donde han existido grandes remociones de material para la construcción de edificaciones, por lo que la suposición de los estratos removidos y la altura de los mismos, además de los esfuerzos de preconsolidación obtenidos y la tendencia típica en todas las curvas de compresibilidad, permitieron definir a todos los suelos estudiados como Normalmente Consolidados. Por lo anterior, a continuación, se detalla el procedimiento aplicado para obtener el índice de compresión en este tipo de suelos:

1. Sobre la curva de compresibilidad, localizar un punto 1, el cual corresponde en su ordenada a la relación de vacíos natural o inicial (e_o), y en su abscisa al esfuerzo de preconsolidación obtenido previamente, como se ilustra en la figura 36.

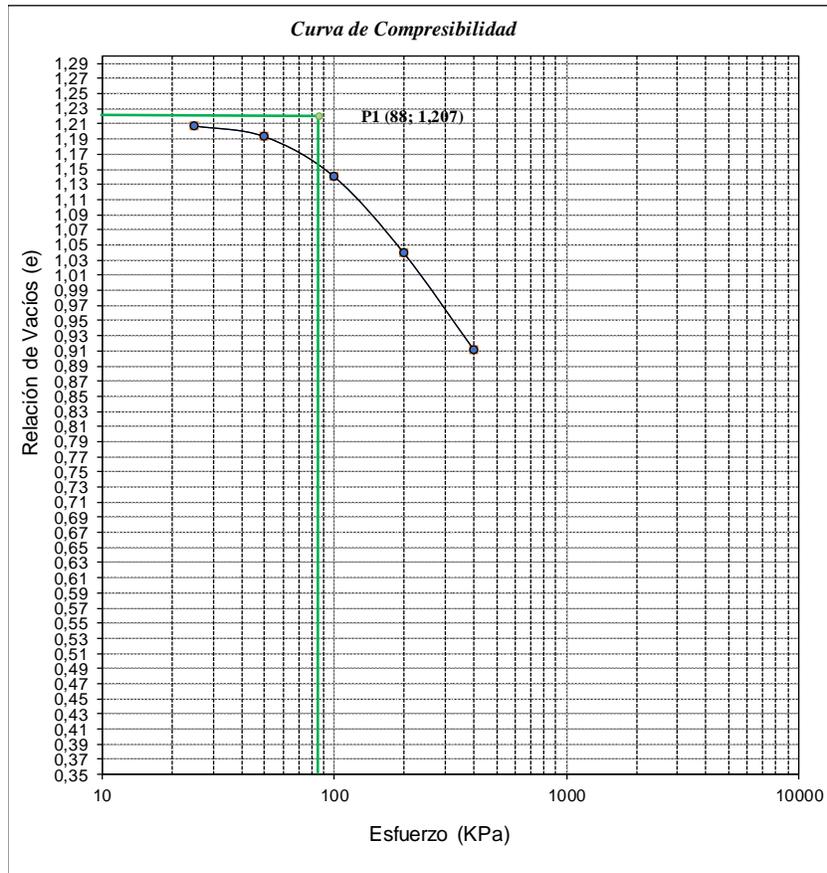


Figura 36. Localización del Punto 1 en la curva de compresibilidad.

Fuente: Autores, 2019.

2. Trazar una línea horizontal que corresponda a $0,42e_o$. Prolongar la curva recta de la curva hasta cortar la recta horizontal. El punto de intersección corresponderá al punto 2. Unir con una línea recta el punto 1 y 2 (Recta Virgen). La pendiente de la Recta Virgen corresponderá al índice de compresión del suelo estudiado, como se ilustra en la figura 37.

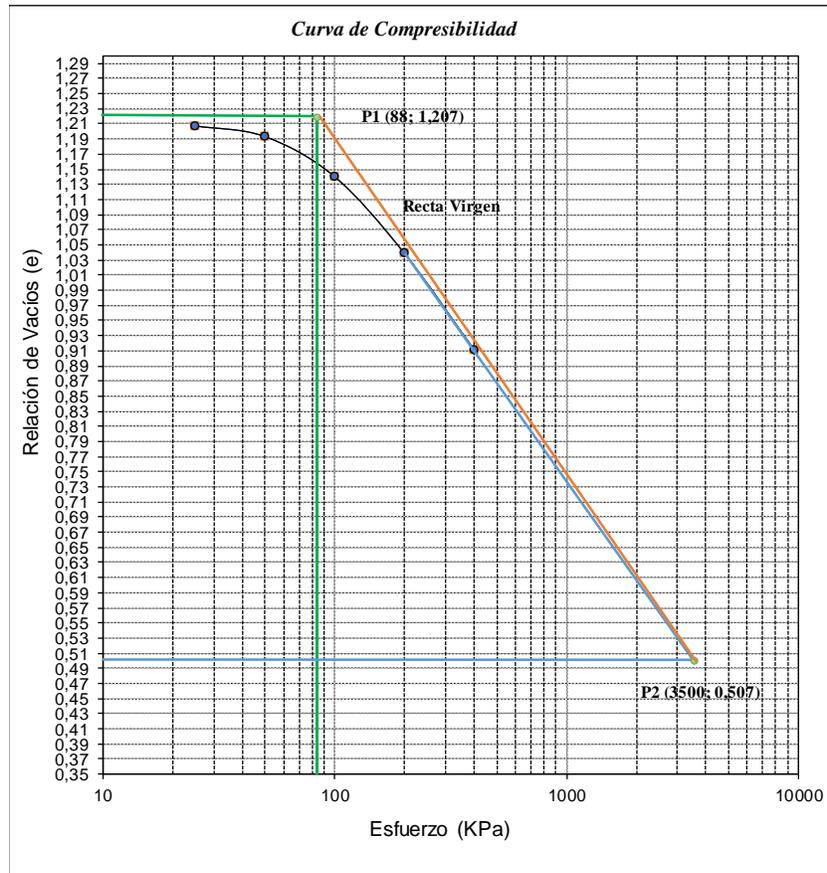


Figura 37. Recta virgen en la curva de compresibilidad.

Fuente: Autores, 2019.

En la tabla 5 se muestra los índices de compresión obtenidos en cada uno de los ensayos realizados.

Tabla 5. Índices de compresión obtenidos en laboratorio.

Sector	N° de Ensayo	N° de Ensayo en sector	Índice de Compresión Cc
	1	1	0,440
Los Sauces	2	2	0,458
	3	3	0,448
	4	1	0,419
Buena Vista	5	2	0,429
	6	3	0,432
	7	1	0,441
Travesías	8	2	0,459
	9	3	0,464
	10	1	0,374
Filipote	11	2	0,377
	12	3	0,380
	13	1	0,388
El Dorado	14	2	0,394
	15	3	0,396
	16	1	0,371
El Hatillo	17	2	0,348
	18	3	0,348
	19	1	0,341
Líbano	20	2	0,332
	21	3	0,341

Fuente: Autores, 2019.

Los formatos de los ensayos de consolidación unidimensional realizados se encuentran en el apéndice G.

4.1.1.2.5 Resumen de los resultados obtenidos en laboratorio.

Durante la investigación se realizaron en total 21 ensayos de consolidación unidimensional, 14 ensayos de límites de consistencia, granulometría y gravedades específicas, de estos 14 ensayos, 7 se realizaron para corroborar resultados. Adicionalmente se efectuaron 7 ensayos de peso unitario y tiempo de saturación (Ver Apéndices A-H). En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio para cada uno de los sectores de estudio:

Tabla 6. Resumen de resultados de laboratorio.

Sector	Descripción	% Límite Líquido	% Límite Plástico	% Índice de Plásticidad	Clasificación S.U.C.S.	% Pasa 200 (Finos)	Contenido de Humedad (%)	Peso Unitario Húmedo (g/cm ³)	Peso Unitario Seco (g/cm ³)	Gravedad Especifica Gs	Relación de Vacíos Inicial (e _o)	Grado de Saturación Inicial
Los Sauces	Limo arenoso de Plasticidad Media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	47,42	37,55	9,87	ML	64,05	28,18	1,52	1,19	2,64	1,220	59,80%
Buena Vista	Limo elástico con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	52,47	32,87	19,60	MH	92,59	10,59	1,50	1,36	2,64	0,939	28,91%
Travesías	Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	48,70	36,58	12,12	ML	61,94	25,37	1,57	1,25	2,69	1,144	60,71%
Filipote	Limo arenoso de plásticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	35,10	24,54	10,56	ML	51,55	12,88	1,40	1,24	2,66	1,137	29,84%
El Dorado	Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	40,82	29,79	11,03	ML	66,02	25,06	1,50	1,20	2,63	1,196	55,75%
El Hatillo	Limo con arena de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	37,82	27,80	10,02	ML	71,63	16,63	1,51	1,29	2,65	1,050	41,47%
Libano	Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"	32,15	25,44	6,71	ML	50,14	16,27	1,69	1,47	2,62	0,797	50,56%

Fuente: Autores, 2019.

Obtenidos los datos de laboratorio se procedió a desarrollar el tercer objetivo de la investigación.

4.1.1.3. Comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con los valores de la correlación planteada por Terzaghi y Peck (1967) para suelos cohesivos residuales.

4.1.1.3.1. Obtención del índice de compresión a partir de la correlación de Terzaghi y Peck (1967):

La correlación de Terzaghi y Peck (1967) establece el índice de compresión a través del límite líquido como muestra la ecuación 10:

$$C_c = 0,009(LL - 10) \quad (10)$$

En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos con la ecuación 10, de acuerdo al límite líquido calculado en cada sector y en el gráfico 1 su respectiva representación.

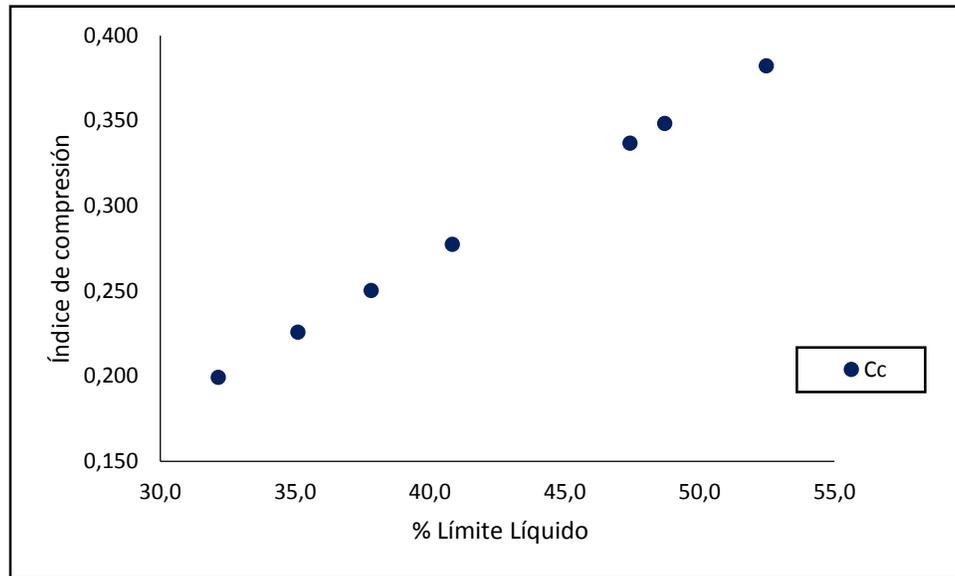
Tabla 7. Índice de compresión calculado con la ecuación de Terzaghi y Peck (1967).

Sector	% Límite Líquido	Índice de compresión C_c
Los Sauces	47,42	0,337
Buena Vista	52,47	0,382
Travesías	48,70	0,348
Filipote	35,10	0,226
El Dorado	40,82	0,277
El Hatillo	37,82	0,250
Líbano	32,15	0,199

Fuente: Autores, 2019



Gráfico. 1. Índice de compresión calculado con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).



Fuente: Autores, 2019

4.1.1.3.2. Comparación entre el índice de compresión de laboratorio y el calculado a partir de la correlación de Terzaghi y Peck (1967):

En la tabla 8 se muestran los valores del índice de compresión de laboratorio y el calculado con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).

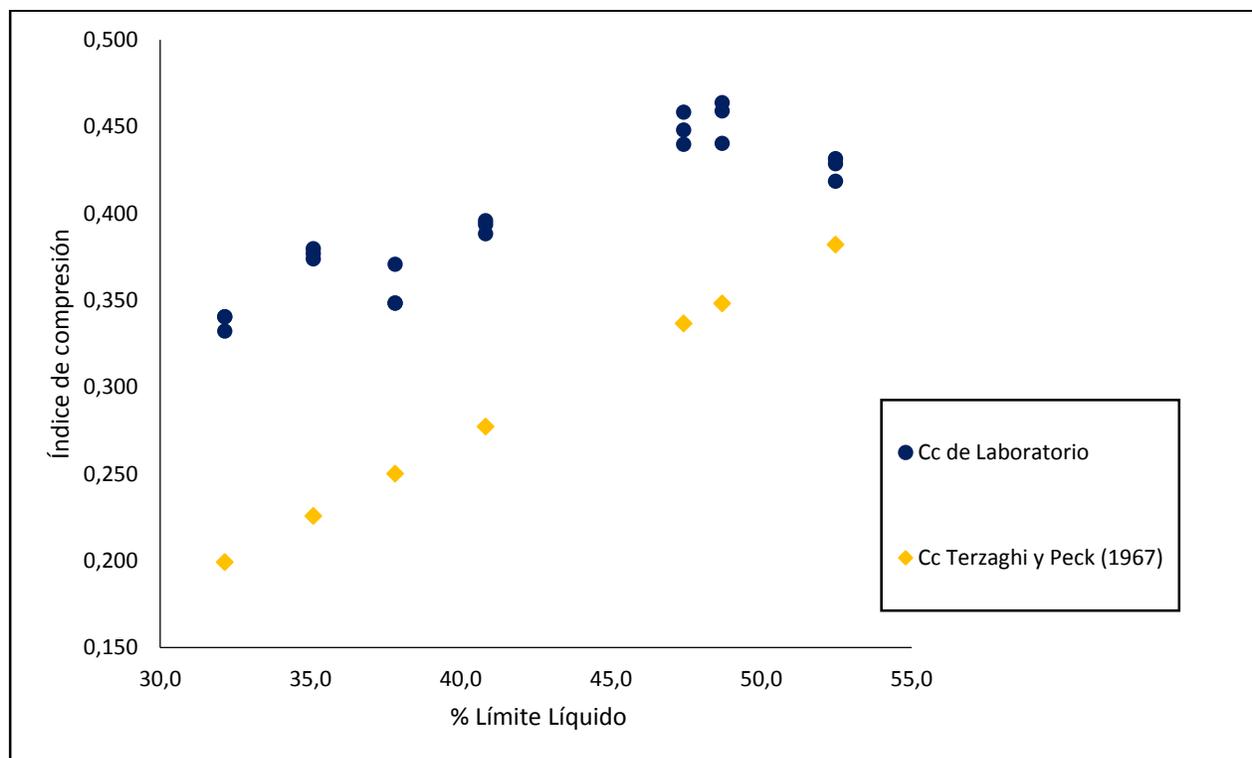
Tabla 8. Valores del índice de compresión de laboratorio y calculados con la ecuación de Terzaghi y Peck (1967).

Sector	% Límite Líquido	Índice de compresión Cc de laboratorio	Índice de compresión empleando correlación de Terzaghi y Peck (1967).
Los Sauces	47,42	0,440	0,337
		0,458	
		0,448	
Buena Vista	52,47	0,419	0,382
		0,429	
		0,432	
Travesías	48,70	0,441	0,348
		0,459	
		0,464	
Filipote	35,10	0,374	0,226
		0,377	
		0,380	
El Dorado	40,82	0,388	0,277
		0,394	
		0,396	
El Hatillo	37,82	0,371	0,250
		0,348	
		0,348	
Libano	32,15	0,341	0,199
		0,332	
		0,341	

Fuente: Autores, 2019.

En el gráfico 2, se muestran los datos del índice de compresión de laboratorio y los calculados mediante la ecuación de Terzaghi y Peck (1967).

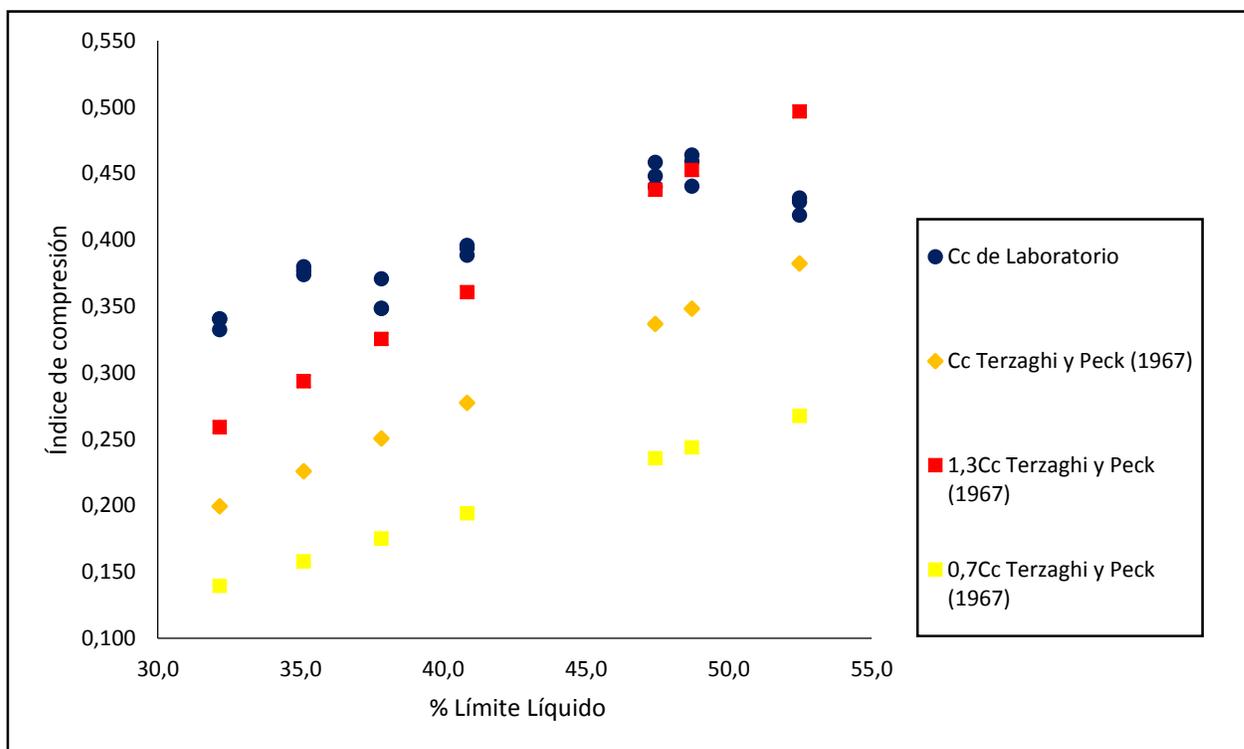
Gráfico. 2. Valores del índice de compresión calculado en laboratorio y mediante la ecuación de Terzaghi y Peck (1967).



Fuente: Autores, 2019.

Terzaghi y Peck (1967), establecieron que la ecuación 10, entre el índice de compresión y el límite líquido, permite obtener una aproximación de $\pm 30\%$ del valor obtenido en laboratorio. En el gráfico 3, se muestra el índice de compresión empleando la correlación con una estimación de un 30% más y un 30% menos del valor obtenido (1,3 y 0,7 del valor del Cc).

Gráfico. 3 Comparación porcentual del índice de compresión para un rango $\pm 30\%$ del valor hallado con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).



Fuente: Autores, 2019.

De los gráficos 2 y 3 puede observarse que en todos los puntos estudiados se obtuvo un valor inferior al de laboratorio empleando la correlación de Terzaghi y Peck (1967). Aun en el caso de considerarse una estimación de $1,3C_c$ con la correlación, el valor hallado no se aproxima al de laboratorio, excepto en el sector de Buena Vista, como puede observarse en los datos de la Tabla 9.

Tabla 9. Valores del índice de compresión de laboratorio, empleando la correlación de Terzaghi y Peck (1967) y con una estimación $\pm 30\%$ del valor hallado con la correlación.

Sector	% Límite Líquido	Índice de compresión Cc de laboratorio	Índice de compresión empleando correlación de Terzaghi y Peck (1967).	1,3Cc empleando correlación de Terzaghi y Peck (1967)	0,7Cc empleando correlación de Terzaghi y Peck (1967)
Los Sauces	47,42	0,440	0,337	0,438	0,236
		0,458			
		0,448			
Buena Vista	52,47	0,419	0,382	0,497	0,268
		0,429			
		0,432			
Travesías	48,70	0,441	0,348	0,453	0,244
		0,459			
		0,464			
Filipote	35,10	0,374	0,226	0,294	0,158
		0,377			
		0,380			
El Dorado	40,82	0,388	0,277	0,361	0,194
		0,394			
		0,396			
El Hatillo	37,82	0,371	0,250	0,325	0,175
		0,348			
		0,348			
Libano	32,15	0,341	0,199	0,259	0,140
		0,332			
		0,341			

Fuente: Autores, 2019.

4.1.1.3.3. Obtención de la correlación entre el índice de compresión y el límite líquido:

Los valores hallados mediante la ecuación de Terzaghi y Peck (1967), distan considerablemente de los de laboratorio, por lo que se hizo necesario obtener una correlación propia para los suelos estudiados en la presente investigación.

Para obtener dicha correlación, se empleó el análisis de regresión lineal, el cual consiste en una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables. Esta técnica se adapta a una amplia variedad de situaciones, tanto en el caso de dos variables (regresión simple), como en el de más de dos variables (regresión múltiple). El análisis de regresión lineal puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable dependiente o criterio (Y), y una o más variables llamadas independientes o predictoras (X_1, X_2, \dots, X_n) así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos (Ayala, 2013).

Existen diferentes procedimientos para ajustar una función simple, y cada uno de ellos intenta minimizar en medida diferente el grado de ajuste. La elección preferida ha sido tradicionalmente la recta que hace *mínima la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre cada punto y la recta*. Esto significa que, existe solamente una recta que consigue que las distancias verticales entre cada punto, y la recta sean mínimas. Algebraicamente $y = mx + c$ representa una línea recta en la que “x” corresponde a la variable independiente, “y” a la variable dependiente, “m” a la pendiente y “c” a la intersección. La regresión múltiple puede describirse con: $y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n + c$ (Ayala, 2013).

Además de acompañar la recta con su fórmula, resulta útil disponer de alguna indicación precisa del grado en el que está se ajusta a la nube de puntos. De hecho, la mejor recta posible no tiene por qué ser buena. De forma que cualquiera que sea la nube de puntos y la recta mínimo-

cuadrática, se necesita de información adicional, para determinar el grado con el que esa recta describe la pauta de relación entre los datos (Ayala, 2013).

Una medida de ajuste que ha recibido gran aceptación en el contexto del análisis de regresión es el *coeficiente de determinación* R^2 , que es el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple. Se trata de una medida estandarizada que toma valores entre 0 y 1 (0 cuando las variables son independientes, y 1 cuando entre ellas existe relación perfecta). Este coeficiente posee una interpretación muy intuitiva; que expone el grado de ganancia que podemos obtener al predecir una variable, basándose en el conocimiento que se tiene de otra u otras variables (Ayala, 2013).

La ecuación que se utiliza para determinar el coeficiente de correlación múltiple, es la siguiente:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Suma de cuadrados de los residuos}}{\text{Suma del cuadrado total}}$$

Los residuos son las diferencias existentes entre las puntuaciones observadas y los pronósticos obtenidos con la recta. La R^2 también representa la proporción de varianza de la variable dependiente, que está explicada por la variable independiente. La *R cuadrada corregida* es una corrección baja de R^2 (Ayala, 2013).

Otra herramienta para determinar la relación lineal existente entre pares de variables, es el *coeficiente de correlación*. Este coeficiente representa un número entre -1 y +1, el cual mide la tendencia recíproca entre dos variables que se observan al mismo tiempo. Estos valores representan una relación directa perfecta entre las variables, mientras que un valor de 0 expone que no existe relación lineal.

En la tabla 10 se muestra una correcta interpretación del coeficiente de correlación, para así poder establecer si son adecuados o no las expresiones obtenidas:

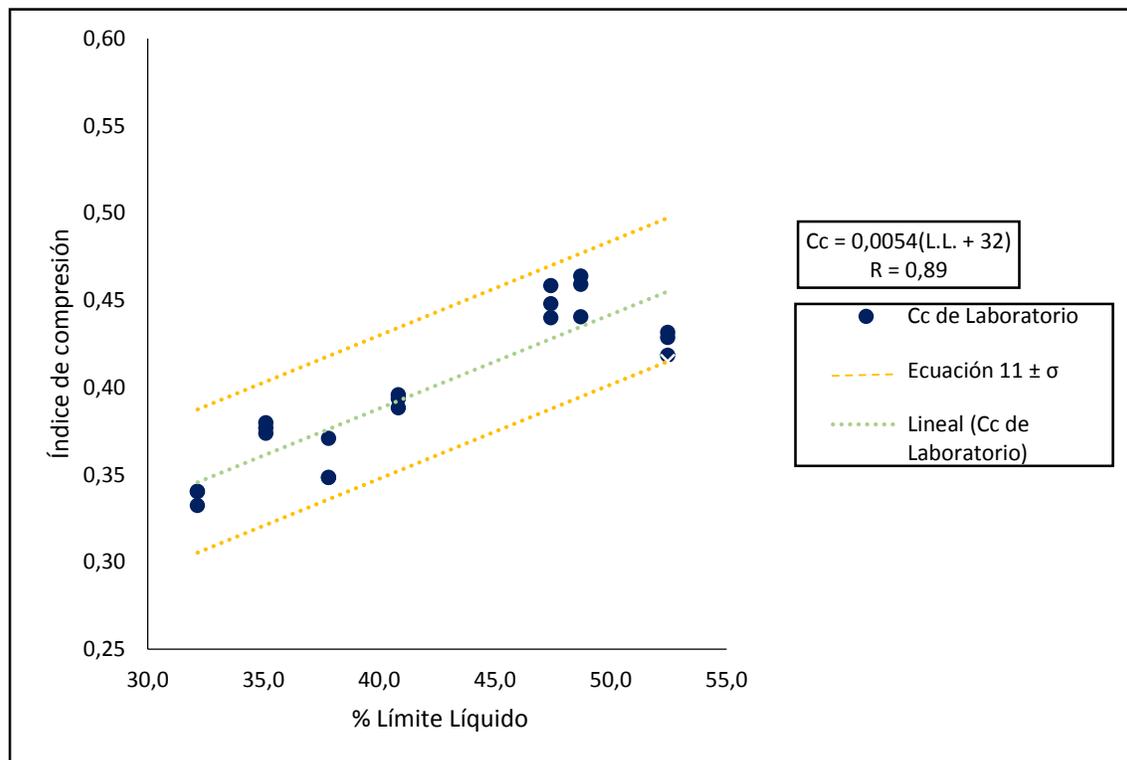
Tabla 10. Interpretación de los valores del coeficiente de correlación.

Valor del coeficiente de correlación	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Johnson, 2003.

Aplicando el método de regresión simple en los datos de la tabla 5 para el índice de compresión en laboratorio se obtiene los valores expuestos en el gráfico 4 y en la tabla 11 sus respectivas medidas estadísticas.

Gráfico. 4. Correlación entre el índice de compresión calculado en laboratorio y el límite líquido.



Fuente: Autores, 2019.

Tabla 11. Medidas estadísticas de la correlación.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,888
Coefficiente de determinación R^2	0,789
R^2 ajustado	0,778
Error típico	0,021
Observaciones	21

Fuente: Autores, 2019.

La correlación obtenida puede ser clasificada como una correlación positiva alta, quedando expresada mediante la ecuación 11.

$$C_c = 0,0054(LL + 32) \quad (11)$$

Los valores del índice de compresión hallados con la correlación se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Índice de compresión obtenido con la correlación $C_c = 0,0054(L.L. + 32)$.

Sector	% Límite Líquido	Índice de compresión empleando la ecuación 11	Índice de compresión C_c de laboratorio
Los Sauces	47,42	0,429	0,440
			0,458
			0,448
Buena Vista	52,47	0,456	0,419
			0,429
			0,432
Travesías	48,70	0,436	0,441
			0,459
			0,464
Filipote	35,10	0,362	0,374
			0,377
			0,380
El Dorado	40,82	0,393	0,388
			0,394
			0,396
El Hatillo	37,82	0,377	0,371
			0,348
			0,348
Libano	32,15	0,346	0,341
			0,332
			0,341

Fuente: Autores, 2019.

4.1.1.3.4. Análisis estadístico:

A continuación, se detallan los resultados del análisis estadístico llevado a cabo con los datos empleados durante la investigación. Se muestran la distribución de datos, medidas de posición y dispersión para cada conjunto de datos.

Tabla 13. Límites Líquidos empleados para obtener la correlación ordenados de forma ascendente.

% Límite Líquido
32,15
35,10
37,82
40,82
47,42
48,70
52,47

Fuente: Autores, 2019.

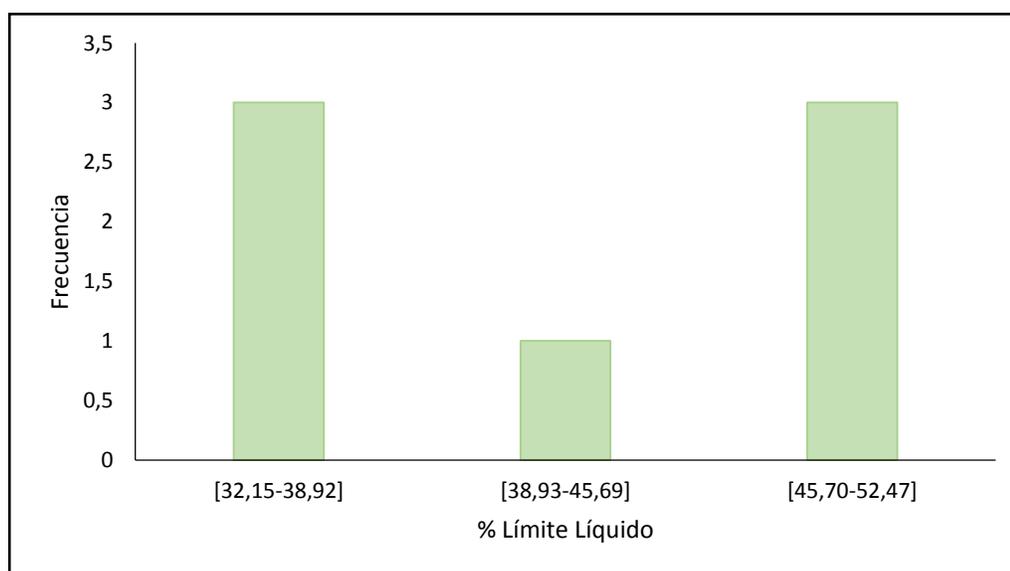
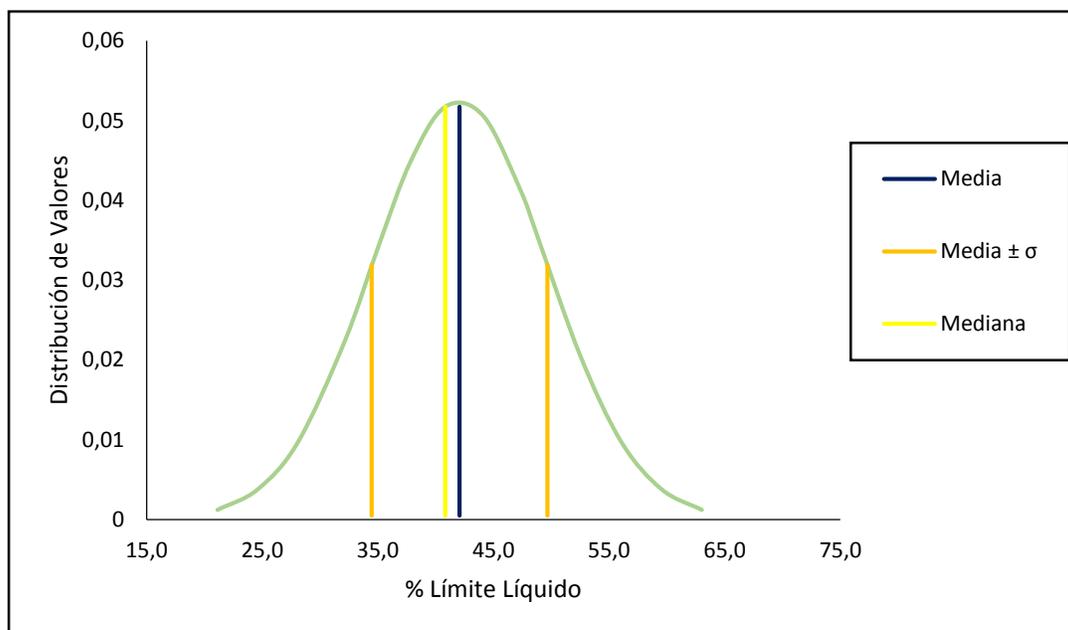


Figura 38. Histograma de los valores del Límite Líquido.

Fuente: Autores, 2019.

Figura 39. Distribución de valores del límite líquido.



Fuente: Autores, 2019.

Tabla 14. Medidas estadísticas del límite líquido.

<i>Resumen</i>	
Media	42,069
Error típico	2,875
Mediana	40,823
Desviación estándar	7,607
Varianza de la muestra	57,872
Curtosis	-1,665
Coefficiente de asimetría	0,094
Rango	20,315
Mínimo	32,153
Máximo	52,468
Suma	294,482
Cuenta	7,000
Nivel de confianza (95,0%)	7,036

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 15. Valores del índice de compresión obtenidos en laboratorio ordenados en forma ascendente.

Índice de compresión de laboratorio
0,332
0,341
0,341
0,348
0,348
0,371
0,374
0,377
0,380
0,388
0,394
0,396
0,419
0,429
0,432
0,440
0,441
0,448
0,458
0,459
0,464

Fuente: Autores, 2019.

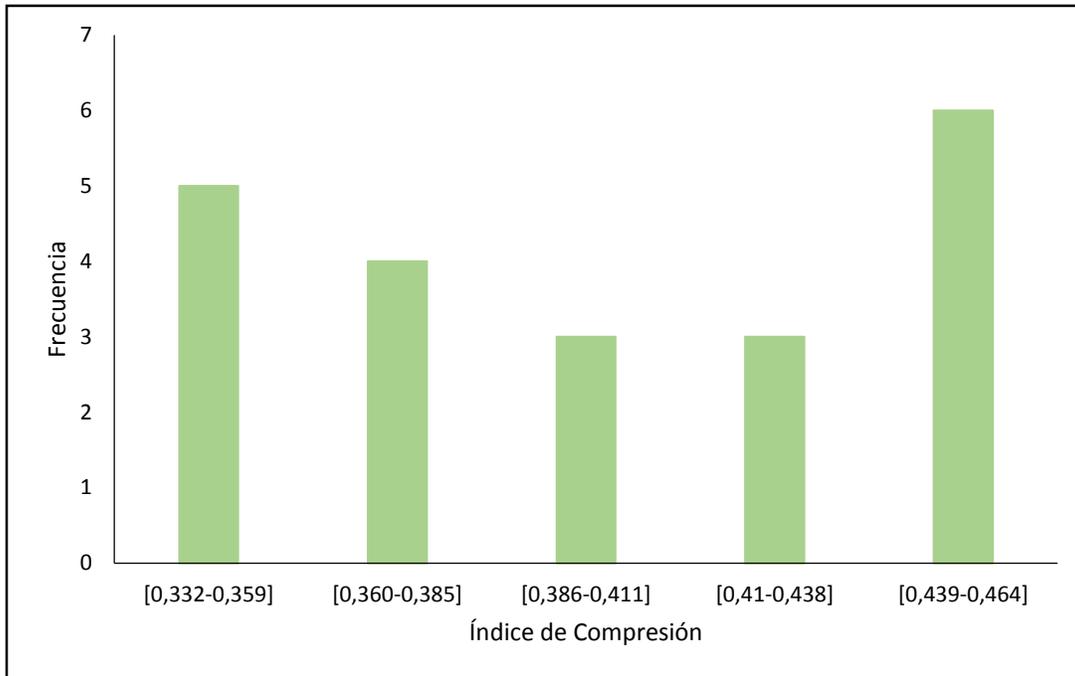


Figura 40. Histograma de los valores del índice de compresión de laboratorio.

Fuente: Autores, 2019.

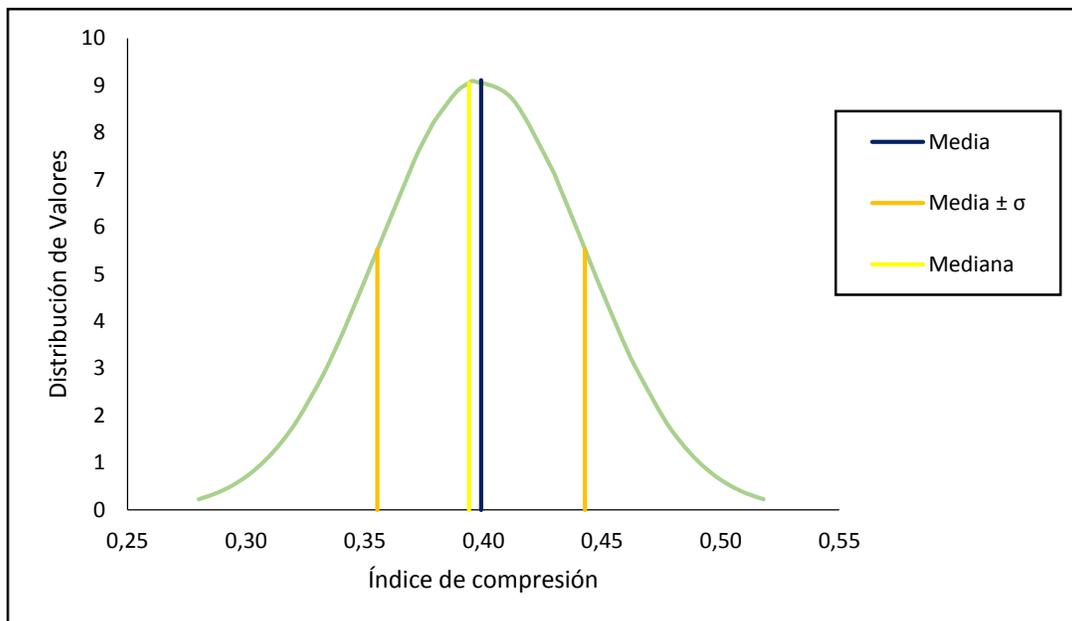


Figura 41. Distribución de valores del índice de compresión de laboratorio.

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 16. Medidas estadísticas de los valores del índice de compresión de laboratorio.

<i>Resumen</i>	
Media	0,399
Error típico	0,010
Mediana	0,394
Moda	0,341
Desviación estándar	0,044
Varianza de la muestra	0,002
Curtosis	-1,402
Coefficiente de asimetría	0,011
Rango	0,132
Mínimo	0,332
Máximo	0,464
Suma	8,379
Cuenta	21,000
Nivel de confianza (95,0%)	0,020

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 17. Valores del índice de compresión obtenidos con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).

Índice de compresión Terzaghi y Peck (1967)
0,199
0,226
0,250
0,277
0,337
0,348
0,382

Fuente: Autores, 2019.

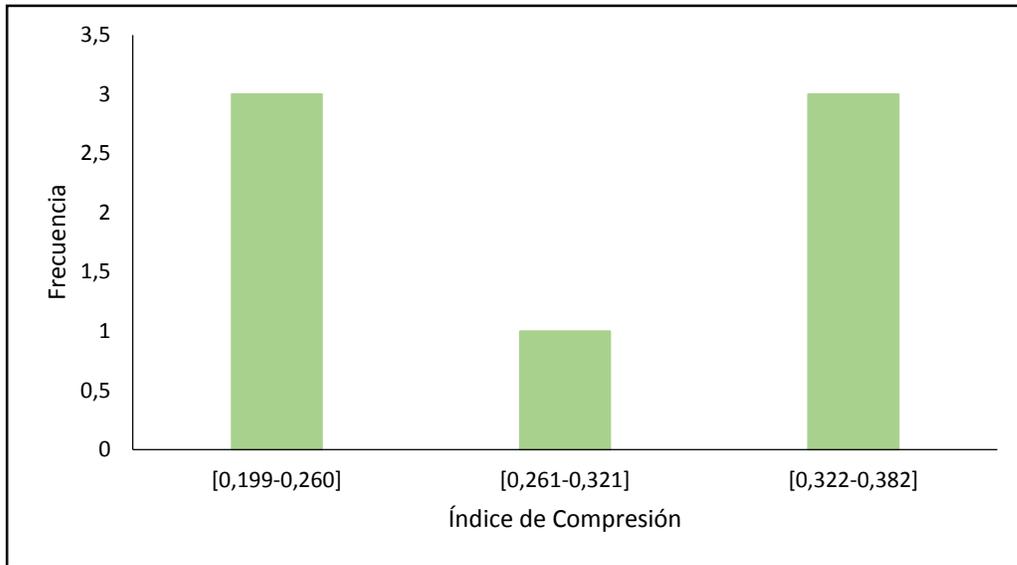


Figura 42. Histograma de los valores del índice de compresión calculados con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).

Fuente: Autores, 2019.

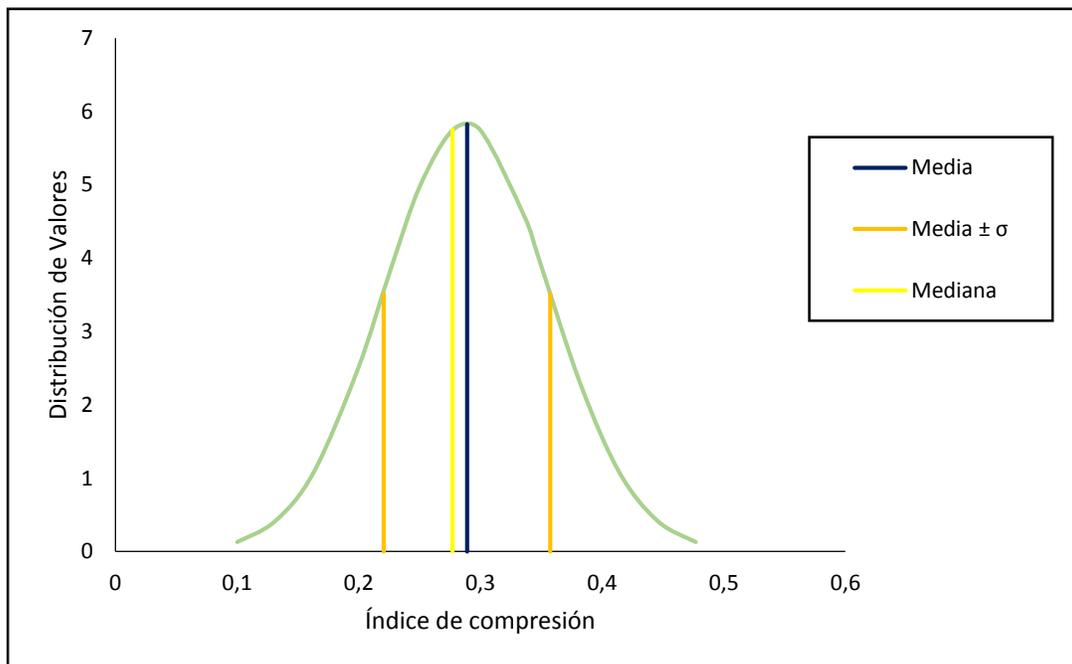


Figura 43. Distribución de valores del índice de compresión calculados con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 18. Medidas estadísticas de los valores del índice de compresión calculados con la correlación de Terzaghi y Peck (1967).

<i>Resumen</i>	
Media	0,289
Error típico	0,026
Mediana	0,277
Desviación estándar	0,068
Varianza de la muestra	0,005
Curtosis	-1,665
Coefficiente de asimetría	0,094
Rango	0,183
Mínimo	0,199
Máximo	0,382
Suma	2,020
Cuenta	7,000
Nivel de confianza (95,0%)	0,063

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 19. Valores del índice de compresión calculados con la ecuación 11.

Índice de compresión ecuación 11
0,346
0,362
0,377
0,393
0,429
0,436
0,456

Fuente: Autores, 2019.

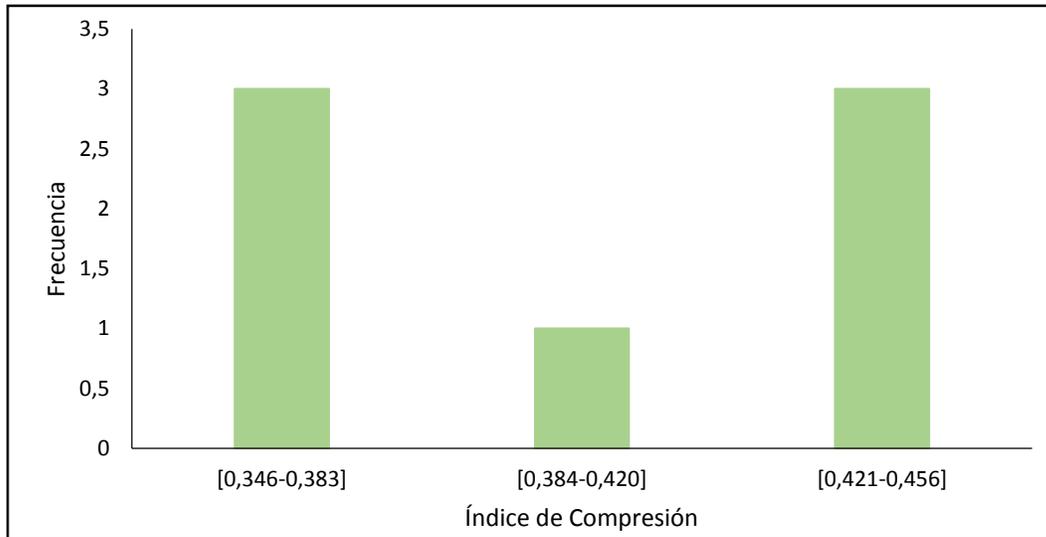


Figura 44. Histograma de los valores del índice de compresión calculados con la ecuación

11.

Fuente: Autores, 2019.

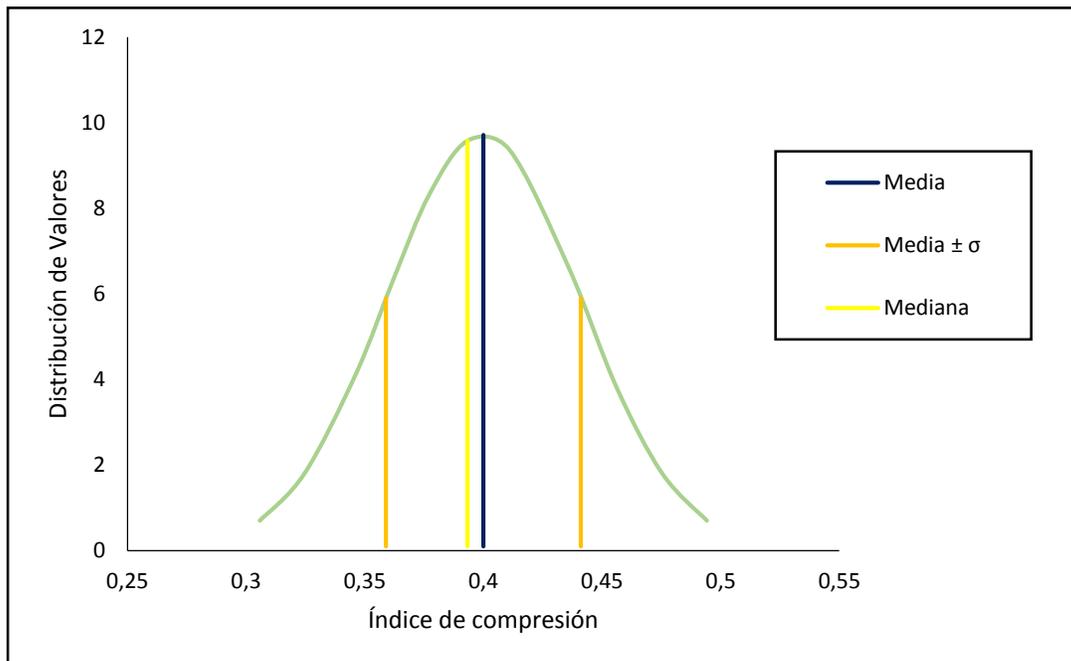


Figura 45. Distribución de valores del índice de compresión calculados con la ecuación

11.

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 20. Medidas estadísticas de los valores del índice de compresión calculados con la ecuación 11.

<i>Resumen</i>	
Media	0,400
Error típico	0,016
Mediana	0,393
Desviación estándar	0,041
Varianza de la muestra	0,002
Curtosis	-1,665
Coefficiente de asimetría	0,094
Rango	0,110
Mínimo	0,346
Máximo	0,456
Suma	2,800
Cuenta	7,000
Nivel de confianza (95,0%)	0,038

Fuente: Autores, 2019.

Capítulo 5: Conclusiones

Los suelos residuales presentes en la ciudad de Ocaña, corresponden en su mayoría a zonas pertenecientes al complejo Ígneo Intrusivo-Extrusivo (Formación ígnea), presentando las características comunes de los perfiles de meteorización, como la presencia de estructuras heredadas.

El índice de compresión muestra una relación directamente proporcional con el límite líquido, por lo que es adecuado aplicar un análisis de regresión lineal para obtener la ecuación que mejor relacione ambas variables.

El uso de la correlación de Terzaghi y Peck (1967) no es adecuada para los suelos cohesivos residuales presentes en la ciudad de Ocaña estudiados en la investigación, dado que no existe una aproximación cercana entre los valores de la correlación y los de laboratorio.

De los valores del índice de compresión obtenidos en laboratorio se determina que la correlación:

$$Cc = 0,0054(LL + 32)$$

es la más adecuada para obtener el índice de compresión de laboratorio, siendo esta una correlación positiva alta, por lo que se recomienda su utilización en los suelos cohesivos residuales de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

La correlación presentada en esta investigación tiene un grado de aplicación importante, dado que los sectores de estudio corresponden a las zonas de expansión urbana de la ciudad de Ocaña, localizados en su mayoría en la formación ígnea, por lo que los estudios geotécnicos

Llevados a cabo en la ciudad para la construcción de edificaciones y demás estructuras están enfocados en estas zonas de estudio, de esta manera, la correlación se convierte en una herramienta de apoyo para los profesionales geotécnicos en los estudios que se realicen en los suelos con las mismas características y propiedades a los investigadores, pero sin sustituir en ningún caso el trabajo de laboratorio, ni garantizar el análisis completo de las propiedades de compresibilidad.

Capítulo 6: Recomendaciones

Las muestras de suelo tanto inalteradas como alteradas, deben ser ensayadas en el menor tiempo posible, pues aunque se conserven debidamente, tienden a perder sus propiedades naturales debido a la manipulación de las mismas.

Se sugiere continuar con la investigación en otros sectores de la ciudad de Ocaña con presencia de suelos cohesivos residuales, así como en las demás formaciones existentes en la ciudad, para verificar la validez de la correlación, o en caso contrario, establecer una nueva correlación con mayor aproximación.

Así mismo, se sugiere establecer correlaciones entre el índice de compresión y otras propiedades del suelo, como el límite plástico, índice de plasticidad, gravedad específica, peso unitario, la relación de vacíos o una combinación de éstas, para analizar cual ofrece una mejor predicción.

Referencias

- Alva, J. E. (1991). *Diseño de cimentaciones*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Angelone, S., Garibay, M. T. y Cauhapé, M. *Geología y Geotecnia: Permeabilidad de suelos*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ROSARIO.
- Ayala, K. L. (2013). *Influencia de las propiedades índice en el índice de compresión en las arcillas del Valle de México*. D.F., México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Berry, P. L. y Reid, D. (1998). *Mecánica de Suelos*. Editorial: McGraw – Hill
- Borselli, L. (2017). *Geotecnia I*. Facultad de Ingeniería: UASLP.
- Bowles, J. E. (1982). *Propiedades geofísicas de los suelos*. Bogotá, Colombia: McGraw – Hill
- Calvo, M. I. y Durán, D. J. (2013). *Determinación del índice de compresibilidad e índice de expansión de los suelos cohesivos blandos en la zona de Tonsupa en la provincia de Esmeralda*. Quito, Ecuador: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Crespo, V. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones (Quinta ed.)*. D.F., México: Limusa.
- Das, B. M. (2005). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (Cuarta ed.)*. D.F., México: Cengage Learning.
- Duque, G. y Escobar, C. E. (2016). *Geomecánica*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Hidalgo, C. A. y Pacheco, A. (2011). *Herramientas para análisis por confiabilidad en Geotecnia: La teoría*. UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN.
- Hoyos, F. (2001). *Geotecnia: Diccionario Básico*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Johnson, R. (2003). *Estadística Elemental (Tercera ed.)*, D.F., México: Math Learning.
- Juárez, E. y Rico, A. (2015). *Mecánica de suelos, Tomo 1: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. D.F., México: Limusa.
- Lambe, W. y Whitman, R. (1969). *Mecánica de suelos*. D.F., México: Limusa.
- Martínez, C. A. (2016). *Correlación entre el límite líquido y el coeficiente de compresibilidad para arcillas de llanura costera*. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA.
- Maturana, E. O. y Abello, L. E. (1994). *Correlación entre el índice de compresión y el límite líquido para limos y arcillas provenientes del Batolito Antioqueño en el municipio de Santuario*. Medellín, Colombia: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN.

- Molina, G. M., Hernández, E. y Castillo, C. C. (2012). *Determinación de la correlación entre el coeficiente de compresión y propiedades índice en suelos de expansión urbana de Pereira*. Pereira, Colombia: UNIVERSIDAD LIBRE DE PEREIRA.
- Peck, R. B. , Hanson, W. E. y Thornburn, T. H. (2004). *Ingeniería de Cimentaciones*. D.F., México: Limusa.
- Pérez, C. (2005). *Muestreo estadístico*. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
- Pinzón, E. G. (2007). *Comportamiento visco-plástico del suelo en pruebas de consolidación a velocidad de desplazamiento constante, aplicadas a la determinación de la permeabilidad*. D.F., México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Poliotti, M. y Sierra, P. *Geología y Geotecnia*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ROSARIO.
- Robinson, G. W. (1960). *Los suelos: Su origen, constitución y clasificación*. Barcelona, España: Omega, S. A.
- Sáez, E. (2010). *Fundamentos de Geotecnia*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.
- Sección 100 – Suelos, normas del Instituto Nacional de Vías.
- Shirakov, V. P. *Manual de hilandería: Análisis experimentales*. Moscú, Rusia. Pág. 392-394.
- Sowers, G. B. y Sowers, G. F. (1972). *Introducción a la Mecánica de suelos y cimentaciones*. D.F., México: Limusa
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
- Terzaghi, K. y Peck, R. B. (1967). *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica (Segunda ed.)*. Barcelona, España: El Ateneo.
- Título H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente 2010 (NSR- 10).
- Trujillo, J. H. (2012). *Diseño geotécnico de una zapata corrida de concreto reforzado, apoyada sobre arcillas preconsolidadas, totalmente saturadas*. D.F., México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

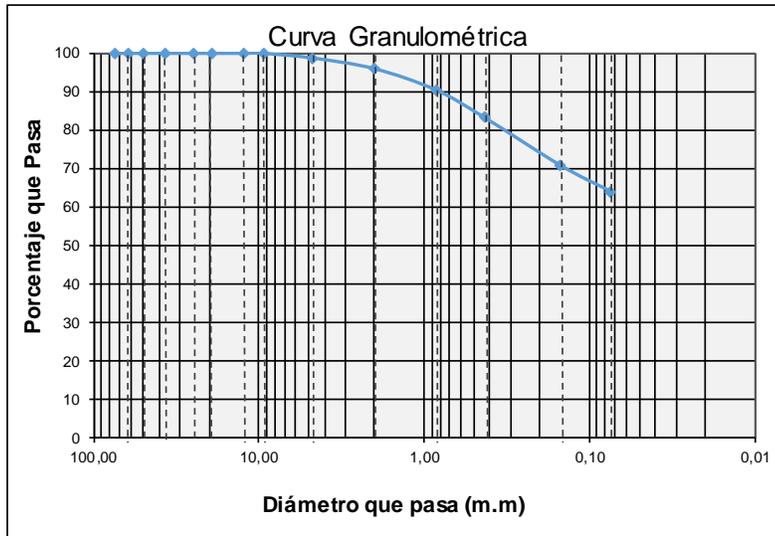
Apéndices

Apéndice A. Formatos ensayos de granulometría por tamizado.

Sector 1: Los Sauces.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO- I.N.V. E - 123-13				
Localización:		Los Sauces		
Descripción:		Formación Ígnea		
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:		22 de Marzo del 2019		
Ws (g) <u>422,84</u>				
Tamiz		Peso Retenido	%	% que
No.	mm.	(g)	Retenido	Pasa
3"	75,00	0,00	0,00	100,00
21/02 "	62,50	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	100,00
11/2 "	37,50	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,50	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,76	5,07	1,20	98,80
10	2,00	11,84	2,80	96,00
20	0,85	23,37	5,53	90,47
40	0,43	30,70	7,26	83,21
100	0,15	52,52	12,42	70,79
200	0,08	28,49	6,74	64,05
Pasa 200		270,85	64,05	-

Continuación:



% Grava	<u>1,20</u>	D10:	<u>-</u>
% Arena	<u>34,75</u>	D30:	<u>-</u>
% Finos	<u>64,05</u>	D60:	<u>-</u>
		Cc:	<u>-</u>
		Cu:	<u>-</u>
Límite Líquido (%)	<u>47,42</u>		
Límite plástico (%)	<u>37,55</u>		
Índice de Plasticidad (%)	<u>9,87</u>		
Clasificación S.U.C.S.	<u>ML</u>		

Descripción: Limo arenoso de Plasticidad Media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"

Observaciones: Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Recomendaciones: _____

Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil
---	--

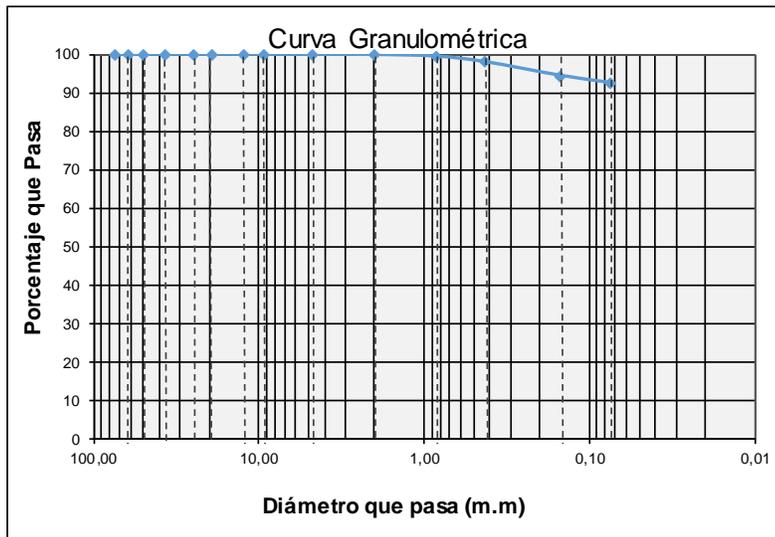
Ocaña - Colombia

Fuente: Autores, 2019.

Sector 2: Vía a Buena Vista.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO- I.N.V. E - 123-13				
Localización:		Buena Vista		
Descripción:		Formación Ígnea		
Profundidad (m):		1	Tipo de muestra:	Alterada
Fecha:		26 de Marzo del 2019		
Ws (g)		<u>562,01</u>		
Tamiz		Peso Retenido	%	% que
No.	mm.	(g)	Retenido	Pasa
3"	75,00	0,00	0,00	100,00
21/02 "	62,50	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	100,00
11/2 "	37,50	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,50	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,76	0,14	0,02	99,98
10	2,00	0,29	0,05	99,92
20	0,85	2,37	0,42	99,50
40	0,43	8,15	1,45	98,05
100	0,15	20,15	3,59	94,47
200	0,08	10,52	1,87	92,59
Pasa 200		520,39	92,59	-

Continuación:



% Grava	<u>0,02</u>	D10:	<u>-</u>
% Arena	<u>7,38</u>	D30:	<u>-</u>
% Finos	<u>92,59</u>	D60:	<u>-</u>
		Cc:	<u>-</u>
		Cu:	<u>-</u>
Límite Líquido (%)	<u>52,47</u>		
Límite plástico (%)	<u>32,87</u>		
Índice de Plasticidad (%)	<u>19,60</u>		
Clasificación S.U.C.S.	<u>MH</u>		

Descripción: Limo elástico con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"

Observaciones: Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Recomendaciones: _____

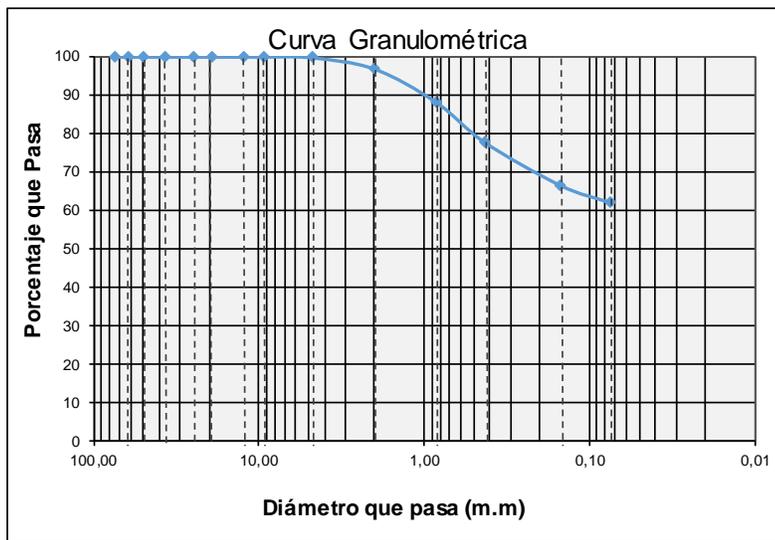
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil
Ocaña - Colombia	

Fuente: Autores, 2019.

Sector 3: Travesías.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO- I.N.V. E - 123-13				
Localización:		Travesías		
Descripción:		Formación Ígnea		
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	27 de Marzo del 2019			
Ws (g)		465,69		
Tamiz		Peso Retenido	%	% que
No.	mm.	(g)	Retenido	Pasa
3"	75,00	0,00	0,00	100,00
21/02 "	62,50	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2 "	37,50	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,50	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,76	0,93	0,20	99,80
10	2,00	13,62	2,92	96,88
20	0,85	40,23	8,64	88,24
40	0,43	49,16	10,56	77,68
100	0,15	52,33	11,24	66,44
200	0,08	20,97	4,50	61,94
Pasa 200		288,45	61,94	-

Continuación:



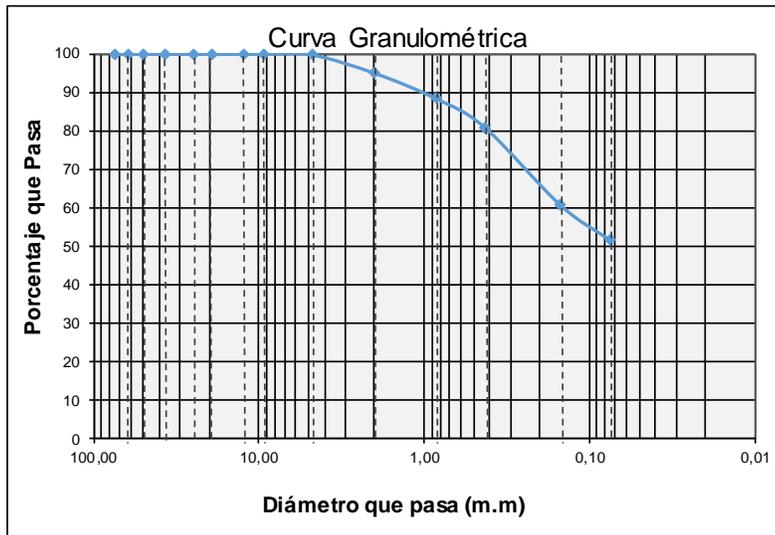
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">% Grava</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">0,20</td> </tr> <tr> <td>% Arena</td> <td style="text-align: right;">37,86</td> </tr> <tr> <td>% Finos</td> <td style="text-align: right;">61,94</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido (%)</td> <td style="text-align: right;">48,70</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: right;">36,58</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidad (%)</td> <td style="text-align: right;">12,12</td> </tr> <tr> <td>Clasificación S.U.C.S.</td> <td style="text-align: center;">ML</td> </tr> </table>	% Grava	0,20	% Arena	37,86	% Finos	61,94	Límite Líquido (%)	48,70	Límite plástico (%)	36,58	Índice de Plasticidad (%)	12,12	Clasificación S.U.C.S.	ML	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">D10:</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>D30:</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>D60:</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Cc:</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Cu:</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </table>	D10:	-	D30:	-	D60:	-	Cc:	-	Cu:	-
% Grava	0,20																								
% Arena	37,86																								
% Finos	61,94																								
Límite Líquido (%)	48,70																								
Límite plástico (%)	36,58																								
Índice de Plasticidad (%)	12,12																								
Clasificación S.U.C.S.	ML																								
D10:	-																								
D30:	-																								
D60:	-																								
Cc:	-																								
Cu:	-																								
Descripción: <u>Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"</u>																									
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Observaciones:</td> <td><u>Clasificación de acuerdo al Sistema</u> <u>Unificado de Clasificación de Suelos</u></td> </tr> <tr> <td>Recomendaciones:</td> <td>_____ _____</td> </tr> </table>		Observaciones:	<u>Clasificación de acuerdo al Sistema</u> <u>Unificado de Clasificación de Suelos</u>	Recomendaciones:	_____ _____																				
Observaciones:	<u>Clasificación de acuerdo al Sistema</u> <u>Unificado de Clasificación de Suelos</u>																								
Recomendaciones:	_____ _____																								
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Realizó:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</td> </tr> </table>	Realizó:	Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Revisó</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</td> </tr> </table>	Revisó	MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																				
Realizó:																									
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero																									
Revisó																									
MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																									
Ocaña - Colombia																									

Fuente: Autores, 2019.

Sector 4: Filipote.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO- I.N.V. E - 123-13				
Localización:	Filipote			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	22 de Mayo del 2019			
Ws (g)	458,35			
Tamiz		Peso Retenido	%	% que
No.	mm.	(g)	Retenido	Pasa
3"	75,00	0,00	0,00	100,00
21/02 "	62,50	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2 "	37,50	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,50	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,76	0,84	0,18	99,82
10	2,00	21,69	4,73	95,08
20	0,85	30,30	6,61	88,47
40	0,43	34,62	7,55	80,92
100	0,15	92,83	20,25	60,67
200	0,08	41,80	9,12	51,55
Pasa 200		236,27	51,55	-

Continuación:



% Grava	<u>0,18</u>	D10:	<u>-</u>
% Arena	<u>48,27</u>	D30:	<u>-</u>
% Finos	<u>51,55</u>	D60:	<u>0,15 mm</u>
		Cc:	<u>-</u>
		Cu:	<u>-</u>
Límite Líquido (%)	<u>35,10</u>		
Límite plástico (%)	<u>24,54</u>		
Índice de Plasticidad (%)	<u>10,56</u>		
Clasificación S.U.C.S.	<u>ML</u>		
Descripción: <u>Limo arenoso de plásticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"</u>			

Observaciones: Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificacion de Suelos

Recomendaciones: _____

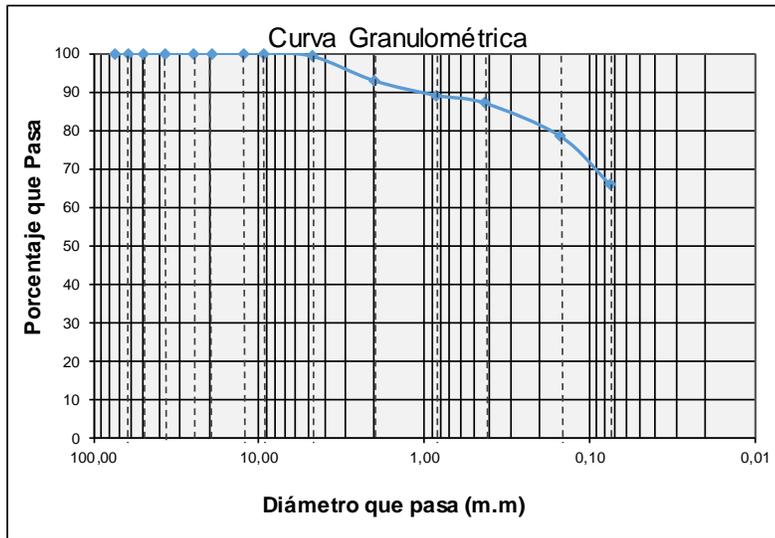
<p>Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>	<p>Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>
Ocaña - Colombia	

Fuente: Autores, 2019.

Sector 5: El Dorado.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO- I.N.V. E - 123-13				
Localización:		El Dorado		
Descripción:		Formación Ígnea		
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:		04 de Junio de 2019		
Ws (g)		<u>443,63</u>		
Tamiz		Peso Retenido	%	% que
No.	mm.	(g)	Retenido	Pasa
3"	75,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2 "	62,50	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2 "	37,50	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,50	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,76	3,23	0,73	99,27
10	2,00	28,16	6,35	92,92
20	0,85	16,64	3,75	89,17
40	0,43	9,00	2,03	87,14
100	0,15	38,12	8,59	78,55
200	0,08	55,58	12,53	66,02
Pasa 200		292,90	66,02	-

Continuación:



% Grava	<u>0,73</u>
% Arena	<u>33,25</u>
% Finos	<u>66,02</u>

D10:	<u>-</u>
D30:	<u>-</u>
D60:	<u>-</u>
Cc:	<u>-</u>
Cu:	<u>-</u>

Límite Líquido (%)	<u>40,82</u>
Límite plástico (%)	<u>29,79</u>
Índice de Plasticidad (%)	<u>11,03</u>

Clasificación S.U.C.S. ML

Descripción: Limo arenoso de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"

Observaciones: Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Recomendaciones: _____

Realizó:
Luis Miguel Duarte Vergara
Hugo Andrés Álvarez Quintero

Revisó
MSc. Romel J. Gallardo Amaya
Ingeniero Civil

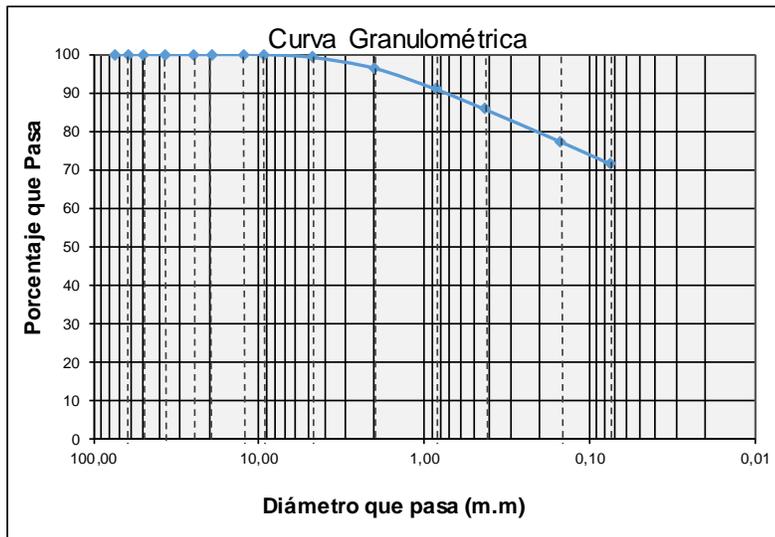
Ocaña - Colombia

Fuente: Autores, 2019.

Sector 6: El Hatillo.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO- I.N.V. E - 123-13				
Localización:	El Hatillo			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	04 de Junio del 2019			
Ws (g)	433,2			
Tamiz		Peso Retenido	%	% que
No.	mm.	(g)	Retenido	Pasa
3"	75,00	0,00	0,00	100,00
21/02 "	62,50	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	100,00
11/2 "	37,50	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,50	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,76	3,21	0,74	99,26
10	2,00	12,22	2,82	96,44
20	0,85	23,55	5,44	91,00
40	0,43	22,53	5,20	85,80
100	0,15	36,36	8,39	77,41
200	0,08	25,02	5,78	71,63
Pasa 200		310,31	71,63	-

Continuación:



% Grava	<u>0,74</u>	D10:	<u>-</u>
% Arena	<u>27,63</u>	D30:	<u>-</u>
% Finos	<u>71,63</u>	D60:	<u>-</u>
		Cc:	<u>-</u>
		Cu:	<u>-</u>
Límite Líquido (%)	<u>37,82</u>		
Límite plástico (%)	<u>27,80</u>		
Índice de Plasticidad (%)	<u>10,02</u>		
Clasificación S.U.C.S.	<u>ML</u>		

Descripción: Limo con arena de plasticidad media con Tamaño Máximo de Partícula de 3/8"

Observaciones: Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Recomendaciones: _____

Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil
Ocaña - Colombia	

Fuente: Autores, 2019.

Sector 7: Líbano.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO- I.N.V. E - 123-13				
Localización:		Líbano		
Descripción:		Formación Ígnea		
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:		20-22 de Mayo del 2019		
<p>Ws (g) <u>464,00</u></p>				
Tamiz		Peso Retenido	%	% que
No.	mm.	(g)	Retenido	Pasa
3"	75,00	0,00	0,00	100,00
21/02 "	62,50	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2 "	37,50	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,50	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00
4	4,76	2,16	0,47	99,53
10	2,00	22,15	4,77	94,76
20	0,85	30,75	6,63	88,13
40	0,43	23,14	4,99	83,15
100	0,15	88,69	19,11	64,03
200	0,08	64,47	13,89	50,14
Pasa 200		232,64	50,14	-

Apéndice B. Límites de consistencia.

Sector 1: Los Sauces.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA - I.N.V. E - 125, 126-13					
Localización:	Los Sauces				
Descripción:	Formación Ígnea				
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada		
Fecha:	22 de Marzo del 2019				
Límite líquido					
Prueba	N°	1	2	3	4
Peso del recipiente	(g)	19,88	20,98	18,32	18,24
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	40,73	42,56	44,62	40,14
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	34,41	35,79	36,2	32,54
Peso del suelo seco	(g)	14,53	14,81	17,88	14,3
Peso del agua	(g)	6,32	6,77	8,42	7,6
Contenido de humedad	(%)	43,50	45,71	47,09	53,15
Golpes	N°	38	30	27	13
Límite líquido	(%)	47,42			

Continuación:

Límite plástico					
Prueba	N°	1	2	3	
Peso del recipiente	(g)	11,75	10,93	9,04	
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	15,16	14,83	15,22	
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	14,23	13,76	13,54	
Peso del suelo seco	(g)	2,48	2,83	4,50	
Peso del agua	(g)	0,93	1,07	1,68	
Contenido de humedad	(%)	37,50	37,81	37,33	
Límite plástico	(%)	37,55			
Índice de plasticidad					
Índice de Plasticidad	(%)	9,87			
<p>Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>					
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

Fuente: Autores, 2019.

Sector 2: Vía a Buena Vista.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA - I.N.V. E - 125, 126-13					
Localización:	Buena Vista				
Descripción:	Formación Ígnea				
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada		
Fecha:	28 de Marzo del 2019				
Límite líquido					
Prueba	N°	1	2	3	4
Peso del recipiente	(g)	18,15	19,06	18,44	18,95
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	52,46	48,45	46,23	46,62
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	41,11	38,15	36,37	36,44
Peso del suelo seco	(g)	22,96	19,09	17,93	17,49
Peso del agua	(g)	11,35	10,3	9,86	10,18
Contenido de humedad	(%)	49,43	53,95	54,99	58,20
Golpes	N°	36	21	19	11
Límite líquido	(%)	52,47			

Continuación

Límite plástico					
Prueba	N°	1	2	3	
Peso del recipiente	(g)	7,12	7,10	10,76	
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	16,00	14,49	17,67	
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	13,83	12,64	15,96	
Peso del suelo seco	(g)	6,71	5,54	5,20	
Peso del agua	(g)	2,17	1,85	1,71	
Contenido de humedad	(%)	32,34	33,39	32,88	
Límite plástico	(%)	32,87			
Índice de plasticidad					
Índice de Plasticidad	(%)	19,60			
<p>Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u></p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>					
<p>Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p>Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>		
Ocaña - Colombia					

Fuente: Autores, 2019.

Sector 3: Travesías.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA - I.N.V. E - 125, 126-13					
Localización:	Travesías				
Descripción:	Formación Ígnea				
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada		
Fecha:	29 de Marzo del 2019				
Límite líquido					
Prueba	N°	1	2	3	4
Peso del recipiente	(g)	18,1	19,7	17,95	18,04
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	50,63	45,66	47,67	45,38
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	40,47	37,18	37,56	35,57
Peso del suelo seco	(g)	22,37	17,48	19,61	17,53
Peso del agua	(g)	10,16	8,48	10,11	9,81
Contenido de humedad	(%)	45,42	48,51	51,56	55,96
Golpes	N°	39	28	16	8
Límite líquido	(%)	48,70			

Continuación:

Límite plástico					
Prueba	N°	1	2	3	
Peso del recipiente	(g)	11,86	8,85	10,43	
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	18,03	16,16	18,32	
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	16,60	14,17	15,98	
Peso del suelo seco	(g)	4,74	5,32	5,55	
Peso del agua	(g)	1,43	1,99	2,34	
Contenido de humedad	(%)	30,17	37,41	42,16	
Límite plástico	(%)	36,58			
Índice de plasticidad					
Índice de Plasticidad	(%)	12,12			
<p>Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>					
<p>Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p>Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>		
Ocaña - Colombia					

Fuente: Autores, 2019.

Sector 4: Filipote.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA - I.N.V. E - 125, 126-13					
Localización:	Filipote				
Descripción:	Formación Ígnea				
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada		
Fecha:	20 de Mayo del 2019				
Límite líquido					
Prueba	N°	1	2	3	4
Peso del recipiente	(g)	18,31	18,19	20,80	20,86
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	47,23	40,46	40,68	48,52
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	39,93	34,59	35,19	40,55
Peso del suelo seco	(g)	21,62	16,40	14,39	19,69
Peso del agua	(g)	7,30	5,87	5,49	7,97
Contenido de humedad	(%)	33,77	35,79	38,15	40,48
Golpes	N°	32	23	12	6
Límite líquido	(%)	35,10			

Continuación:

Límite plástico					
Prueba	N°	1	2	3	
Peso del recipiente	(g)	12,18	7,24	7,19	
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	20,17	14,57	16,69	
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	18,60	13,12	14,82	
Peso del suelo seco	(g)	6,42	5,88	7,63	
Peso del agua	(g)	1,57	1,45	1,87	
Contenido de humedad	(%)	24,45	24,66	24,51	
Límite plástico	(%)	24,54			
Índice de plasticidad					
Índice de Plasticidad	(%)	10,56			
<p>Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>					
<p>Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p>Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>		
Ocaña - Colombia					

Fuente: Autores, 2019.

Sector 5: El Dorado.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA - I.N.V. E - 125, 126-13					
Localización:	El Dorado				
Descripción:	Formación Ígnea				
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada		
Fecha:	05 de Junio de 2019				
Límite líquido					
Prueba	N°	1	2	3	4
Peso del recipiente	(g)	18,44	18,51	18,23	18,2
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	37,64	39,48	43,67	40,17
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	32,2	32,99	35,7	32,78
Peso del suelo seco	(g)	13,76	14,48	17,47	14,58
Peso del agua	(g)	5,44	6,49	7,97	7,39
Contenido de humedad	(%)	39,53	44,82	45,62	50,69
Golpes	N°	33	12	10	5
Límite líquido	(%)	40,82			

Continuación:

Límite plástico					
Prueba	N°	1	2	3	
Peso del recipiente	(g)	10,57	12,16	11,83	
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	16,64	18,80	19,43	
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	15,29	17,26	17,65	
Peso del suelo seco	(g)	4,72	5,10	5,82	
Peso del agua	(g)	1,35	1,54	1,78	
Contenido de humedad	(%)	28,60	30,20	30,58	
Límite plástico	(%)	29,79			
Índice de plasticidad					
Índice de Plasticidad	(%)	11,03			
Observaciones:					
Humedades determinadas en horno					

Recomendaciones:					

Realizó:			Revisó		
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

Fuente: Autores, 2019.

Sector 6: El Hatillo.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA - I.N.V. E - 125, 126-13					
Localización:	El Hatillo				
Descripción:	Formación Ígnea				
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada		
Fecha:	05 de Junio del 2019				
Límite líquido					
Prueba	N°	1	2	3	4
Peso del recipiente	(g)	20,99	20,84	18,07	20,67
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	38,54	40	40,87	42,51
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	33,82	34,67	34,33	35,87
Peso del suelo seco	(g)	12,83	13,83	16,26	15,2
Peso del agua	(g)	4,72	5,33	6,54	6,64
Contenido de humedad	(%)	36,79	38,54	40,22	43,68
Golpes	N°	33	21	13	6
Límite líquido	(%)	37,82			

Continuación:

Límite plástico					
Prueba	N°	1	2	3	
Peso del recipiente	(g)	7,30	7,51	7,20	
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	12,52	11,91	13,17	
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	11,38	10,95	11,88	
Peso del suelo seco	(g)	4,08	3,44	4,68	
Peso del agua	(g)	1,14	0,96	1,29	
Contenido de humedad	(%)	27,94	27,91	27,56	
Límite plástico	(%)	27,80			
Índice de plasticidad					
Índice de Plasticidad	(%)	10,02			
Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u>					
Recomendaciones: _____					
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

Fuente: Autores, 2019.

Sector 7: Líbano.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA - I.N.V. E - 125, 126-13					
Localización:	Líbano				
Descripción:	Formación Ígnea				
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada		
Fecha:	20 de Mayo del 2019				
Límite líquido					
Prueba	N°	1	2	3	4
Peso del recipiente	(g)	18,84	18,29	18,30	18,59
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	44,83	43,85	42,87	45,11
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	38,60	37,49	36,61	38,06
Peso del suelo seco	(g)	19,76	19,20	18,31	19,47
Peso del agua	(g)	6,23	6,36	6,26	7,05
Contenido de humedad	(%)	31,53	33,13	34,19	36,21
Golpes	N°	27	21	15	8
Límite líquido	(%)	32,15			

Continuación:

Límite plástico					
Prueba	N°	1	2	3	
Peso del recipiente	(g)	10,59	11,73	8,57	
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	17,81	19,58	17,08	
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	16,34	17,97	15,38	
Peso del suelo seco	(g)	5,75	6,24	6,81	
Peso del agua	(g)	1,47	1,61	1,70	
Contenido de humedad	(%)	25,57	25,80	24,96	
Límite plástico	(%)	25,44			
Índice de plasticidad					
Índice de Plasticidad	(%)	6,71			
Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u>					
Recomendaciones: _____					
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

Fuente: Autores, 2019.

Apéndice C. Formatos de gravedad específica

Sector 1: Los Sauces.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
GRAVEDAD ESPECÍFICA FRACCIÓN FINA I.N.V. E - 128-13				
Localización:	Los Sauces			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	22 de Marzo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del Picnómetro	(g)	157,91	150,62	152,58
Peso picnómetro + agua + suelo	(g)	707,90	704,92	702,21
Peso picnómetro + agua	(g)	667,77	665,45	661,56
Peso Tara	(g)	183,43	192,09	153,35
Peso Tara + Muestra seca	(g)	247,88	255,78	218,82
Peso suelo Seco en el horno	(g)	64,45	63,69	65,47
Volumen Picnómetro	cm ³	500,00	500,00	500,00
Temperatura agua en el ensayo	°C	24,00	24,00	24,00
Factor de corrección de Temperatura		1,00	1,00	1,00
Gravedad específica Ss		2,65	2,63	2,64
Gravedad Específica Promedio Ss prom.		2,64		
Observaciones:	Ensayo realizado por el Método de ebullición			
Recomendaciones:	_____ _____			
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 2: Vía a Buena Vista.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
GRAVEDAD ESPECÍFICA FRACCIÓN FINA I.N.V. E - 128-13				
Localización:	Buena Vista			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	29 de Marzo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del Picnómetro	(g)	148,74	156,40	150,82
Peso picnómetro + agua + suelo	(g)	695,15	709,49	699,12
Peso picnómetro + agua	(g)	652,15	668,17	658,07
Peso Tara	(g)	182,63	199,04	154,28
Peso Tara + Muestra seca	(g)	251,82	265,45	220,42
Peso suelo Seco en el horno	(g)	69,19	66,41	66,14
Volumen Picnómetro	cm ³	500,00	500,00	500,00
Temperatura agua en el ensayo	°C	24,00	24,00	24,00
Factor de corrección de Temperatura		1,00	1,00	1,00
Gravedad específica Ss		2,64	2,64	2,63
Gravedad Específica Promedio Ss prom.		2,64		
Observaciones:	<u>Ensayo realizado por el Método de</u> <u>ebullición</u>			
Recomendaciones:	<hr/> <hr/>			
Realizó:	Revisó			
Luis Miguel Duarte Vergara	MSc. Romel J. Gallardo Amaya			
Hugo Andrés Álvarez Quintero	Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 3: Travesías.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>		
GRAVEDAD ESPECÍFICA FRACCIÓN FINA I.N.V. E - 128-13				
Localización:	Travesías			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	03 de Abril del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del Picnómetro	(g)	152,30	157,28	152,89
Peso picnómetro + agua + suelo	(g)	693,95	704,70	696,66
Peso picnómetro + agua	(g)	656,01	660,39	649,05
Peso Tara	(g)	185,84	193,32	204,17
Peso Tara + Muestra seca	(g)	246,08	263,80	279,92
Peso suelo Seco en el horno	(g)	60,24	70,48	75,75
Volumen Picnómetro	cm ³	500,00	500,00	500,00
Temperatura agua en el ensayo	°C	24,00	24,00	24,00
Factor de corrección de Temperatura		1,00	1,00	1,00
Gravedad específica Ss		2,70	2,69	2,69
Gravedad Específica Promedio Ss prom.		2,69		
Observaciones:	Ensayo realizado por el Método de ebullición			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Rommel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 4: Filipote.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>		
GRAVEDAD ESPECÍFICA FRACCIÓN FINA I.N.V. E - 128-13				
Localización:	Filipote			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	27 de Mayo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del Picnómetro	(g)	156,09	153,64	152,96
Peso picnómetro + agua + suelo	(g)	716,68	706,83	697,39
Peso picnómetro + agua	(g)	677,43	666,85	657,51
Peso Tara	(g)	181,63	154,06	194,85
Peso Tara + Muestra seca	(g)	244,40	218,15	258,75
Peso suelo Seco en el horno	(g)	62,77	64,09	63,90
Volumen Picnómetro	cm ³	500,00	500,00	500,00
Temperatura agua en el ensayo	°C	24,00	24,00	24,00
Factor de corrección de Temperatura		1,00	1,00	1,00
Gravedad específica Ss		2,67	2,66	2,66
Gravedad Específica Promedio Ss prom.		2,66		
Observaciones:	Ensayo realizado por el Método de ebullición			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 5: El Dorado.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
GRAVEDAD ESPECÍFICA FRACCIÓN FINA I.N.V. E - 128-13				
Localización:		El Dorado		
Descripción:		Formación Ígnea		
Profundidad (m):		1	Tipo de muestra:	Alterada
Fecha:		11 de Junio de 2019		
Prueba	N°	1	2	3
Peso del Picnómetro	(g)	150,89	157,58	144,91
Peso picnómetro + agua + suelo	(g)	705,87	707,23	693,21
Peso picnómetro + agua	(g)	666,36	668,42	652,88
Peso Tara	(g)	203,31	85,18	355,05
Peso Tara + Muestra seca	(g)	267,19	147,67	419,94
Peso suelo Seco en el horno	(g)	63,88	62,49	64,89
Volumen Picnómetro	cm ³	500,00	500,00	500,00
Temperatura agua en el ensayo	°C	24,00	24,00	24,00
Factor de corrección de Temperatura		1,00	1,00	1,00
Gravedad específica Ss		2,62	2,64	2,64
Gravedad Específica Promedio Ss prom.		2,63		
Observaciones:		Ensayo realizado por el Método de ebullición		
Recomendaciones:		_____ _____		
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 6: El Hatillo.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
GRAVEDAD ESPECÍFICA FRACCIÓN FINA I.N.V. E - 128-13				
Localización:	El Hatillo			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	11 de Junio del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del Picnómetro	(g)	156,31	151,85	152,66
Peso picnómetro + agua + suelo	(g)	717,36	706,64	696,00
Peso picnómetro + agua	(g)	678,77	665,84	658,51
Peso Tara	(g)	355,20	85,59	105,46
Peso Tara + Muestra seca	(g)	417,34	151,02	165,60
Peso suelo Seco en el horno	(g)	62,14	65,43	60,14
Volumen Picnómetro	cm ³	500,00	500,00	500,00
Temperatura agua en el ensayo	°C	24,00	24,00	24,00
Factor de corrección de Temperatura		1,00	1,00	1,00
Gravedad específica Ss		2,64	2,65	2,65
Gravedad Específica Promedio Ss prom.		2,65		
Observaciones:	Ensayo realizado por el Método de ebullición			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 7: Líbano.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Tecnología y Medio Ambiente</small>		
GRAVEDAD ESPECÍFICA FRACCIÓN FINA I.N.V. E - 128-13				
Localización:	Líbano			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Alterada	
Fecha:	24 de Mayo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del Picnómetro	(g)	152,24	150,28	152,41
Peso picnómetro + agua + suelo	(g)	701,96	704,15	699,79
Peso picnómetro + agua	(g)	661,85	665,99	657,99
Peso Tara	(g)	153,88	190,58	194,22
Peso Tara + Muestra seca	(g)	218,80	252,37	261,74
Peso suelo Seco en el horno	(g)	64,92	61,79	67,52
Volumen Picnómetro	cm ³	500,00	500,00	500,00
Temperatura agua en el ensayo	°C	24,00	24,00	24,00
Factor de corrección de Temperatura		1,00	1,00	1,00
Gravedad específica Ss		2,61	2,61	2,62
Gravedad Específica Promedio Ss prom.		2,62		
Observaciones:				
Ensayo realizado por el Método de ebullición				
Recomendaciones:				
<hr/> <hr/>				
Realizó:		Revisó		
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Apéndice D. Formatos de contenido de humedad.

Sector 1: Los Sauces.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
CONTENIDO DE HUMEDAD - I.N.V. E - 122-13				
Localización:	Los Sauces			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	22 de Marzo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	75,00	74,37	80,19
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	155,18	157,22	174,14
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	137,51	139,07	153,47
Peso del suelo seco	(g)	62,51	64,7	73,28
Peso del agua	(g)	17,67	18,15	20,67
Contenido de humedad	(%)	28,27	28,05	28,21
Humedad del suelo	(%)	28,18		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u> _____ _____			
Recomendaciones:	_____ _____			
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 2: Vía a Buena Vista.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
CONTENIDO DE HUMEDAD - I.N.V. E - 122-13				
Localización:	Buena Vista			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	25 de Marzo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	80,30	75,11	74,44
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	175,20	150,05	162,44
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	166,43	142,63	154,01
Peso del suelo seco	(g)	86,13	67,52	79,57
Peso del agua	(g)	8,77	7,42	8,43
Contenido de humedad	(%)	10,18	10,99	10,59
Humedad del suelo	(%)	10,59		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u>			
Recomendaciones:	_____			
Realizó:	Revisó			
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 3: Travesías.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
CONTENIDO DE HUMEDAD - I.N.V. E - 122-13				
Localización:	Travesías			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	05 de Abril del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	76,81	74,50	80,34
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	156,31	157,27	150,31
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	140,30	140,42	136,17
Peso del suelo seco	(g)	63,49	65,92	55,83
Peso del agua	(g)	16,01	16,85	14,14
Contenido de humedad	(%)	25,22	25,56	25,33
Humedad del suelo	(%)	25,37		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u> <hr/>			
Recomendaciones:	<hr/> <hr/>			
Realizó:	Revisó			
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 4: Filipote.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
CONTENIDO DE HUMEDAD - I.N.V. E - 122-13				
Localización:	Filipote			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	20 de Mayo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	77,76	73,20	75,58
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	179,84	162,89	170,12
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	168,11	152,78	159,28
Peso del suelo seco	(g)	90,35	79,58	83,7
Peso del agua	(g)	11,73	10,11	10,84
Contenido de humedad	(%)	12,98	12,70	12,95
Humedad del suelo	(%)	12,88		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u> _____ _____			
Recomendaciones:	_____ _____			
Realizó:	Revisó			
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 5: El Dorado.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
CONTENIDO DE HUMEDAD - I.N.V. E - 122-13				
Localización:	El Dorado			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	04 de Junio de 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	76,55	86,42	78,89
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	126,49	135,80	131,60
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	116,60	125,86	120,96
Peso del suelo seco	(g)	40,05	39,44	42,07
Peso del agua	(g)	9,89	9,94	10,64
Contenido de humedad	(%)	24,69	25,20	25,29
Humedad del suelo	(%)	25,06		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u> _____ _____			
Recomendaciones:	_____ _____			
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 6: El Hatillo.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
CONTENIDO DE HUMEDAD - I.N.V. E - 122-13				
Localización:	El Hatillo			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	04 de Junio del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	75,48	78,77	82,35
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	129,86	132,60	131,83
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	122,19	124,98	124,65
Peso del suelo seco	(g)	46,71	46,21	42,3
Peso del agua	(g)	7,67	7,62	7,18
Contenido de humedad	(%)	16,42	16,49	16,97
Humedad del suelo	(%)	16,63		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u>			
Recomendaciones:	_____			
Realizó:	Revisó			
Luis Miguel Duarte Vergara	MSc. Romel J. Gallardo Amaya			
Hugo Andrés Álvarez Quintero	Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 7: Líbano.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
CONTENIDO DE HUMEDAD - I.N.V. E - 122-13				
Localización:	Líbano			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	24 de Mayo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	73,90	70,24	78,91
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	175,55	183,37	173,94
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	160,97	167,70	160,85
Peso del suelo seco	(g)	87,07	97,46	81,94
Peso del agua	(g)	14,58	15,67	13,09
Contenido de humedad	(%)	16,75	16,08	15,98
Humedad del suelo	(%)	16,27		
Observaciones:		Humedades determinadas en horno _____ _____		
Recomendaciones:		_____ _____		
Realizó:		Revisó		
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Apéndice E. Formatos de peso unitario.

Sector 1: Los Sauces.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
PESO UNITARIO				
Localización:	Los Sauces			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	22 de Marzo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso muestra	(g)	60,68	58,93	96,12
Peso muestra + parafina	(g)	64,93	64,74	103,94
Peso muestra + parafina en el agua	(g)	20,50	19,50	31,70
Peso parafina	(g)	4,25	5,81	7,82
Volumen parafina	cm ³	4,77	6,52	8,77
Volumen muestra + parafina	cm ³	44,43	45,24	72,24
Volumen muestra	cm ³	39,66	38,72	63,47
Contenido de Humedad	(%)	27,59	27,40	27,64
Peso Unitario Humedo	g/cm ³	1,53	1,52	1,51
Peso Unitario Humedo Promedio		1,52		
Peso Unitario Seco	g/cm ³	1,20	1,19	1,19
Peso Unitario Seco Promedio	g/cm ³	1,19		
Densidad Parafina (gr/cm3) <u>0,8915</u>				

Continuación:

Contenido de humedad	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	32,48	40,52	32,89
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	85,24	80,27	97,13
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	73,83	71,72	83,22
Peso del suelo seco	(g)	41,35	31,2	50,33
Peso del agua	(g)	11,41	8,55	13,91
Contenido de humedad	(%)	27,59	27,40	27,64
Humedad del suelo	(%)	27,55		
Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u> _____				
Recomendaciones: _____ _____				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 2: Vía a Buena Vista.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
PESO UNITARIO				
Localización:	Buena Vista			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	03 de Abril del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso muestra	(g)	93,03	42,02	44,95
Peso muestra + parafina	(g)	101,72	51,00	51,94
Peso muestra + parafina en el agua	(g)	29,50	13,15	13,95
Peso parafina	(g)	8,69	8,98	6,99
Volumen parafina	cm ³	9,75	10,07	7,84
Volumen muestra + parafina	cm ³	72,22	37,85	37,99
Volumen muestra	cm ³	62,47	27,78	30,15
Contenido de Humedad	(%)	10,43	10,13	9,95
Peso Unitario Humedo	g/cm ³	1,49	1,51	1,49
Peso Unitario Humedo Promedio		1,50		
Peso Unitario Seco	g/cm ³	1,35	1,37	1,36
Peso Unitario Seco Promedio	g/cm ³	1,36		
Densidad Parafina (gr/cm3) <u>0,8915</u>				

Continuación:

Contenido de humedad	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	41,37	40,29	40,94
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	94,18	59,32	70,88
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	89,19	57,57	68,17
Peso del suelo seco	(g)	47,82	17,28	27,23
Peso del agua	(g)	4,99	1,75	2,71
Contenido de humedad	(%)	10,43	10,13	9,95
Humedad del suelo	(%)	10,17		
Observaciones:		<u>Humedades determinadas en horno</u>		

Recomendaciones:		_____		

Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 3: Travesías.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>		
PESO UNITARIO				
Localización:	Travesías			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	04 de Abril del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso muestra	(g)	113,55	102,82	88,40
Peso muestra + parafina	(g)	127,39	116,65	103,12
Peso muestra + parafina en el agua	(g)	40,50	36,40	29,40
Peso parafina	(g)	13,84	13,83	14,72
Volumen parafina	cm ³	15,52	15,51	16,51
Volumen muestra + parafina	cm ³	86,89	80,25	73,72
Volumen muestra	cm ³	71,37	64,74	57,21
Contenido de Humedad	(%)	26,47	25,71	25,49
Peso Unitario Humedo	g/cm ³	1,59	1,59	1,55
Peso Unitario Humedo Promedio		1,57		
Peso Unitario Seco	g/cm ³	1,26	1,26	1,23
Peso Unitario Seco Promedio	g/cm ³	1,25		
Densidad Parafina (gr/cm3) <u>0,8915</u>				

Continuación:

Contenido de humedad	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	30,86	40,39	32,45
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	135,16	135,43	105,85
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	113,33	115,99	90,94
Peso del suelo seco	(g)	82,47	75,6	58,49
Peso del agua	(g)	21,83	19,44	14,91
Contenido de humedad	(%)	26,47	25,71	25,49
Humedad del suelo	(%)	25,89		
<p>Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 4: Filipote.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
PESO UNITARIO				
Localización:	Filipote			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	23 de Mayo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso muestra	(g)	257,21	334,59	182,03
Peso muestra + parafina	(g)	275,12	353,11	193,53
Peso muestra + parafina en el agua	(g)	71,90	95,40	49,70
Peso parafina	(g)	17,91	18,52	11,50
Volumen parafina	cm ³	20,09	20,77	12,90
Volumen muestra + parafina	cm ³	203,22	257,71	143,83
Volumen muestra	cm ³	183,13	236,94	130,93
Contenido de Humedad	(%)	12,98	12,57	12,75
Peso Unitario Humedo	g/cm ³	1,40	1,41	1,39
Peso Unitario Humedo Promedio		1,40		
Peso Unitario Seco	g/cm ³	1,24	1,25	1,23
Peso Unitario Seco Promedio	g/cm ³	1,24		
Densidad Parafina (gr/cm3) <u>0,8915</u>				

Continuación:

Contenido de humedad	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	80,19	73,70	73,17
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	169,95	154,74	140,36
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	159,64	145,69	132,76
Peso del suelo seco	(g)	79,45	71,99	59,59
Peso del agua	(g)	10,31	9,05	7,60
Contenido de humedad	(%)	12,98	12,57	12,75
Humedad del suelo	(%)	12,77		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u> _____			
Recomendaciones:	_____ _____			
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 5: El Dorado.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
PESO UNITARIO				
Localización:	El Dorado			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	14 de Junio de 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso muestra	(g)	188,09	124,95	195,11
Peso muestra + parafina	(g)	206,01	138,79	215,93
Peso muestra + parafina en el agua	(g)	60,80	39,50	62,60
Peso parafina	(g)	17,92	13,84	20,82
Volumen parafina	cm ³	20,10	15,52	23,35
Volumen muestra + parafina	cm ³	145,21	99,29	153,33
Volumen muestra	cm ³	125,11	83,77	129,98
Contenido de Humedad	(%)	26,22	25,14	24,87
Peso Unitario Humedo	g/cm ³	1,50	1,49	1,50
Peso Unitario Humedo Promedio		1,50		
Peso Unitario Seco	g/cm ³	1,19	1,19	1,20
Peso Unitario Seco Promedio	g/cm ³	1,20		
Densidad Parafina (gr/cm ³) <u>0,8915</u>				

Continuación:

Contenido de humedad	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	85,81	70,91	82,74
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	139,3	130,64	154,23
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	128,19	118,64	139,99
Peso del suelo seco	(g)	42,38	47,73	57,25
Peso del agua	(g)	11,11	12	14,24
Contenido de humedad	(%)	26,22	25,14	24,87
Humedad del suelo	(%)	25,41		
Observaciones: <u>Humedades determinadas en horno</u> _____				
Recomendaciones: _____ _____				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 6: El Hatillo.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
PESO UNITARIO				
Localización:	El Hatillo			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	14 de Junio del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso muestra	(g)	158,09	264,28	346,32
Peso muestra + parafina	(g)	179,42	288,18	373,60
Peso muestra + parafina en el agua	(g)	51,20	85,10	112,80
Peso parafina	(g)	21,33	23,90	27,28
Volumen parafina	cm ³	23,93	26,81	30,60
Volumen muestra + parafina	cm ³	128,22	203,08	260,80
Volumen muestra	cm ³	104,29	176,27	230,20
Contenido de Humedad	(%)	16,59	16,29	16,36
Peso Unitario Humedo	g/cm ³	1,52	1,50	1,50
Peso Unitario Humedo Promedio		1,51		
Peso Unitario Seco	g/cm ³	1,30	1,29	1,29
Peso Unitario Seco Promedio	g/cm ³	1,29		
Densidad Parafina (gr/cm3) <u>0,8915</u>				

Continuación:

Contenido de humedad	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	78,04	76,29	77,89
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	150,00	133,40	163,83
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	139,76	125,40	151,75
Peso del suelo seco	(g)	61,72	49,11	73,86
Peso del agua	(g)	10,24	8,00	12,08
Contenido de humedad	(%)	16,59	16,29	16,36
Humedad del suelo	(%)	16,41		
Observaciones:		<u>Humedades determinadas en horno</u> _____		
Recomendaciones:		_____ _____		
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 7: Líbano.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
PESO UNITARIO				
Localización:	Líbano			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	24 de Mayo del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Peso muestra	(g)	275,03	232,89	248,70
Peso muestra + parafina	(g)	294,69	253,97	265,99
Peso muestra + parafina en el agua	(g)	109,59	92,50	100,61
Peso parafina	(g)	19,66	21,08	17,29
Volumen parafina	cm ³	22,05	23,65	19,39
Volumen muestra + parafina	cm ³	185,10	161,47	165,38
Volumen muestra	cm ³	163,05	137,82	145,99
Contenido de Humedad	(%)	15,75	14,88	15,15
Peso Unitario Humedo	g/cm ³	1,69	1,69	1,70
Peso Unitario Humedo Promedio		1,69		
Peso Unitario Seco	g/cm ³	1,46	1,47	1,48
Peso Unitario Seco Promedio	g/cm ³	1,47		
Densidad Parafina (gr/cm3) <u>0,8915</u>				

Continuación:

Contenido de humedad	N°	1	2	3
Peso del recipiente	(g)	79,74	74,83	75,14
Peso del recipiente + suelo húmedo	(g)	178,31	159,28	165,8
Peso del recipiente + suelo seco	(g)	164,9	148,34	153,87
Peso del suelo seco	(g)	85,16	73,51	78,73
Peso del agua	(g)	13,41	10,94	11,93
Contenido de humedad	(%)	15,75	14,88	15,15
Humedad del suelo	(%)	15,26		
Observaciones:	<u>Humedades determinadas en horno</u> _____			
Recomendaciones:	_____ _____			
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Apéndice F. Formatos de tiempo de saturación.

Sector 1: Los Sauces.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
TIEMPO DE SATURACIÓN				
Localización:	Los Sauces			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	22 de Marzo del 2019			
Prueba	N°	1	2	
Tiempo sumergido	(min)	30	60	
Peso Tara	(g)	34,28	36,56	
Peso Tara + Muestra Saturada	(g)	81,26	92,41	
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	69,29	75,11	
Peso Muestra Seca	(g)	35,01	38,55	
Contenido de Humedad	(%)	34,19	44,88	
Observaciones:	Humedades determinadas en horno			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 2: Vía a Buena Vista.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
TIEMPO DE SATURACIÓN				
Localización:	Buena Vista			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	03 de Abril del 2019			
Prueba	N°	1	2	
Tiempo sumergido	(min)	30	60	
Peso Tara	(g)	32,58	76,47	
Peso Tara + Muestra Saturada	(g)	82,84	128,26	
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	70,23	114,71	
Peso Muestra Seca	(g)	37,65	38,24	
Contenido de Humedad	(%)	33,49	35,43	
Observaciones:	Humedades determinadas en horno			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019

Sector 3: Travesías.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
TIEMPO DE SATURACIÓN				
Localización:	Travesías			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	03 de Abril del 2019			
Prueba	N°	1	2	
Tiempo sumergido	(min)	60	120	
Peso Tara	(g)	37,94	37,64	
Peso Tara + Muestra Saturada	(g)	99,31	95,66	
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	81,95	78,42	
Peso Muestra Seca	(g)	44,01	40,78	
Contenido de Humedad	(%)	39,45	42,28	
Observaciones:	Humedades determinadas en horno			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó Msc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 4: Filipote.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
TIEMPO DE SATURACIÓN				
Localización:	Filipote			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	24 de Mayo del 2019			
Prueba	N°	1	2	
Tiempo sumergido	(min)	60	120	
Peso Tara	(g)	32,43	31,61	
Peso Tara + Muestra Saturada	(g)	78,55	72,7	
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	68,76	62,85	
Peso Muestra Seca	(g)	36,33	31,24	
Contenido de Humedad	(%)	26,95	31,53	
Observaciones:	Humedades determinadas en horno			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 5: El Dorado.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
TIEMPO DE SATURACIÓN				
Localización:	El Dorado			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	31 de Mayo de 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Tiempo sumergido	(min)	30	60	120
Peso Tara	(g)	32,67	36,42	39,94
Peso Tara + Muestra Saturada	(g)	87,75	92,64	83,87
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	72,37	76,59	70,26
Peso Muestra Seca	(g)	39,7	40,17	30,32
Contenido de Humedad	(%)	38,74	39,96	44,89
Observaciones:	Humedades determinadas en horno			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 6: El Hatillo.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotécnica y Medio Ambiente</small>		
TIEMPO DE SATURACIÓN				
Localización:	El Hatillo			
Descripción:	Formación Ígnea			
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:	07 de Junio del 2019			
Prueba	N°	1	2	3
Tiempo sumergido	(min)	30	60	120
Peso Tara	(g)	32,3	32,51	35,04
Peso Tara + Muestra Saturada	(g)	77,7	74,88	74,53
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	66,39	63,45	63,4
Peso Muestra Seca	(g)	34,09	30,94	28,36
Contenido de Humedad	(%)	33,18	36,94	39,25
Observaciones:	Humedades determinadas en horno			
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero	Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil			
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Sector 7: Líbano.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				
TIEMPO DE SATURACIÓN				
Localización:		Líbano		
Descripción:		Formación Ígnea		
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada	
Fecha:		17 de Mayo del 2019		
Prueba	N°	1	2	3
Tiempo sumergido	(min)	30	60	120
Peso Tara	(g)	38,65	38,12	32,74
Peso Tara + Muestra Saturada	(g)	105,05	108,58	101,39
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	90,73	92,96	85,83
Peso Muestra Seca	(g)	52,08	54,84	53,09
Contenido de Humedad	(%)	27,50	28,48	29,31
Observaciones:		Humedades determinadas en horno		
Recomendaciones:				
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia				

Fuente: Autores, 2019.

Apéndice G. Formatos de ensayos de consolidación unidimensional.

Sector 1: Los Sauces.

Lectura 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:	Los Sauces																												
Descripción:	Formación Ígnea																												
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:	25 de Abril del 2019																												
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>11</td> <td>46</td> <td>205</td> <td>555</td> <td>1032</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>12</td> <td>62</td> <td>245</td> <td>605</td> <td>1078</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	11	46	205	555	1032	86400	12	62	245	605	1078			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	11	46	205	555	1032																								
86400	12	62	245	605	1078																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,52</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,64</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>28,18</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>47,42</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>37,55</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>9,87</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,52	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,19	Gravedad específica	2,64	Humedad Natural (%)	28,18	Límite líquido (%)	47,42	Límite plástico (%)	37,55	Índice de plasticidad (%)	9,87
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,52																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,19																												
Gravedad específica	2,64																												
Humedad Natural (%)	28,18																												
Límite líquido (%)	47,42																												
Límite plástico (%)	37,55																												
Índice de plasticidad (%)	9,87																												
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>31,33</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>94,40</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>74,32</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	31,33	Peso Tara + Muestra	94,40	Peso Tara + Muestra Seca	74,32																				
Humedad Final																													
Peso Tara	31,33																												
Peso Tara + Muestra	94,40																												
Peso Tara + Muestra Seca	74,32																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
<p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
<p>Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>		<p>Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																											

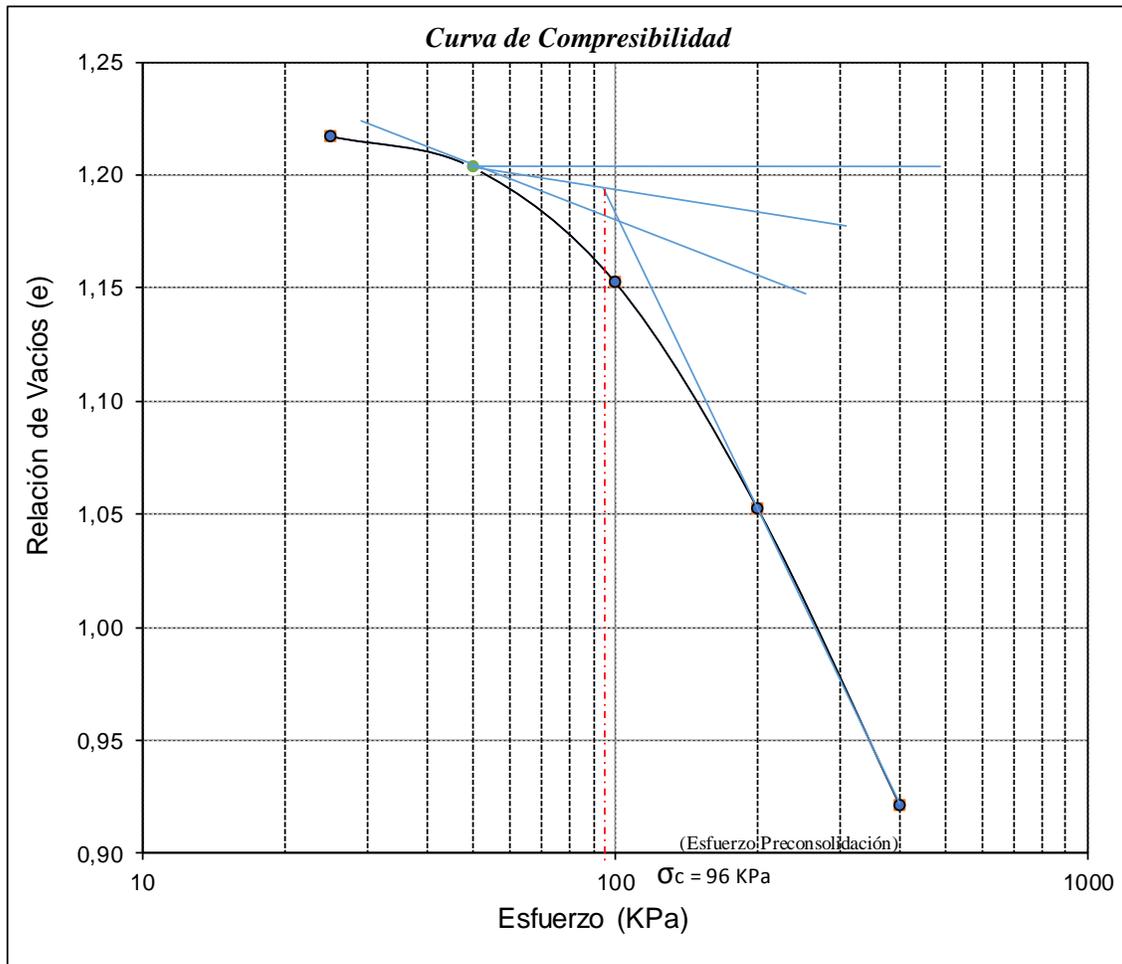
Fuente: Autores, 2019

Resultado 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>															
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																			
Localización:		Los Sauces																	
Descripción:		Formación Ígnea																	
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	25 de Abril del 2019														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td style="text-align: center;">59,80%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td style="text-align: center;">100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	59,80%	Final	100,00%	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td style="text-align: center;">0,047</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td style="text-align: center;">47%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,047	Humedad Final (%)	47%		
Grado de saturación																			
Inicial	59,80%																		
Final	100,00%																		
Área muestra (cm ²)	19,63																		
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																		
Peso Suelo Seco (Kg)	0,047																		
Humedad Final (%)	47%																		
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																
	Kg	KN																	
0,5	5	0,04905			25														
1	10	0,0981			50														
2	20	0,1962			100														
4	40	0,3924			200														
8	80	0,7848			400														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td style="text-align: center;">17,685</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td style="text-align: center;">0,901</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,685	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,901														
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,685																		
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,901																		
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)															
0	0	20,000	10,993	1,220															
25	0,030	19,970	10,963	1,217															
50	0,155	19,845	10,838	1,203															
100	0,613	19,388	10,380	1,152															
200	1,513	18,488	9,480	1,053															
400	2,695	17,305	8,298	0,921															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td style="text-align: center;">1,220</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td style="text-align: center;">0,921</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td style="text-align: center;">0,513</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,220	Relación de vacíos final (e _f)	0,921	0,42e ₀	0,513	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td style="text-align: center;">96</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td style="text-align: center;">0,440</td> </tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	96	Índice Compresión Cc	0,440						
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,220																		
Relación de vacíos final (e _f)	0,921																		
0,42e ₀	0,513																		
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	96																		
Índice Compresión Cc	0,440																		
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																
Ocaña - Colombia																			

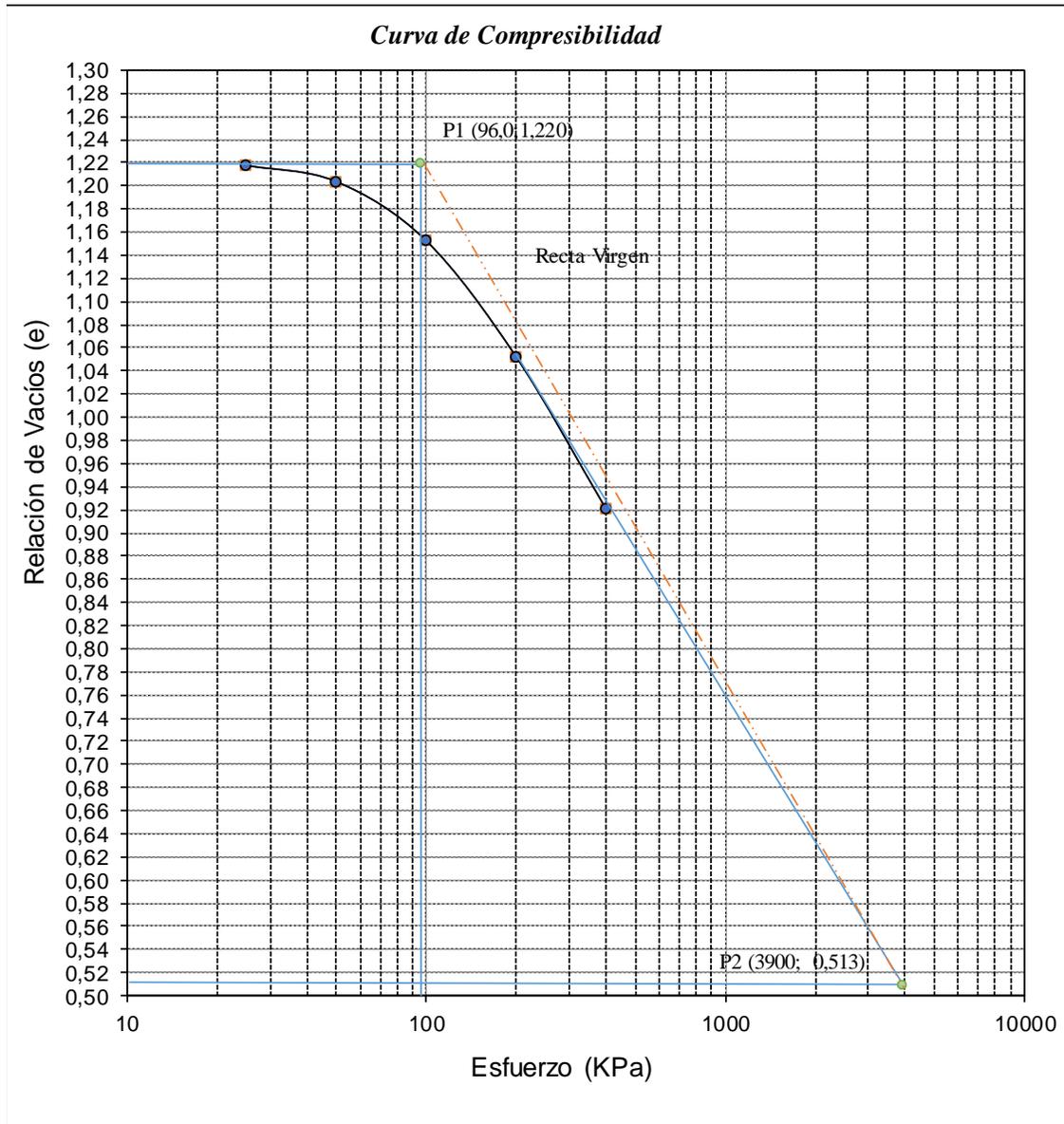
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 1.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 1.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS																															
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:		Los Sauces																													
Descripción:		Formación Ígnea																													
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																												
Fecha:		25 de Abril del 2019																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>5</td> <td>59</td> <td>206</td> <td>566</td> <td>1028</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>15</td> <td>87</td> <td>238</td> <td>602</td> <td>1078</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	5	59	206	566	1028	86400	15	87	238	602	1078			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	5	59	206	566	1028																										
86400	15	87	238	602	1078																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,52</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,64</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>28,18</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>47,42</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>37,55</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>9,87</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,52	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,19	Gravedad específica	2,64	Humedad Natural (%)	28,18	Límite líquido (%)	47,42	Límite plástico (%)	37,55	Índice de plasticidad (%)	9,87
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,52																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,19																														
Gravedad específica	2,64																														
Humedad Natural (%)	28,18																														
Límite líquido (%)	47,42																														
Límite plástico (%)	37,55																														
Índice de plasticidad (%)	9,87																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>41,84</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>100,57</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>81,91</td> </tr> </tbody> </table>			Humedad Final		Peso Tara	41,84	Peso Tara + Muestra	100,57	Peso Tara + Muestra Seca	81,91																					
Humedad Final																															
Peso Tara	41,84																														
Peso Tara + Muestra	100,57																														
Peso Tara + Muestra Seca	81,91																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																															
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																												
Ocaña - Colombia																															

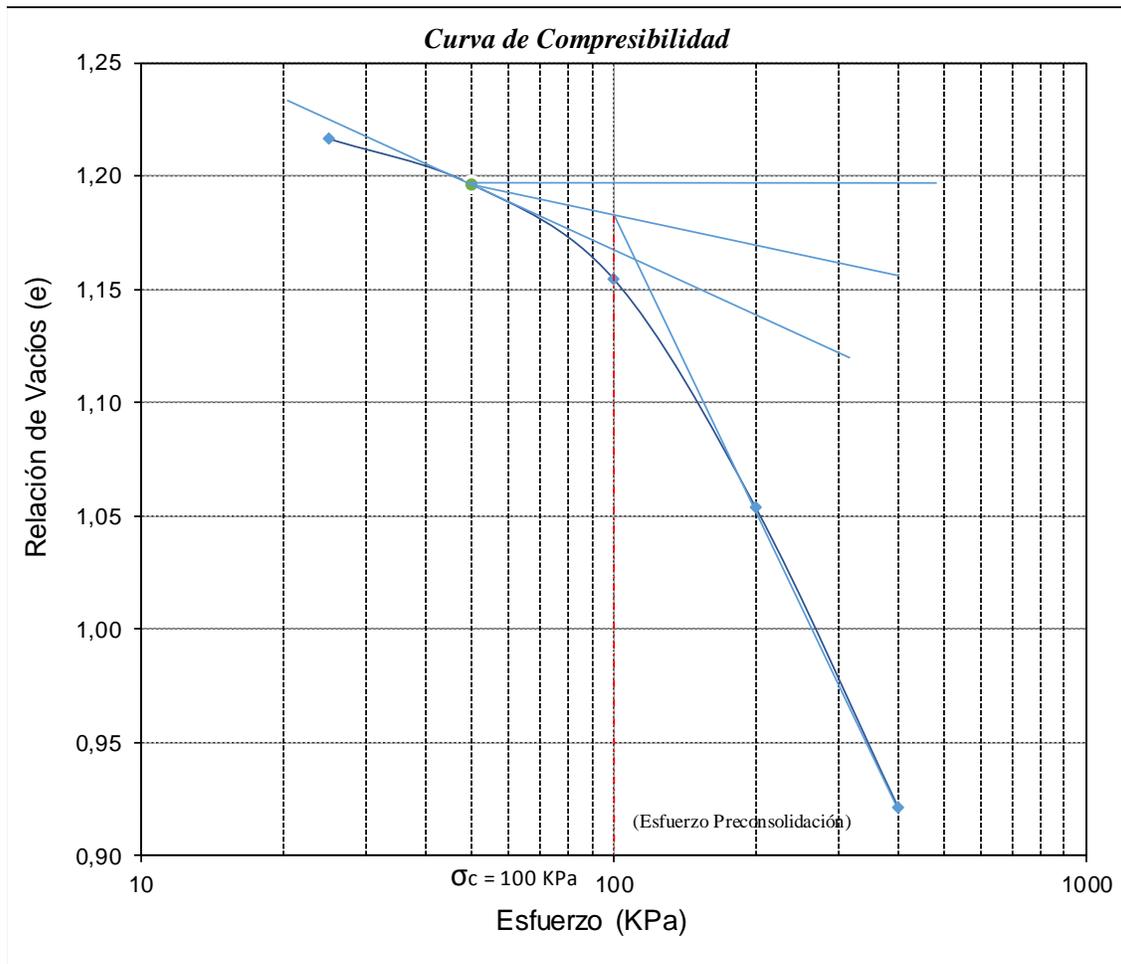
Fuente: Autores, 2019

Resultado 2.

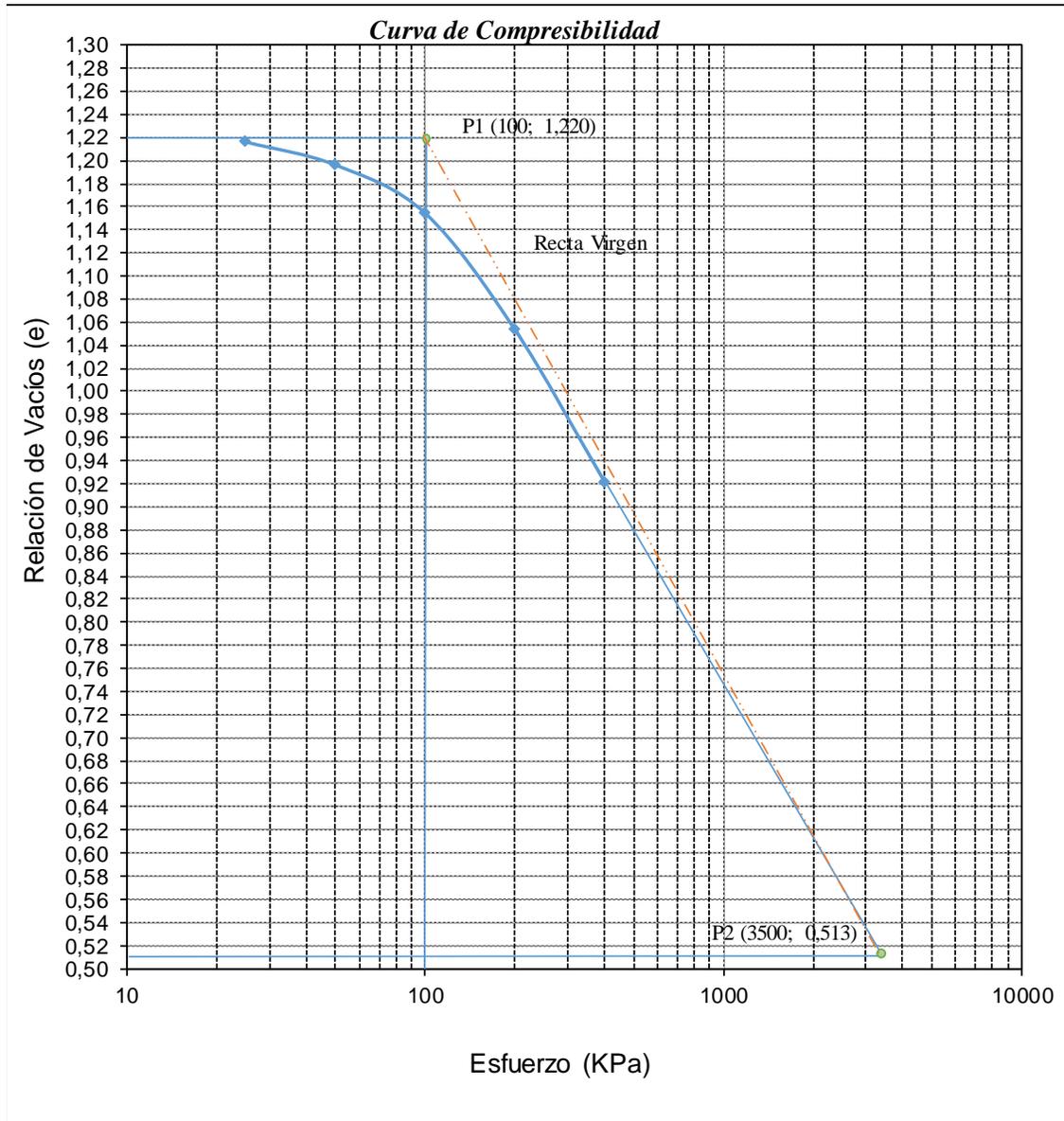
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																							
Localización:		Los Sauces																																					
Descripción:		Formación Ígnea																																					
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha: 25 de Abril del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>59,80%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	59,80%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>47%</td> </tr> </table>			Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,047	Humedad Final (%)	47%																					
Grado de saturación																																							
Inicial	59,80%																																						
Final	100,00%																																						
Área muestra (cm ²)	19,63																																						
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																						
Peso Suelo Seco (Kg)	0,047																																						
Humedad Final (%)	47%																																						
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400												
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																				
	Kg	KN																																					
0,5	5	0,04905	25																																				
1	10	0,0981	50																																				
2	20	0,1962	100																																				
4	40	0,3924	200																																				
8	80	0,7848	400																																				
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>17,685</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,901</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,685	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,901																																		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,685																																						
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,901																																						
<table border="1"> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,993</td> <td>1,220</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,038</td> <td>19,963</td> <td>10,955</td> <td>1,216</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,218</td> <td>19,783</td> <td>10,775</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,595</td> <td>19,405</td> <td>10,398</td> <td>1,154</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,505</td> <td>18,495</td> <td>9,488</td> <td>1,053</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,695</td> <td>17,305</td> <td>8,298</td> <td>0,921</td> </tr> </table>					Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,993	1,220	25	0,038	19,963	10,955	1,216	50	0,218	19,783	10,775	1,196	100	0,595	19,405	10,398	1,154	200	1,505	18,495	9,488	1,053	400	2,695	17,305	8,298	0,921
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																			
0	0	20,000	10,993	1,220																																			
25	0,038	19,963	10,955	1,216																																			
50	0,218	19,783	10,775	1,196																																			
100	0,595	19,405	10,398	1,154																																			
200	1,505	18,495	9,488	1,053																																			
400	2,695	17,305	8,298	0,921																																			
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,220</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,921</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,513</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,220	Relación de vacíos final (e _f)	0,921	0,42e ₀	0,513	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,458</td> </tr> </table>			Esfuerzo preconsolidación (KPa)	100	Índice Compresión Cc	0,458																									
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,220																																						
Relación de vacíos final (e _f)	0,921																																						
0,42e ₀	0,513																																						
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	100																																						
Índice Compresión Cc	0,458																																						
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																							

Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 2.



Índice de compresión 2.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS																															
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:		Los Sauces																													
Descripción:		Formación Ígnea																													
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																												
Fecha:		25 de Abril del 2019																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>4</td> <td>38</td> <td>218</td> <td>545</td> <td>1018</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>14</td> <td>88</td> <td>248</td> <td>609</td> <td>1088</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	4	38	218	545	1018	86400	14	88	248	609	1088			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	4	38	218	545	1018																										
86400	14	88	248	609	1088																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,52</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,64</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>28,18</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>47,42</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>37,55</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>9,87</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,52	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,19	Gravedad específica	2,64	Humedad Natural (%)	28,18	Límite líquido (%)	47,42	Límite plástico (%)	37,55	Índice de plasticidad (%)	9,87
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,52																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,19																														
Gravedad específica	2,64																														
Humedad Natural (%)	28,18																														
Límite líquido (%)	47,42																														
Límite plástico (%)	37,55																														
Índice de plasticidad (%)	9,87																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>40,91</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>98,57</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>81,06</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	40,91	Peso Tara + Muestra	98,57	Peso Tara + Muestra Seca	81,06																						
Humedad Final																															
Peso Tara	40,91																														
Peso Tara + Muestra	98,57																														
Peso Tara + Muestra Seca	81,06																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																															
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																												
Ocaña - Colombia																															

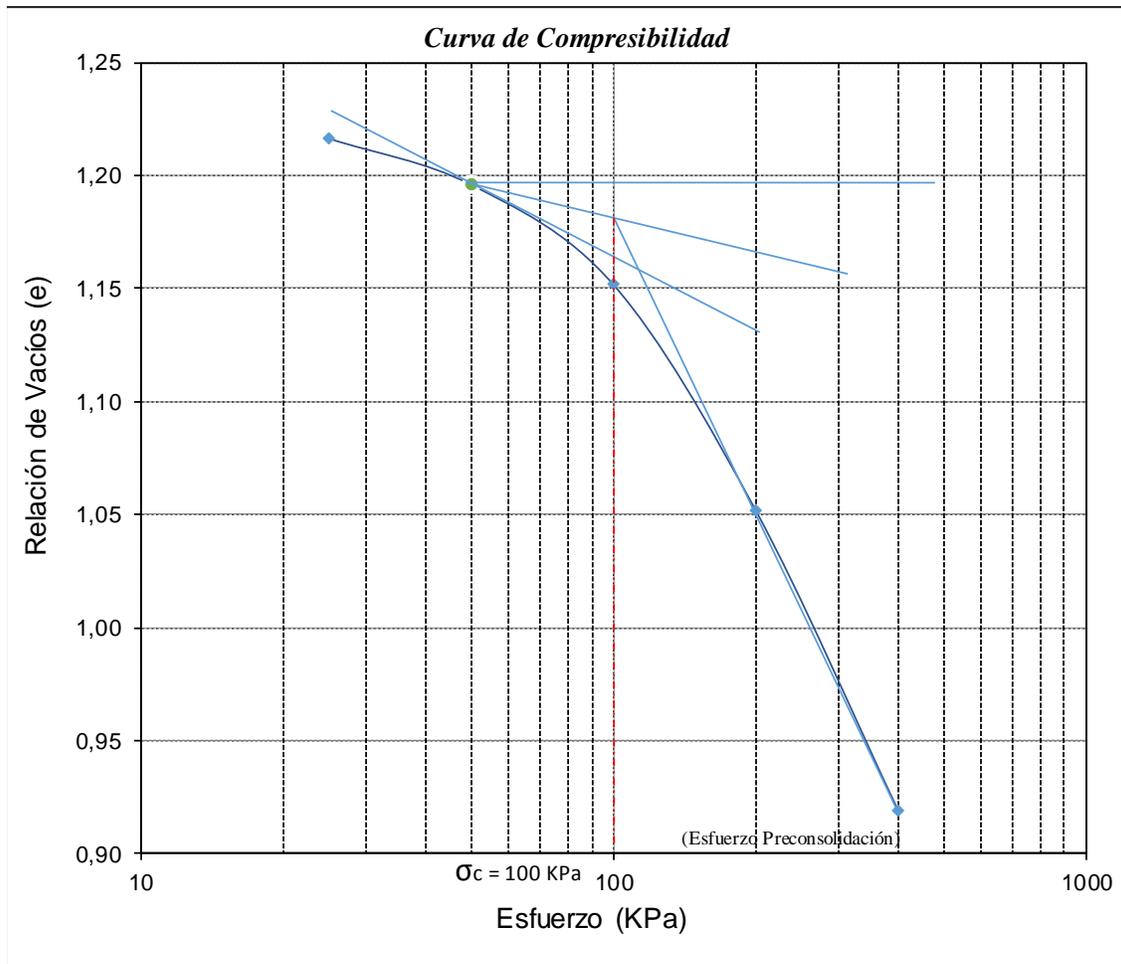
Fuente: Autores, 2019

Resultado 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>	
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13					
Localización:			Los Sauces		
Descripción:			Formación Ígnea		
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	25 de Abril del 2019
Grado de saturación		Área muestra (cm ²)		19,63	
Inicial	59,80%	Volumen Muestra (cm ³)		39,27	
Final	100,00%	Peso Suelo Seco (Kg)		0,047	
		Humedad Final (%)		44%	
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra			Esfuerzo (KPa)	
	Kg	KN			
0,5	5	0,04905	25		
1	10	0,0981	50		
2	20	0,1962	100		
4	40	0,3924	200		
8	80	0,7848	400		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)		17,685			
Altura de Sólidos Hs (cm)		0,901			
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	
0	0	20,000	10,993	1,220	
25	0,035	19,965	10,958	1,217	
50	0,220	19,780	10,773	1,196	
100	0,620	19,380	10,373	1,152	
200	1,523	18,478	9,470	1,051	
400	2,720	17,280	8,273	0,919	
Relación de vacíos inicial (e ₀)		1,220		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	
Relación de vacíos final (e _f)		0,919		100	
0,42e ₀		0,513		Índice Compresión Cc	
				0,448	
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

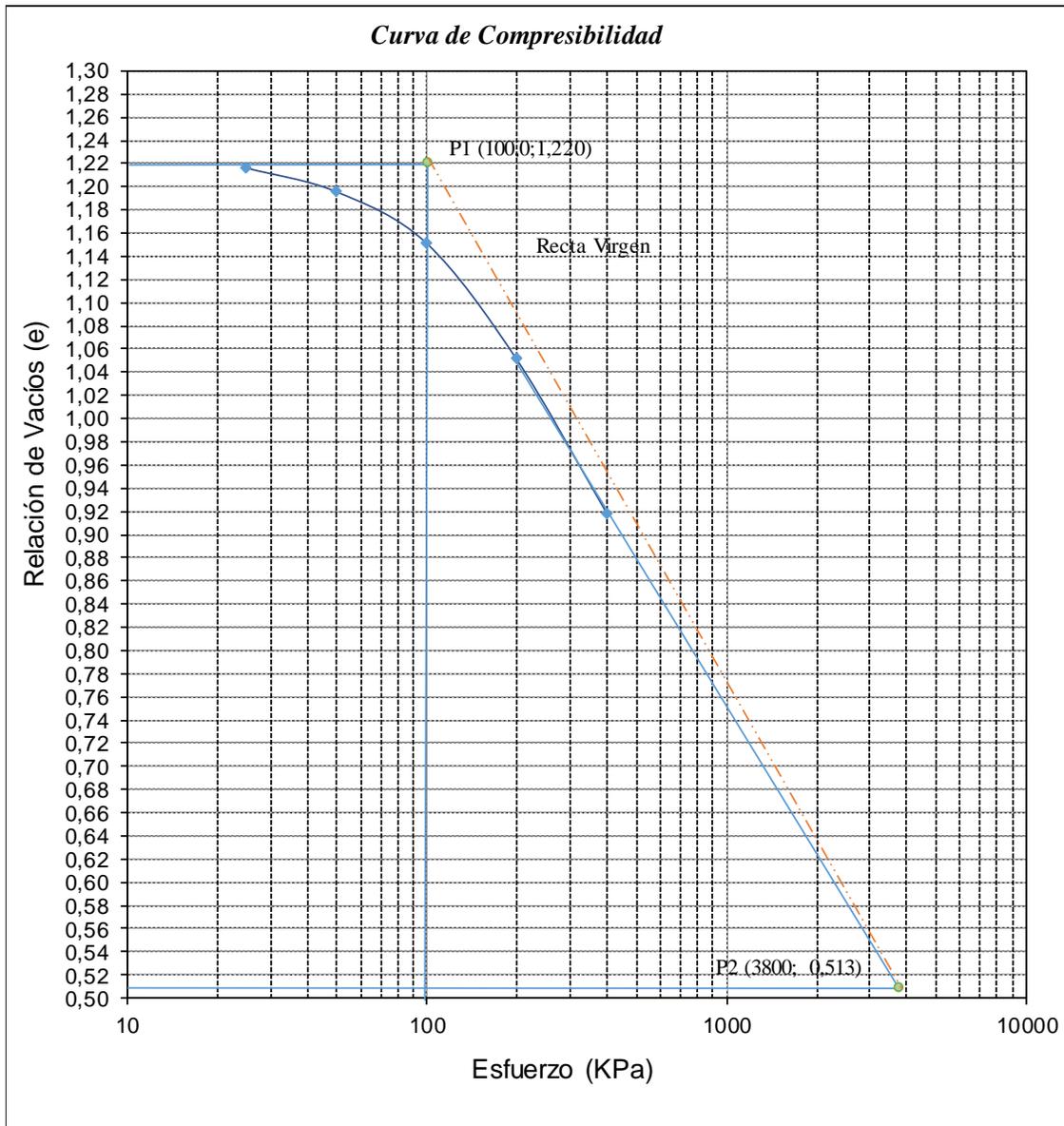
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 3.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 3.



Fuente: Autores, 2019

Sector 2: Vía a Buena Vista.

Lectura 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS																															
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:	Buena Vista																														
Descripción:	Formación Ígnea																														
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																												
Fecha:	08-12 de Abril del 2019																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>39</td> <td>80</td> <td>181</td> <td>496</td> <td>990</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>44</td> <td>87</td> <td>267</td> <td>558</td> <td>1052</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	39	80	181	496	990	86400	44	87	267	558	1052			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	39	80	181	496	990																										
86400	44	87	267	558	1052																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,36</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,63</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>10,59</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>52,47</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>32,87</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>19,60</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,36	Gravedad específica	2,63	Humedad Natural (%)	10,59	Límite líquido (%)	52,47	Límite plástico (%)	32,87	Índice de plasticidad (%)	19,60
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,36																														
Gravedad específica	2,63																														
Humedad Natural (%)	10,59																														
Límite líquido (%)	52,47																														
Límite plástico (%)	32,87																														
Índice de plasticidad (%)	19,60																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>30,66</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>91,46</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>75,19</td> </tr> </tbody> </table>			Humedad Final		Peso Tara	30,66	Peso Tara + Muestra	91,46	Peso Tara + Muestra Seca	75,19																					
Humedad Final																															
Peso Tara	30,66																														
Peso Tara + Muestra	91,46																														
Peso Tara + Muestra Seca	75,19																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																															
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																												
Ocaña - Colombia																															

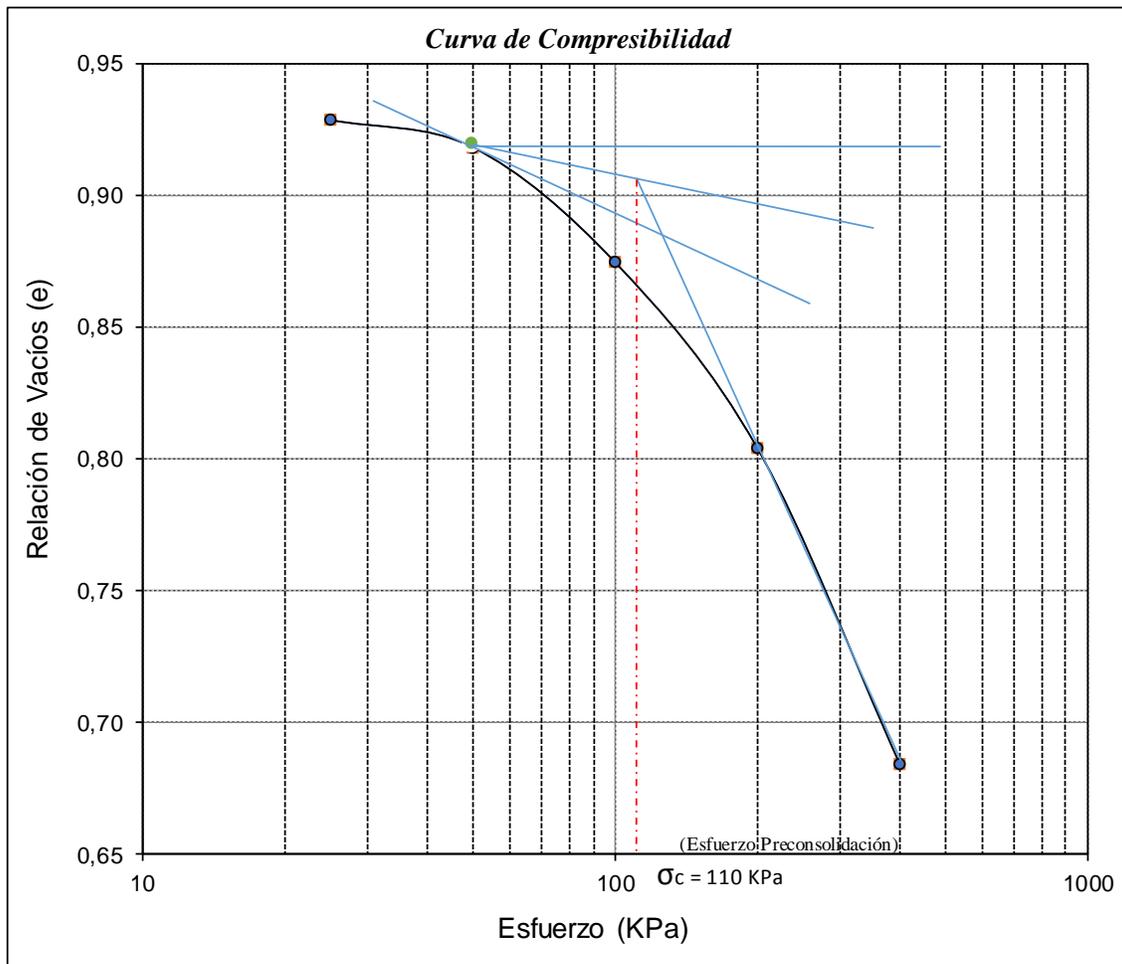
Fuente: Autores, 2019

Resultado 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:		Buena Vista																																						
Descripción:		Formación Ígnea																																						
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	08-12 de Abril del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>28,91%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	28,91%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,053</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>37%</td> </tr> </table>				Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,053	Humedad Final (%)	37%																					
Grado de saturación																																								
Inicial	28,91%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,053																																							
Humedad Final (%)	37%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>20,252</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>1,031</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	20,252	Altura de Sólidos Hs (cm)	1,031																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	20,252																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	1,031																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>9,685</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,110</td> <td>19,890</td> <td>9,575</td> <td>0,928</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,218</td> <td>19,783</td> <td>9,468</td> <td>0,918</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,668</td> <td>19,333</td> <td>9,018</td> <td>0,874</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,395</td> <td>18,605</td> <td>8,290</td> <td>0,804</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,630</td> <td>17,370</td> <td>7,055</td> <td>0,684</td> </tr> </tbody> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	9,685	0,939	25	0,110	19,890	9,575	0,928	50	0,218	19,783	9,468	0,918	100	0,668	19,333	9,018	0,874	200	1,395	18,605	8,290	0,804	400	2,630	17,370	7,055	0,684
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	9,685	0,939																																				
25	0,110	19,890	9,575	0,928																																				
50	0,218	19,783	9,468	0,918																																				
100	0,668	19,333	9,018	0,874																																				
200	1,395	18,605	8,290	0,804																																				
400	2,630	17,370	7,055	0,684																																				
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,684</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,394</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,939	Relación de vacíos final (e _f)	0,684	0,42e ₀	0,394	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,419</td> </tr> </table>				Esfuerzo preconsolidación (KPa)	110	Índice Compresión Cc	0,419																									
Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,939																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,684																																							
0,42e ₀	0,394																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	110																																							
Índice Compresión Cc	0,419																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

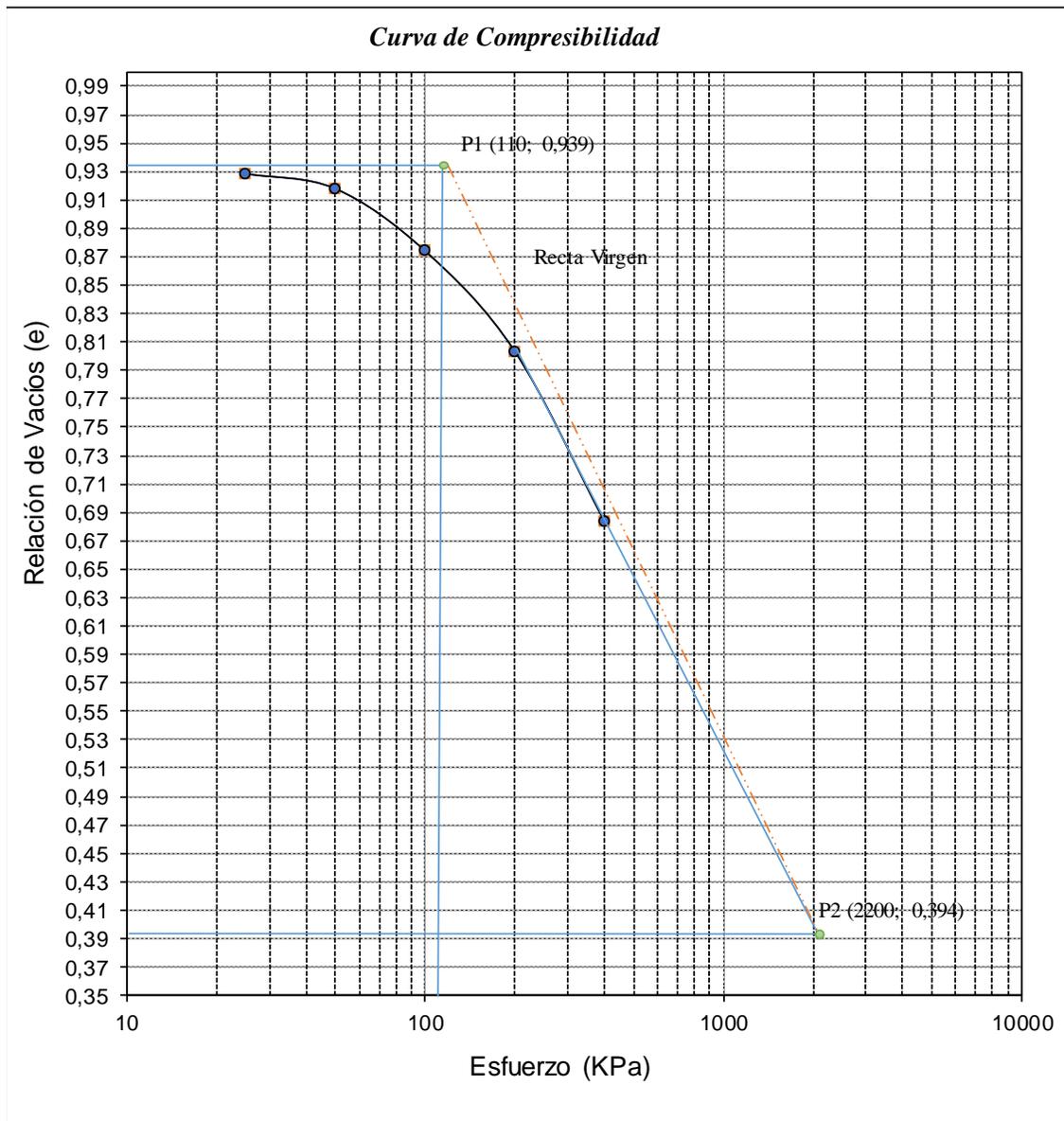
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 1.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 1.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:		Buena Vista																											
Descripción:		Formación Ígnea																											
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:		08-12 de Abril del 2019																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">23</td> <td style="text-align: center;">166</td> <td style="text-align: center;">510</td> <td style="text-align: center;">1005</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">38</td> <td style="text-align: center;">197</td> <td style="text-align: center;">533</td> <td style="text-align: center;">1064</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	23	166	510	1005	86400	1	38	197	533	1064			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	0	23	166	510	1005																								
86400	1	38	197	533	1064																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,36</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td style="text-align: center;">2,63</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td style="text-align: center;">10,59</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: center;">52,47</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: center;">32,87</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td style="text-align: center;">19,60</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,36	Gravedad específica	2,63	Humedad Natural (%)	10,59	Límite líquido (%)	52,47	Límite plástico (%)	32,87	Índice de plasticidad (%)	19,60
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,36																												
Gravedad específica	2,63																												
Humedad Natural (%)	10,59																												
Límite líquido (%)	52,47																												
Límite plástico (%)	32,87																												
Índice de plasticidad (%)	19,60																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td style="text-align: center;">40,34</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td style="text-align: center;">93,70</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td style="text-align: center;">79,50</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	40,34	Peso Tara + Muestra	93,70	Peso Tara + Muestra Seca	79,50																				
Humedad Final																													
Peso Tara	40,34																												
Peso Tara + Muestra	93,70																												
Peso Tara + Muestra Seca	79,50																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																													
<p>Realizó:</p> <p>Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>		<p>Revisó</p> <p>MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																											
Ocaña - Colombia																													

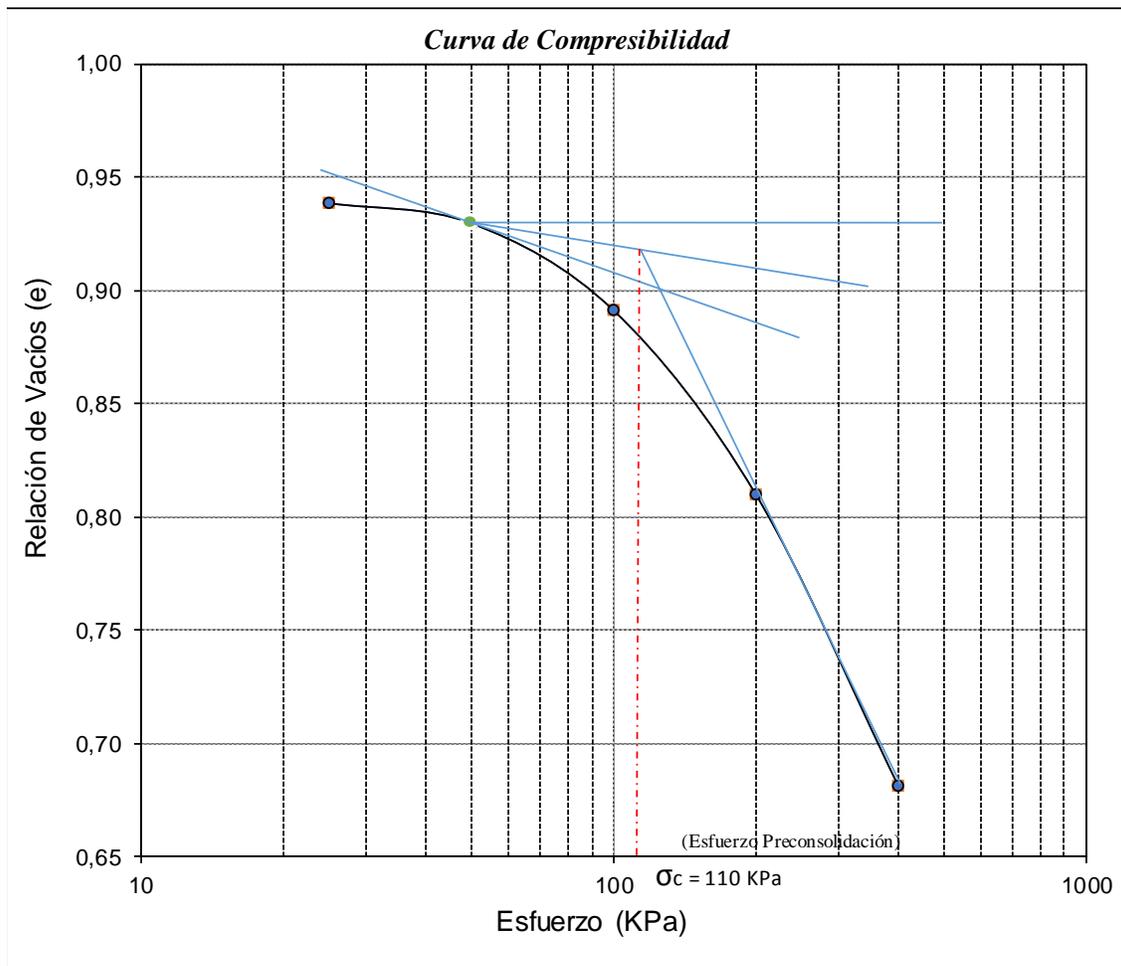
Fuente: Autores, 2019

Resultado 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:		Buena Vista																																						
Descripción:		Formación Ígnea																																						
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	08-12 de Abril del 2019																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicial</td> <td>28,91%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </tbody> </table>		Grado de saturación		Inicial	28,91%	Final	100,00%	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,053</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>36%</td> </tr> </tbody> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,053	Humedad Final (%)	36%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	28,91%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,053																																							
Humedad Final (%)	36%																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>20,252</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>1,031</td> </tr> </tbody> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	20,252	Altura de Sólidos Hs (cm)	1,031																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	20,252																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	1,031																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>9,685</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,003</td> <td>19,998</td> <td>9,683</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,095</td> <td>19,905</td> <td>9,590</td> <td>0,930</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,493</td> <td>19,508</td> <td>9,193</td> <td>0,891</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,333</td> <td>18,668</td> <td>8,353</td> <td>0,810</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,660</td> <td>17,340</td> <td>7,025</td> <td>0,681</td> </tr> </tbody> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	9,685	0,939	25	0,003	19,998	9,683	0,939	50	0,095	19,905	9,590	0,930	100	0,493	19,508	9,193	0,891	200	1,333	18,668	8,353	0,810	400	2,660	17,340	7,025	0,681
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	9,685	0,939																																				
25	0,003	19,998	9,683	0,939																																				
50	0,095	19,905	9,590	0,930																																				
100	0,493	19,508	9,193	0,891																																				
200	1,333	18,668	8,353	0,810																																				
400	2,660	17,340	7,025	0,681																																				
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,681</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,394</td> </tr> </tbody> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,939	Relación de vacíos final (e _f)	0,681	0,42e ₀	0,394	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,429</td> </tr> </tbody> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	110	Índice Compresión Cc	0,429																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,939																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,681																																							
0,42e ₀	0,394																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	110																																							
Índice Compresión Cc	0,429																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

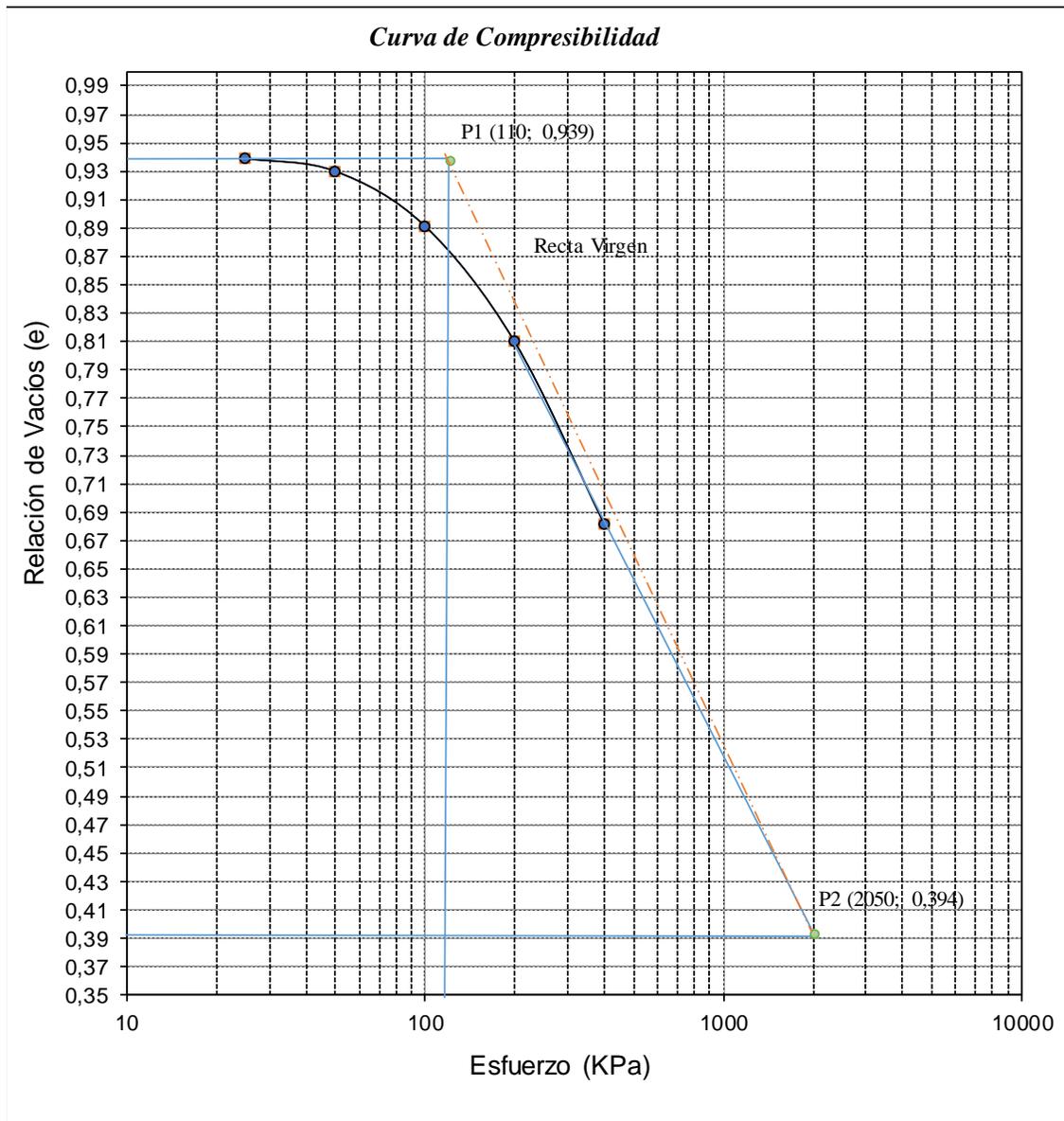
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 2.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 2.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																								
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																										
Localización:		Buena Vista																								
Descripción:		Formación Ígnea																								
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																							
Fecha:		08-12 de Abril del 2019																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">112</td> <td style="text-align: center;">464</td> <td style="text-align: center;">941</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">32</td> <td style="text-align: center;">123</td> <td style="text-align: center;">506</td> <td style="text-align: center;">1027</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	1	25	112	464	941	86400	2	32	123	506	1027
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																									
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																					
6	1	25	112	464	941																					
86400	2	32	123	506	1027																					
Dimensiones de la muestra		Características del suelo																								
Diámetro (cm)	5	Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50																							
Altura Ho (cm)	2	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,36																							
Área (cm ²)	19,63	Gravedad específica	2,63																							
Volumen (cm ³)	39,27	Humedad Natural (%)	10,59																							
Humedad Final		Límite líquido (%)	52,47																							
Peso Tara	32,25	Límite plástico (%)	32,87																							
Peso Tara + Muestra	84,26	Índice de plasticidad (%)	19,60																							
Peso Tara + Muestra Seca	70,73																									
Observaciones: _____ _____ Recomendaciones: _____ _____ _____																										
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																								
Ocaña - Colombia																										

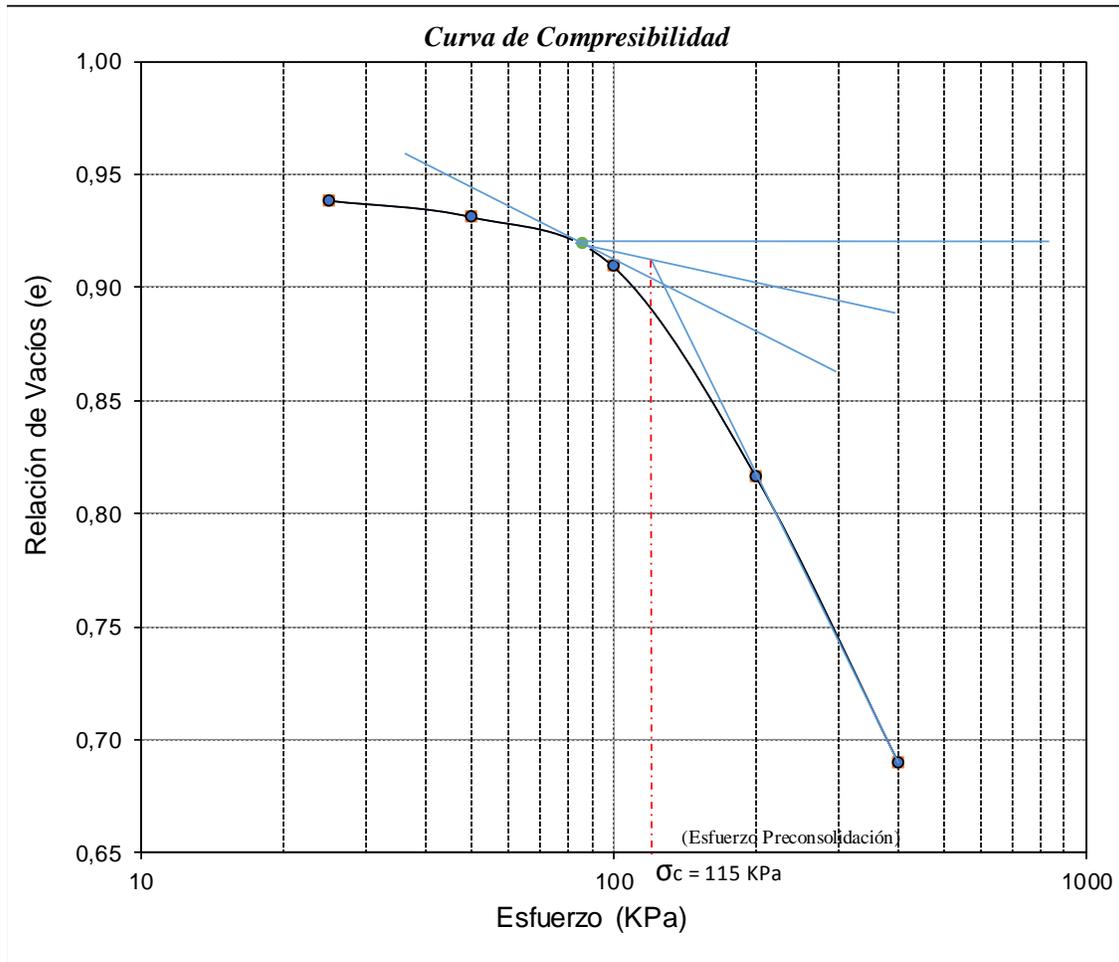
Fuente: Autores, 2019

Resultado 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																							
Localización:		Buena Vista																																					
Descripción:		Formación Ígnea																																					
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha: 08-12 de Abril del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>28,91%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	28,91%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,053</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>35%</td> </tr> </table>			Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,053	Humedad Final (%)	35%																					
Grado de saturación																																							
Inicial	28,91%																																						
Final	100,00%																																						
Área muestra (cm ²)	19,63																																						
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																						
Peso Suelo Seco (Kg)	0,053																																						
Humedad Final (%)	35%																																						
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400												
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																				
	Kg	KN																																					
0,5	5	0,04905	25																																				
1	10	0,0981	50																																				
2	20	0,1962	100																																				
4	40	0,3924	200																																				
8	80	0,7848	400																																				
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>20,252</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>1,031</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	20,252	Altura de Sólidos Hs (cm)	1,031																																		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	20,252																																						
Altura de Sólidos Hs (cm)	1,031																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>9,685</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,005</td> <td>19,995</td> <td>9,680</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,080</td> <td>19,920</td> <td>9,605</td> <td>0,931</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,308</td> <td>19,693</td> <td>9,378</td> <td>0,909</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,265</td> <td>18,735</td> <td>8,420</td> <td>0,816</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,568</td> <td>17,433</td> <td>7,118</td> <td>0,690</td> </tr> </tbody> </table>					Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	9,685	0,939	25	0,005	19,995	9,680	0,939	50	0,080	19,920	9,605	0,931	100	0,308	19,693	9,378	0,909	200	1,265	18,735	8,420	0,816	400	2,568	17,433	7,118	0,690
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																			
0	0	20,000	9,685	0,939																																			
25	0,005	19,995	9,680	0,939																																			
50	0,080	19,920	9,605	0,931																																			
100	0,308	19,693	9,378	0,909																																			
200	1,265	18,735	8,420	0,816																																			
400	2,568	17,433	7,118	0,690																																			
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>0,939</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,690</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,394</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,939	Relación de vacíos final (e _f)	0,690	0,42e ₀	0,394	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,432</td> </tr> </table>			Esfuerzo preconsolidación (KPa)	115	Índice Compresión Cc	0,432																									
Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,939																																						
Relación de vacíos final (e _f)	0,690																																						
0,42e ₀	0,394																																						
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	115																																						
Índice Compresión Cc	0,432																																						
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																							

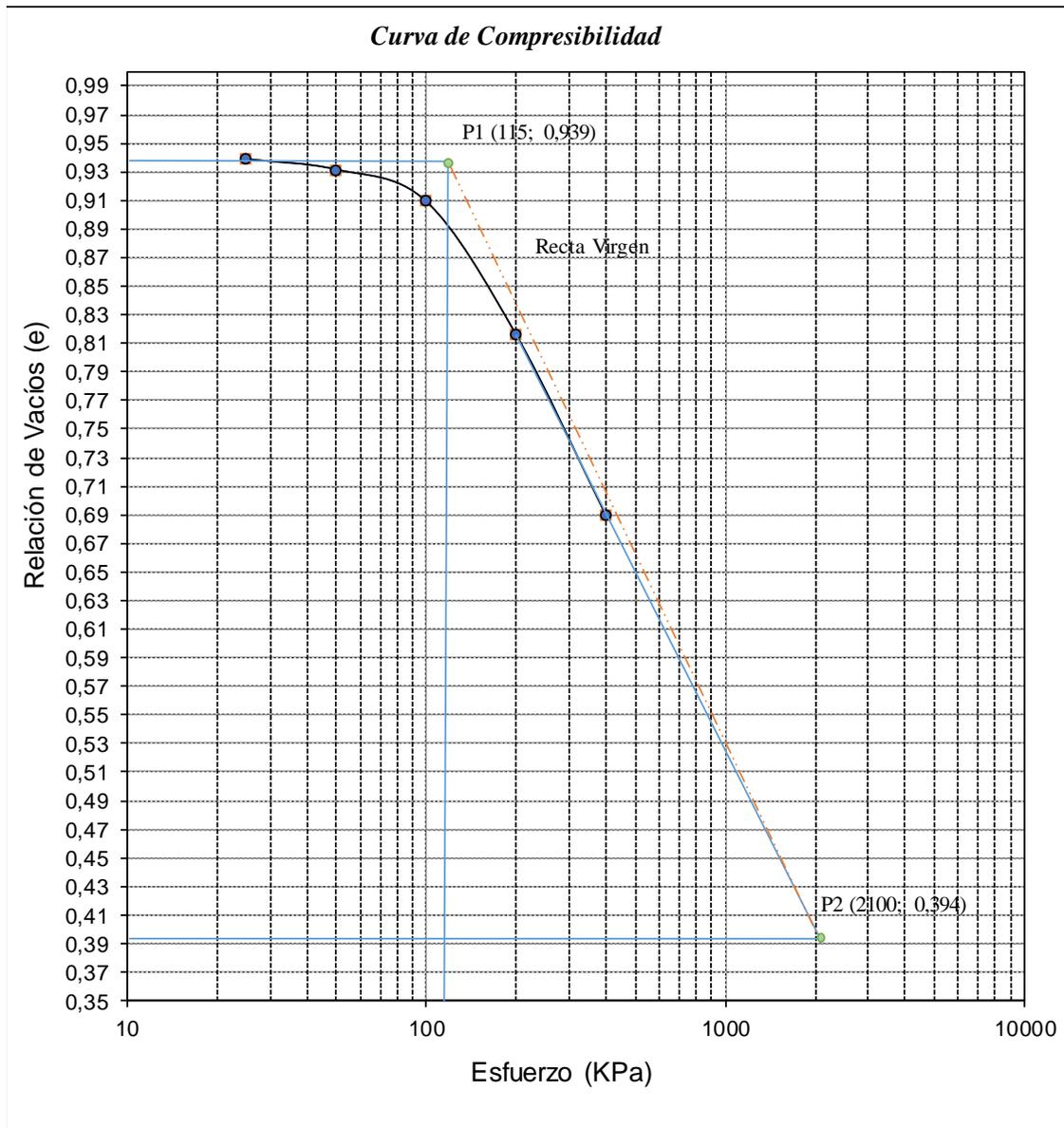
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 3.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 3.



Fuente: Autores, 2019

Sector 3: Travesías.

Lectura 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:	Travesías																												
Descripción:	Formación Ígnea																												
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:	22 - 26 de Abril del 2019																												
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>0</td> <td>105</td> <td>368</td> <td>739</td> <td>1198</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>0</td> <td>145</td> <td>445</td> <td>829</td> <td>1289</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	105	368	739	1198	86400	0	145	445	829	1289			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	0	105	368	739	1198																								
86400	0	145	445	829	1289																								
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,57</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,69</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>25,37</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>48,70</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>36,58</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>12,12</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,57	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,25	Gravedad específica	2,69	Humedad Natural (%)	25,37	Límite líquido (%)	48,70	Límite plástico (%)	36,58	Índice de plasticidad (%)	12,12
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,57																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,25																												
Gravedad específica	2,69																												
Humedad Natural (%)	25,37																												
Límite líquido (%)	48,70																												
Límite plástico (%)	36,58																												
Índice de plasticidad (%)	12,12																												
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>32,61</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>90,06</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>73,01</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	32,61	Peso Tara + Muestra	90,06	Peso Tara + Muestra Seca	73,01																				
Humedad Final																													
Peso Tara	32,61																												
Peso Tara + Muestra	90,06																												
Peso Tara + Muestra Seca	73,01																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
<p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>		<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																											
Ocaña - Colombia																													

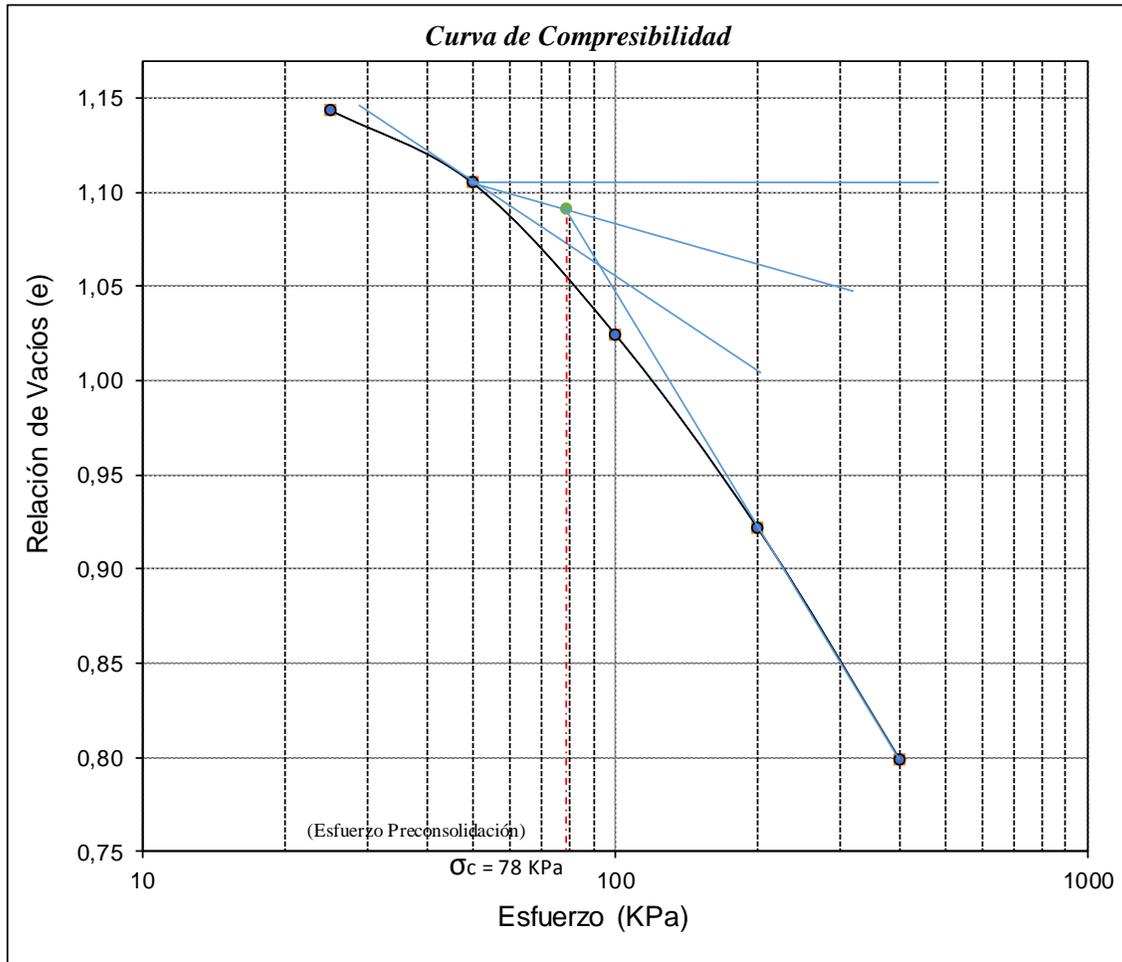
Fuente: Autores, 2019

Resultado 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Cedecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:			Travesías																																					
Descripción:			Formación Ígnea																																					
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	22 - 26 de Abril del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>60,71%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	60,71%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,049</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>42%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,049	Humedad Final (%)	42%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	60,71%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,049																																							
Humedad Final (%)	42%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>18,317</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,933</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,317	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,933																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,317																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,933																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,671</td> <td>1,144</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>10,671</td> <td>1,144</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,363</td> <td>19,638</td> <td>10,308</td> <td>1,105</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>1,113</td> <td>18,888</td> <td>9,558</td> <td>1,025</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>2,073</td> <td>17,928</td> <td>8,598</td> <td>0,922</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>3,223</td> <td>16,778</td> <td>7,448</td> <td>0,798</td> </tr> </tbody> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,671	1,144	25	0,000	20,000	10,671	1,144	50	0,363	19,638	10,308	1,105	100	1,113	18,888	9,558	1,025	200	2,073	17,928	8,598	0,922	400	3,223	16,778	7,448	0,798
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	10,671	1,144																																				
25	0,000	20,000	10,671	1,144																																				
50	0,363	19,638	10,308	1,105																																				
100	1,113	18,888	9,558	1,025																																				
200	2,073	17,928	8,598	0,922																																				
400	3,223	16,778	7,448	0,798																																				
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,144</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,798</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,480</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,144	Relación de vacíos final (e _f)	0,798	0,42e ₀	0,480	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>78</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,441</td> </tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	78	Índice Compresión Cc	0,441																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,144																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,798																																							
0,42e ₀	0,480																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	78																																							
Índice Compresión Cc	0,441																																							
<p style="text-align: center;">Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																																					
Ocaña - Colombia																																								

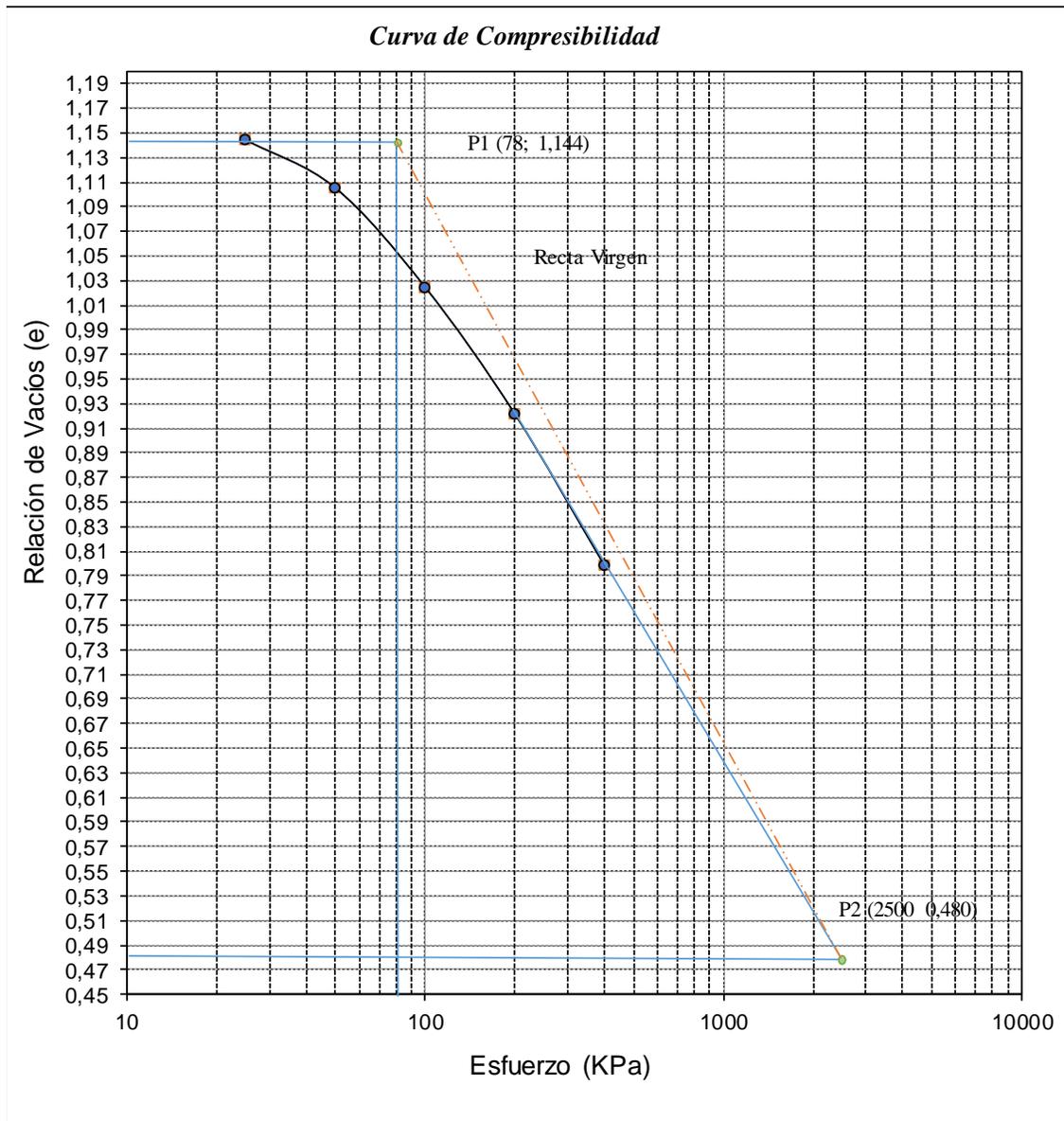
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 1.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 1.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:	Travesías																												
Descripción:	Formación Ígnea																												
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:	22 - 26 de Abril del 2019																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>20</td> <td>114</td> <td>367</td> <td>749</td> <td>1227</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>33</td> <td>143</td> <td>470</td> <td>839</td> <td>1331</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	20	114	367	749	1227	86400	33	143	470	839	1331			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	20	114	367	749	1227																								
86400	33	143	470	839	1331																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,57</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,69</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>25,37</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>48,70</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>36,58</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>12,12</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,57	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,25	Gravedad específica	2,69	Humedad Natural (%)	25,37	Límite líquido (%)	48,70	Límite plástico (%)	36,58	Índice de plasticidad (%)	12,12
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,57																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,25																												
Gravedad específica	2,69																												
Humedad Natural (%)	25,37																												
Límite líquido (%)	48,70																												
Límite plástico (%)	36,58																												
Índice de plasticidad (%)	12,12																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>31,14</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>95,61</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>76,81</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	31,14	Peso Tara + Muestra	95,61	Peso Tara + Muestra Seca	76,81																				
Humedad Final																													
Peso Tara	31,14																												
Peso Tara + Muestra	95,61																												
Peso Tara + Muestra Seca	76,81																												
Observaciones: _____ _____ _____																													
Recomendaciones: _____ _____ _____																													
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																											
Ocaña - Colombia																													

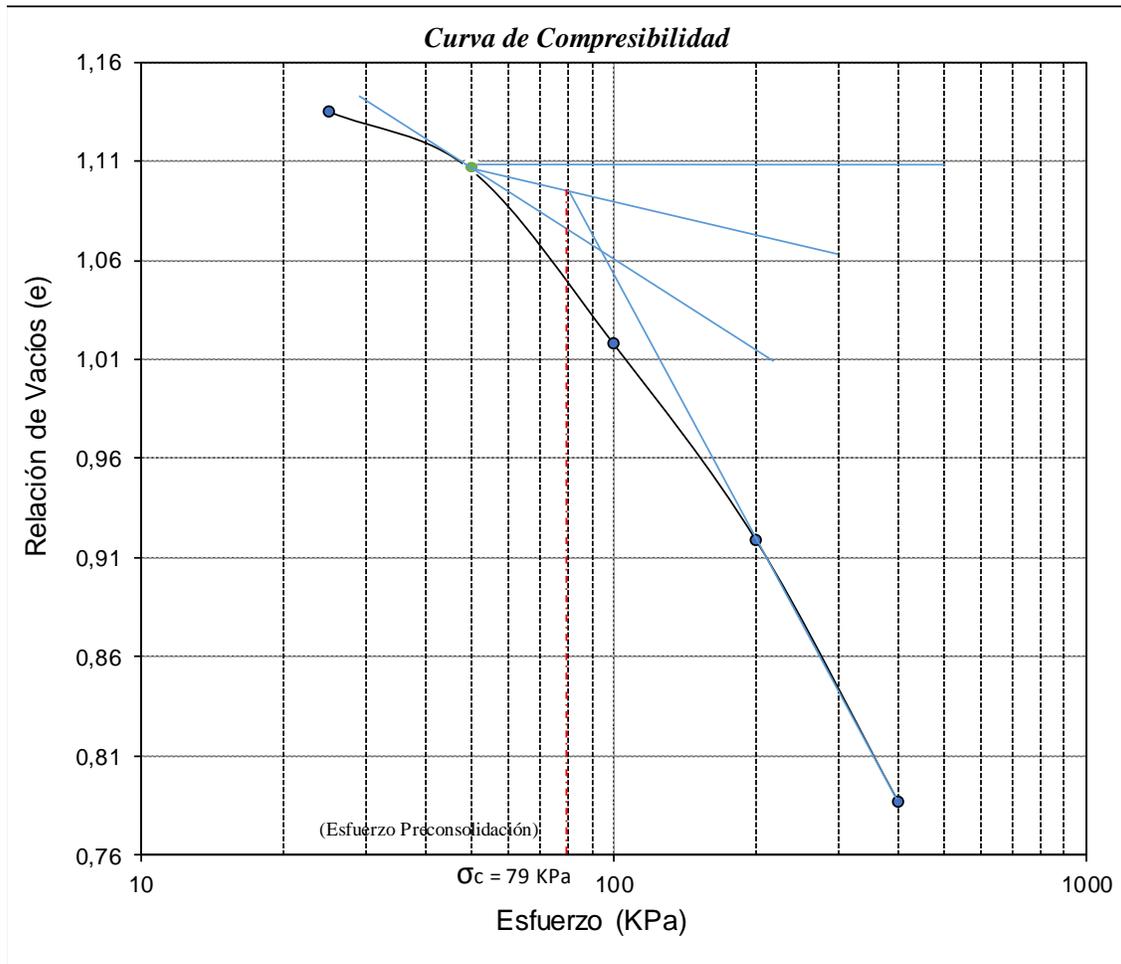
Fuente: Autores, 2019

Resultado 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:		Travesías																																						
Descripción:		Formación Ígnea																																						
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	22 - 26 de Abril del 2019																																			
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Grado de saturación</td></tr> <tr><td>Inicial</td><td>60,71%</td></tr> <tr><td>Final</td><td>100,00%</td></tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	60,71%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr><td>Área muestra (cm²)</td><td>19,63</td></tr> <tr><td>Volumen Muestra (cm³)</td><td>39,27</td></tr> <tr><td>Peso Suelo Seco (Kg)</td><td>0,049</td></tr> <tr><td>Humedad Final (%)</td><td>41%</td></tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,049	Humedad Final (%)	41%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	60,71%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,049																																							
Humedad Final (%)	41%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr><td>0,5</td><td>5</td><td>0,04905</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>10</td><td>0,0981</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>20</td><td>0,1962</td><td>100</td></tr> <tr><td>4</td><td>40</td><td>0,3924</td><td>200</td></tr> <tr><td>8</td><td>80</td><td>0,7848</td><td>400</td></tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr><td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td><td>18,317</td></tr> <tr><td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td><td>0,933</td></tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,317	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,933																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,317																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,933																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>20,000</td><td>10,671</td><td>1,144</td></tr> <tr><td>25</td><td>0,083</td><td>19,918</td><td>10,588</td><td>1,135</td></tr> <tr><td>50</td><td>0,358</td><td>19,643</td><td>10,313</td><td>1,105</td></tr> <tr><td>100</td><td>1,175</td><td>18,825</td><td>9,496</td><td>1,018</td></tr> <tr><td>200</td><td>2,098</td><td>17,903</td><td>8,573</td><td>0,919</td></tr> <tr><td>400</td><td>3,328</td><td>16,673</td><td>7,343</td><td>0,787</td></tr> </tbody> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,671	1,144	25	0,083	19,918	10,588	1,135	50	0,358	19,643	10,313	1,105	100	1,175	18,825	9,496	1,018	200	2,098	17,903	8,573	0,919	400	3,328	16,673	7,343	0,787
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	10,671	1,144																																				
25	0,083	19,918	10,588	1,135																																				
50	0,358	19,643	10,313	1,105																																				
100	1,175	18,825	9,496	1,018																																				
200	2,098	17,903	8,573	0,919																																				
400	3,328	16,673	7,343	0,787																																				
<table border="1"> <tr><td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td><td>1,144</td></tr> <tr><td>Relación de vacíos final (e_r)</td><td>0,787</td></tr> <tr><td>0,42e₀</td><td>0,480</td></tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,144	Relación de vacíos final (e _r)	0,787	0,42e ₀	0,480	<table border="1"> <tr><td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td><td>79</td></tr> <tr><td>Índice Compresión Cc</td><td>0,459</td></tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	79	Índice Compresión Cc	0,459																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,144																																							
Relación de vacíos final (e _r)	0,787																																							
0,42e ₀	0,480																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	79																																							
Índice Compresión Cc	0,459																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

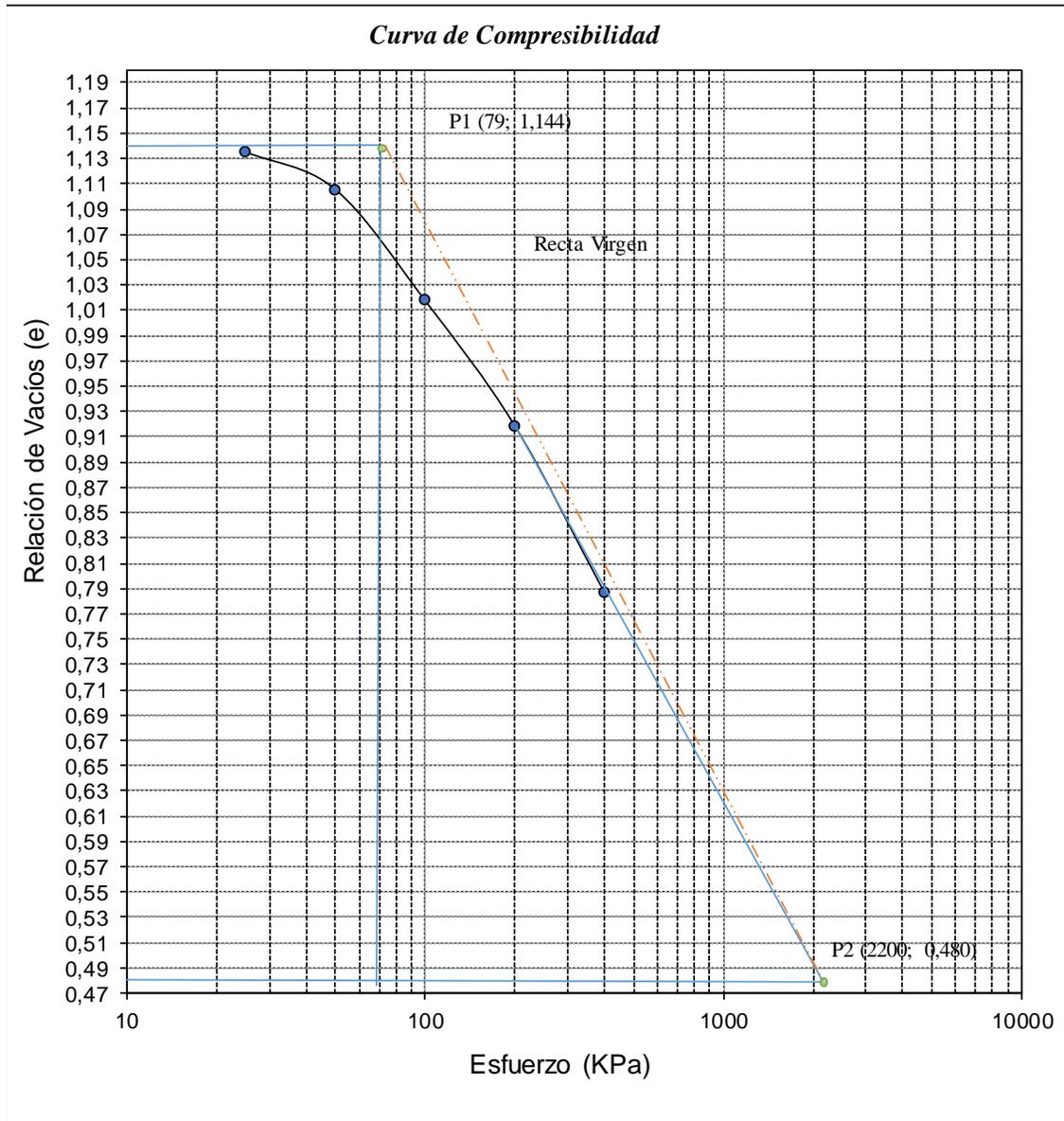
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 2.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 2.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:	Travesías																												
Descripción:	Formación Ígnea																												
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:	22 - 26 de Abril del 2019																												
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>0</td> <td>62</td> <td>335</td> <td>728</td> <td>1235</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>407</td> <td>848</td> <td>1338</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	62	335	728	1235	86400	0	100	407	848	1338			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	0	62	335	728	1235																								
86400	0	100	407	848	1338																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,57</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,69</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>25,37</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>48,70</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>36,58</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>12,12</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,57	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,25	Gravedad específica	2,69	Humedad Natural (%)	25,37	Límite líquido (%)	48,70	Límite plástico (%)	36,58	Índice de plasticidad (%)	12,12
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,57																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,25																												
Gravedad específica	2,69																												
Humedad Natural (%)	25,37																												
Límite líquido (%)	48,70																												
Límite plástico (%)	36,58																												
Índice de plasticidad (%)	12,12																												
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>38,57</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>96,40</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>79,72</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	38,57	Peso Tara + Muestra	96,40	Peso Tara + Muestra Seca	79,72																				
Humedad Final																													
Peso Tara	38,57																												
Peso Tara + Muestra	96,40																												
Peso Tara + Muestra Seca	79,72																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
<p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>		<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																											
Ocaña - Colombia																													

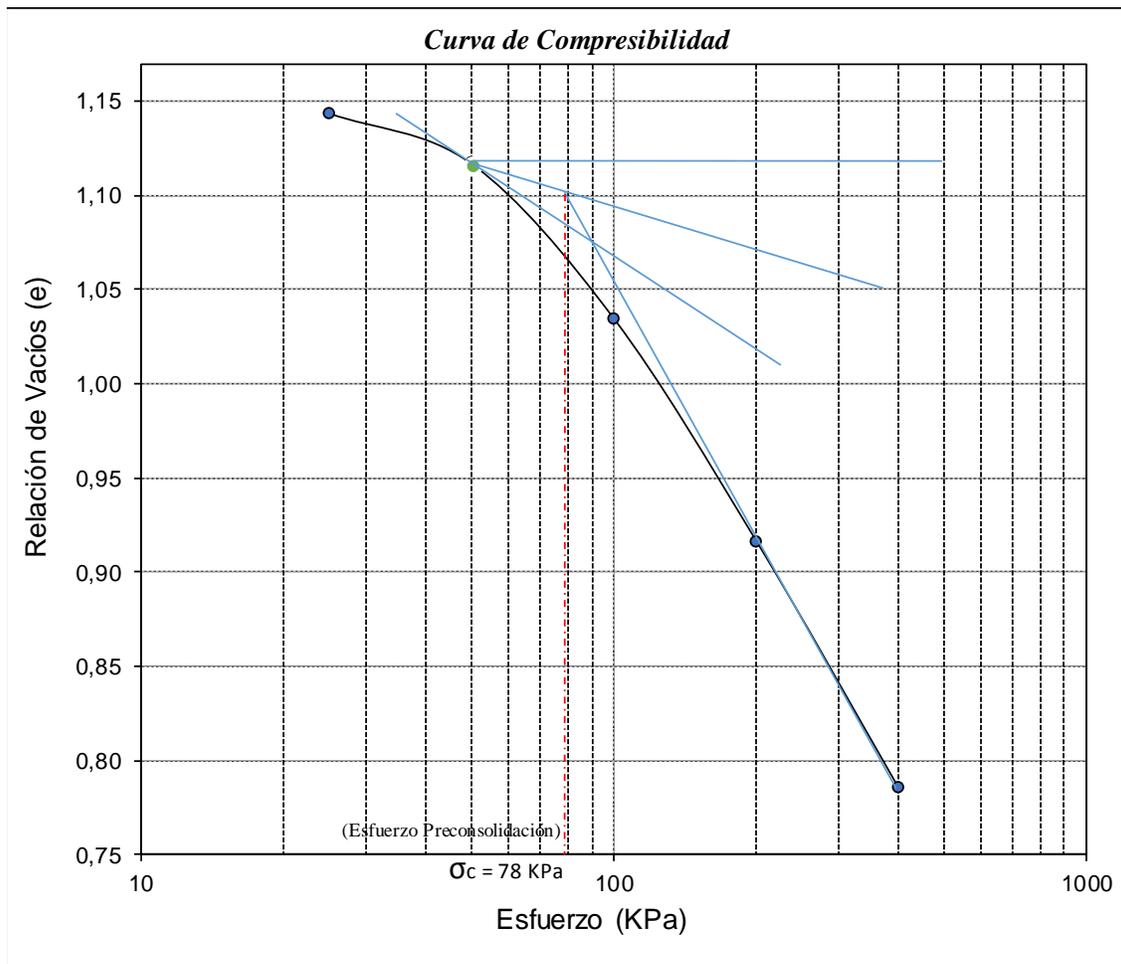
Fuente: Autores, 2019

Resultado 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:			Travesías																																					
Descripción:			Formación Ígnea																																					
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	22 - 26 de Abril del 2019																																			
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Grado de saturación</td></tr> <tr><td>Inicial</td><td>60,71%</td></tr> <tr><td>Final</td><td>100,00%</td></tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	60,71%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr><td>Área muestra (cm²)</td><td>19,63</td></tr> <tr><td>Volumen Muestra (cm³)</td><td>39,27</td></tr> <tr><td>Peso Suelo Seco (Kg)</td><td>0,049</td></tr> <tr><td>Humedad Final (%)</td><td>41%</td></tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,049	Humedad Final (%)	41%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	60,71%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,049																																							
Humedad Final (%)	41%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr><td>0,5</td><td>5</td><td>0,04905</td><td>25</td></tr> <tr><td>1</td><td>10</td><td>0,0981</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>20</td><td>0,1962</td><td>100</td></tr> <tr><td>4</td><td>40</td><td>0,3924</td><td>200</td></tr> <tr><td>8</td><td>80</td><td>0,7848</td><td>400</td></tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr><td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td><td>18,317</td></tr> <tr><td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td><td>0,933</td></tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,317	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,933																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,317																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,933																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>20,000</td><td>10,671</td><td>1,144</td></tr> <tr><td>25</td><td>0,000</td><td>20,000</td><td>10,671</td><td>1,144</td></tr> <tr><td>50</td><td>0,250</td><td>19,750</td><td>10,421</td><td>1,117</td></tr> <tr><td>100</td><td>1,018</td><td>18,983</td><td>9,653</td><td>1,035</td></tr> <tr><td>200</td><td>2,120</td><td>17,880</td><td>8,551</td><td>0,917</td></tr> <tr><td>400</td><td>3,345</td><td>16,655</td><td>7,326</td><td>0,785</td></tr> </tbody> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,671	1,144	25	0,000	20,000	10,671	1,144	50	0,250	19,750	10,421	1,117	100	1,018	18,983	9,653	1,035	200	2,120	17,880	8,551	0,917	400	3,345	16,655	7,326	0,785
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	10,671	1,144																																				
25	0,000	20,000	10,671	1,144																																				
50	0,250	19,750	10,421	1,117																																				
100	1,018	18,983	9,653	1,035																																				
200	2,120	17,880	8,551	0,917																																				
400	3,345	16,655	7,326	0,785																																				
<table border="1"> <tr><td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td><td>1,144</td></tr> <tr><td>Relación de vacíos final (e_r)</td><td>0,785</td></tr> <tr><td>0,42e₀</td><td>0,480</td></tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,144	Relación de vacíos final (e _r)	0,785	0,42e ₀	0,480	<table border="1"> <tr><td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td><td>78</td></tr> <tr><td>Índice Compresión Cc</td><td>0,464</td></tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	78	Índice Compresión Cc	0,464																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,144																																							
Relación de vacíos final (e _r)	0,785																																							
0,42e ₀	0,480																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	78																																							
Índice Compresión Cc	0,464																																							
<p style="text-align: center;">Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																																					
Ocaña - Colombia																																								

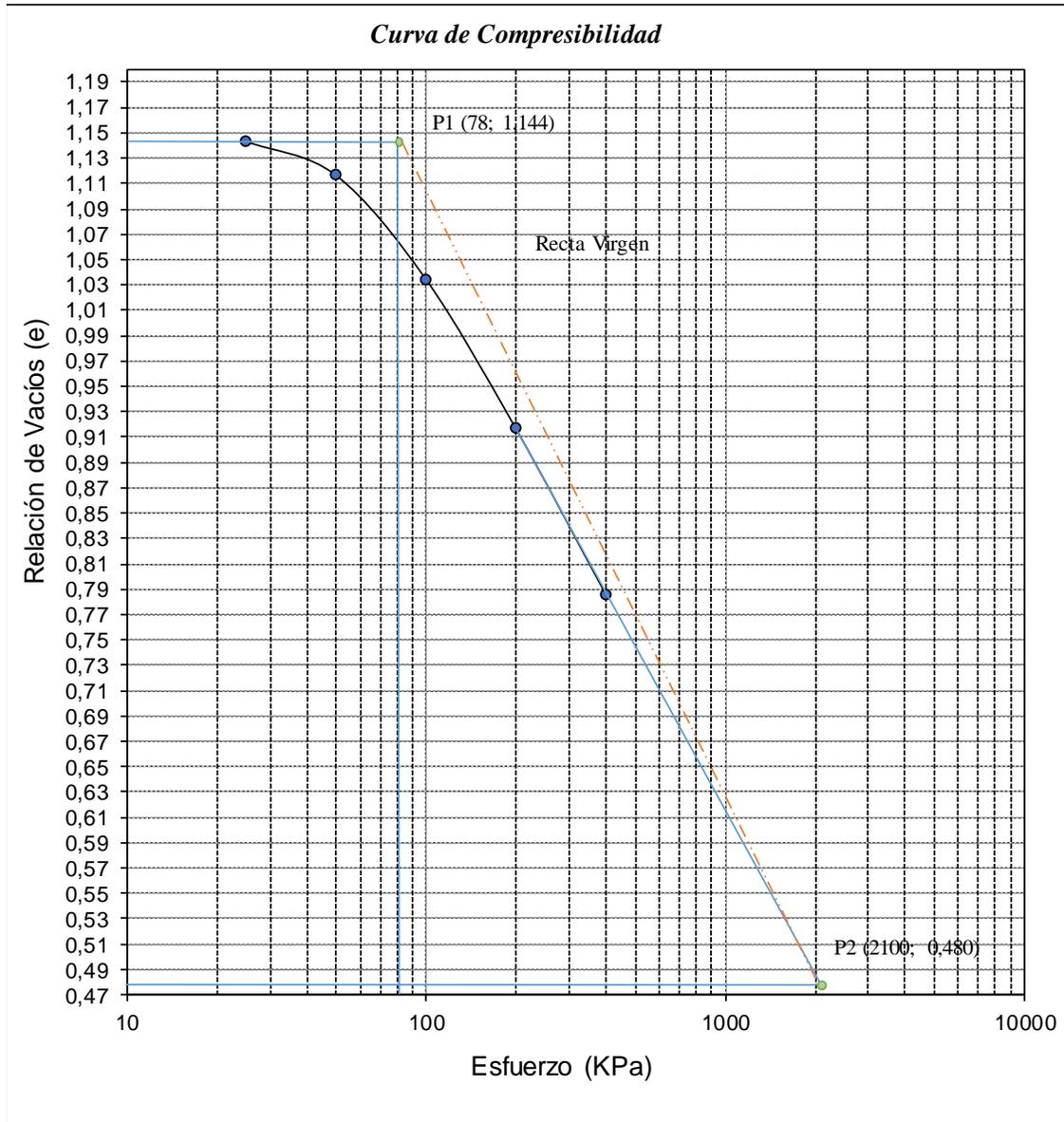
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 3.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 3.



Fuente: Autores, 2019

Sector 4: Filipote.

Lectura 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:		Filipote																											
Descripción:		Formación Ígnea																											
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:		27-31 de Mayo del 2019																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">98</td> <td style="text-align: center;">323</td> <td style="text-align: center;">737</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td style="text-align: center;">131</td> <td style="text-align: center;">419</td> <td style="text-align: center;">829</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	8	98	323	737	86400	0	18	131	419	829			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	0	8	98	323	737																								
86400	0	18	131	419	829																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,40</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,24</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td style="text-align: center;">2,66</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td style="text-align: center;">12,88</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: center;">35,10</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: center;">24,54</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td style="text-align: center;">10,56</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,40	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,24	Gravedad específica	2,66	Humedad Natural (%)	12,88	Límite líquido (%)	35,10	Límite plástico (%)	24,54	Índice de plasticidad (%)	10,56
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,40																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,24																												
Gravedad específica	2,66																												
Humedad Natural (%)	12,88																												
Límite líquido (%)	35,10																												
Límite plástico (%)	24,54																												
Índice de plasticidad (%)	10,56																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td style="text-align: center;">41,43</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td style="text-align: center;">104,94</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td style="text-align: center;">85,51</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	41,43	Peso Tara + Muestra	104,94	Peso Tara + Muestra Seca	85,51																				
Humedad Final																													
Peso Tara	41,43																												
Peso Tara + Muestra	104,94																												
Peso Tara + Muestra Seca	85,51																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																											
Ocaña - Colombia																													

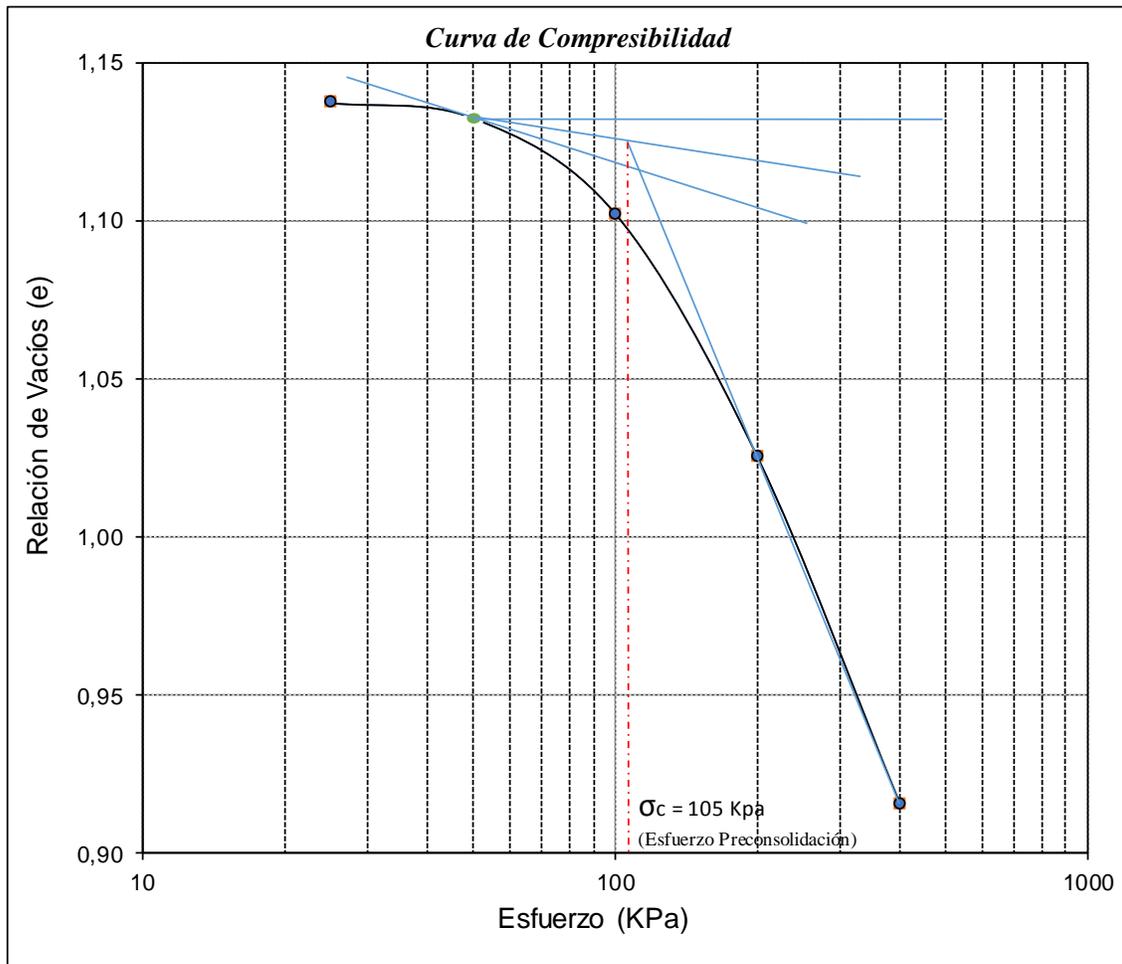
Fuente: Autores, 2019

Resultado 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>	
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13					
Localización:			Filipote		
Descripción:			Formación Ígnea		
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	27-31 de Mayo del 2019
Grado de saturación		Área muestra (cm ²)		19,63	
Inicial	29,84%	Volumen Muestra (cm ³)		39,27	
Final	100,00%	Peso Suelo Seco (Kg)		0,049	
		Humedad Final (%)		44%	
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (Kpa)		
	Kg	KN			
0,5	5	0,04905	25		
1	10	0,0981	50		
2	20	0,1962	100		
4	40	0,3924	200		
8	80	0,7848	400		
Volumen de Sólidos Vs (cm³)		18,373			
Altura de Sólidos Hs (cm)		0,936			
Esfuerzo aplicado (Kpa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	
0	0	20,000	10,643	1,137	
25	0,000	20,000	10,643	1,137	
50	0,045	19,955	10,598	1,133	
100	0,328	19,673	10,315	1,102	
200	1,048	18,953	9,595	1,025	
400	2,073	17,928	8,570	0,916	
Relación de vacíos inicial (e₀)		1,137		Esfuerzo preconsolidación (Kpa)	
Relación de vacíos final (e_f)		0,916		105	
0,42e₀		0,478		Índice Compresión Cc	
				0,374	
Realizó:			Revisó		
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

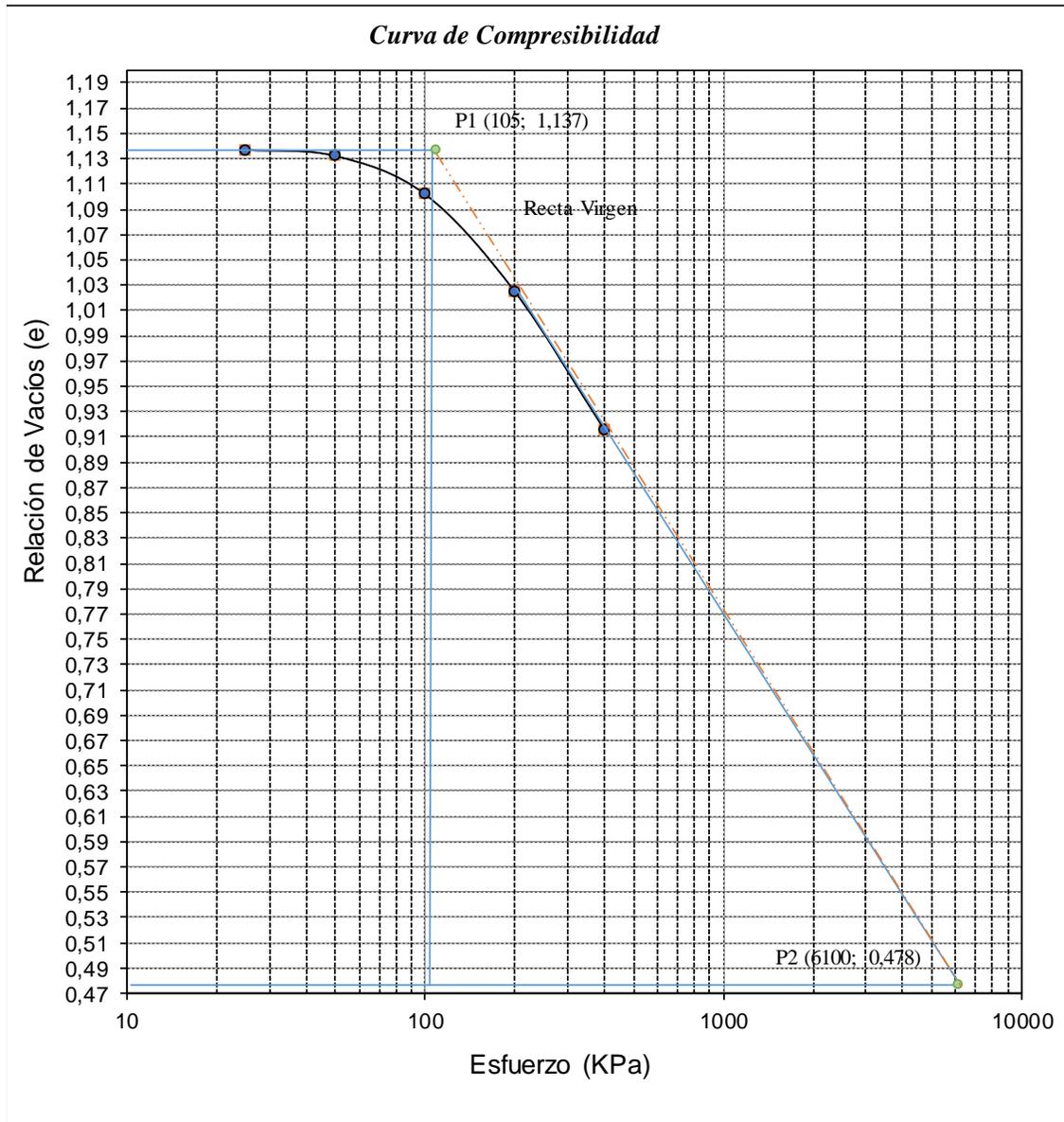
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 1.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 1.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																								
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																										
Localización:		Filipote																								
Descripción:		Formación Ígnea																								
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																							
Fecha:		27-31 de Mayo del 2019																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">49</td> <td style="text-align: center;">322</td> <td style="text-align: center;">737</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="text-align: center;">394</td> <td style="text-align: center;">814</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	6	49	322	737	86400	0	12	90	394	814
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																									
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																					
6	0	6	49	322	737																					
86400	0	12	90	394	814																					
Dimensiones de la muestra		Características del suelo																								
Diámetro (cm)	5	Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,40																							
Altura Ho (cm)	2	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,24																							
Área (cm ²)	19,63	Gravedad específica	2,66																							
Volumen (cm ³)	39,27	Humedad Natural (%)	12,88																							
Humedad Final		Límite líquido (%)	35,10																							
Peso Tara	32,71	Límite plástico (%)	24,54																							
Peso Tara + Muestra	133,74	Índice de plasticidad (%)	10,56																							
Peso Tara + Muestra Seca	102,32																									
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																										
Realizó:		Revisó																								
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																								
Ocaña - Colombia																										

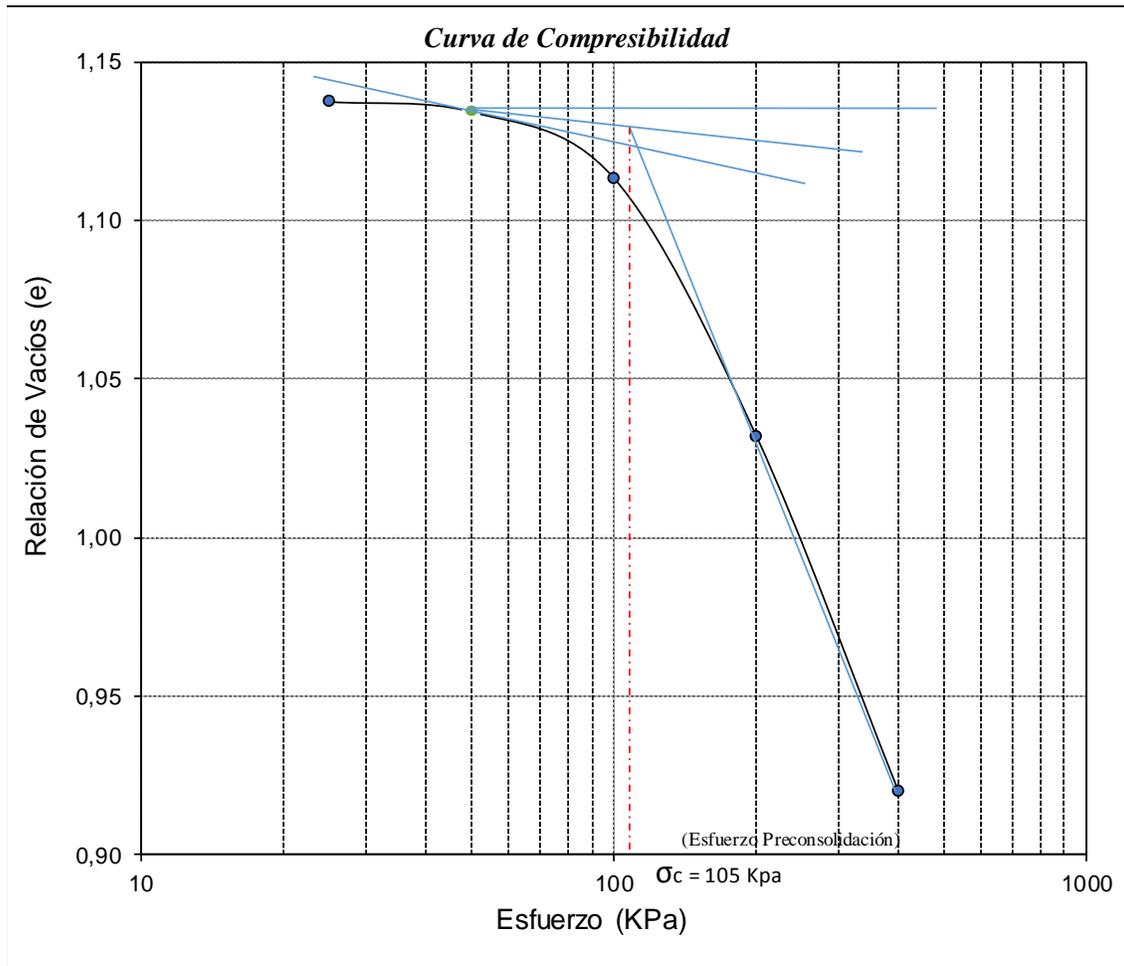
Fuente: Autores, 2019

Resultado 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																							
Localización:		Filipote																																					
Descripción:		Formación Ígnea																																					
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha: 27-31 de Mayo del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>29,84%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	29,84%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,049</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>45%</td> </tr> </table>			Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,049	Humedad Final (%)	45%																					
Grado de saturación																																							
Inicial	29,84%																																						
Final	100,00%																																						
Área muestra (cm ²)	19,63																																						
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																						
Peso Suelo Seco (Kg)	0,049																																						
Humedad Final (%)	45%																																						
<table border="1"> <tr> <th>Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th>Esfuerzo (Kpa)</th> </tr> <tr> <td></td> <th>Kg</th> <th>KN</th> <td></td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (Kpa)		Kg	KN		0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400										
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (Kpa)																																				
	Kg	KN																																					
0,5	5	0,04905	25																																				
1	10	0,0981	50																																				
2	20	0,1962	100																																				
4	40	0,3924	200																																				
8	80	0,7848	400																																				
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>18,373</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,936</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,373	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,936																																		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	18,373																																						
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,936																																						
<table border="1"> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (Kpa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,643</td> <td>1,137</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>10,643</td> <td>1,137</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,030</td> <td>19,970</td> <td>10,613</td> <td>1,134</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,225</td> <td>19,775</td> <td>10,418</td> <td>1,113</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0,985</td> <td>19,015</td> <td>9,658</td> <td>1,032</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,035</td> <td>17,965</td> <td>8,608</td> <td>0,920</td> </tr> </table>					Esfuerzo aplicado (Kpa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,643	1,137	25	0,000	20,000	10,643	1,137	50	0,030	19,970	10,613	1,134	100	0,225	19,775	10,418	1,113	200	0,985	19,015	9,658	1,032	400	2,035	17,965	8,608	0,920
Esfuerzo aplicado (Kpa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																			
0	0	20,000	10,643	1,137																																			
25	0,000	20,000	10,643	1,137																																			
50	0,030	19,970	10,613	1,134																																			
100	0,225	19,775	10,418	1,113																																			
200	0,985	19,015	9,658	1,032																																			
400	2,035	17,965	8,608	0,920																																			
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,137</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,920</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,478</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,137	Relación de vacíos final (e _f)	0,920	0,42e ₀	0,478	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (Kpa)</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,377</td> </tr> </table>			Esfuerzo preconsolidación (Kpa)	105	Índice Compresión Cc	0,377																									
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,137																																						
Relación de vacíos final (e _f)	0,920																																						
0,42e ₀	0,478																																						
Esfuerzo preconsolidación (Kpa)	105																																						
Índice Compresión Cc	0,377																																						
<p style="text-align: center;">Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>		<p style="text-align: center;">Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																																					
Ocaña - Colombia																																							

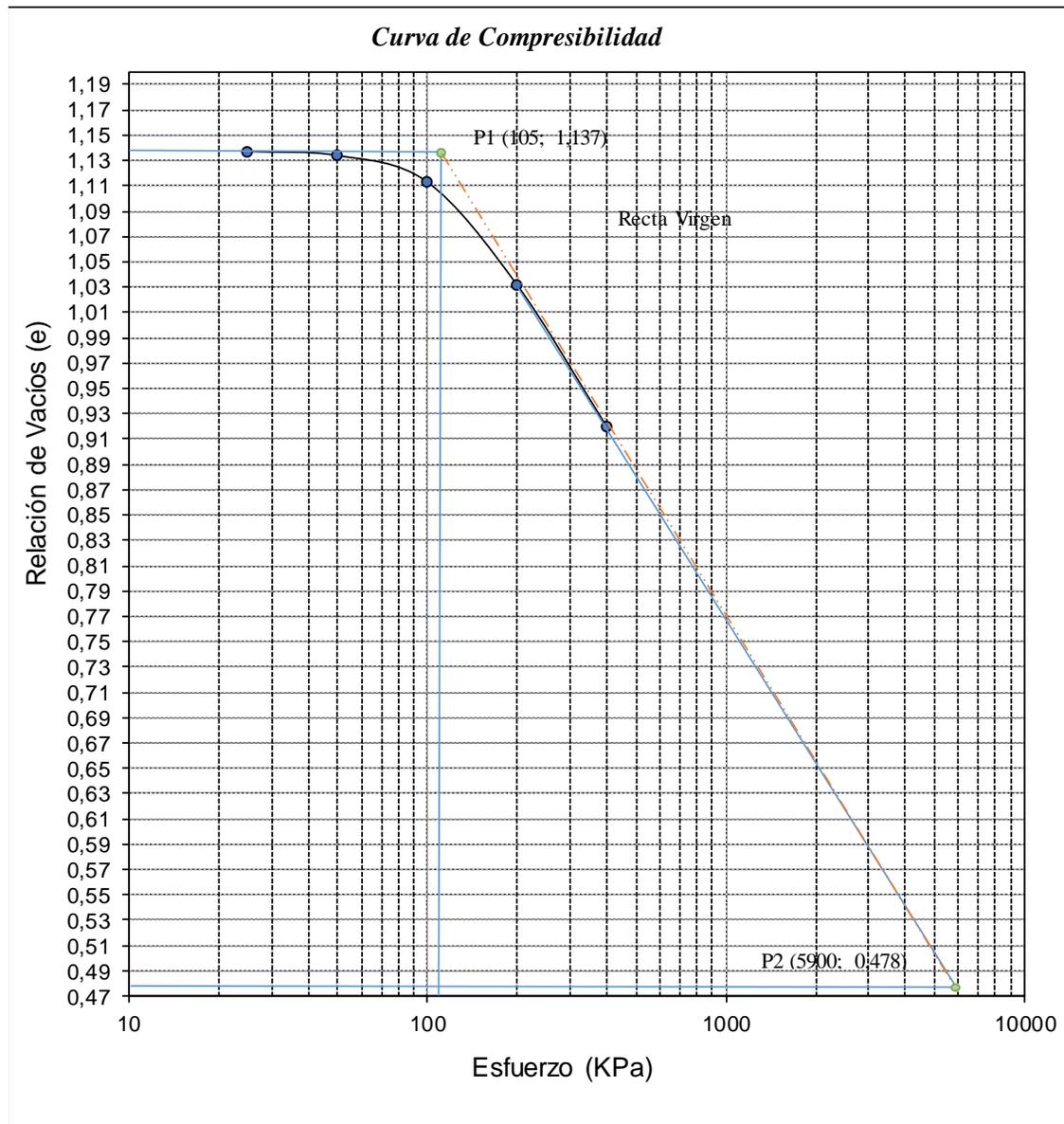
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 2.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 2.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																													
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:		Filipote																													
Descripción:		Formación Ígnea																													
Profundidad (m):		1	Tipo de muestra:		Inalterada																										
Fecha:		27-31 de Mayo del 2019																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>53</td> <td>334</td> <td>735</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>79</td> <td>401</td> <td>821</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	1	53	334	735	86400	0	9	79	401	821			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	0	1	53	334	735																										
86400	0	9	79	401	821																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,40</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,24</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,66</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>12,88</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>35,10</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>24,54</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>10,56</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,40	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,24	Gravedad específica	2,66	Humedad Natural (%)	12,88	Límite líquido (%)	35,10	Límite plástico (%)	24,54	Índice de plasticidad (%)	10,56
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,40																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,24																														
Gravedad específica	2,66																														
Humedad Natural (%)	12,88																														
Límite líquido (%)	35,10																														
Límite plástico (%)	24,54																														
Índice de plasticidad (%)	10,56																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>32,03</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>95,57</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>76,06</td> </tr> </tbody> </table>			Humedad Final		Peso Tara	32,03	Peso Tara + Muestra	95,57	Peso Tara + Muestra Seca	76,06																					
Humedad Final																															
Peso Tara	32,03																														
Peso Tara + Muestra	95,57																														
Peso Tara + Muestra Seca	76,06																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																															
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																												
Ocaña - Colombia																															

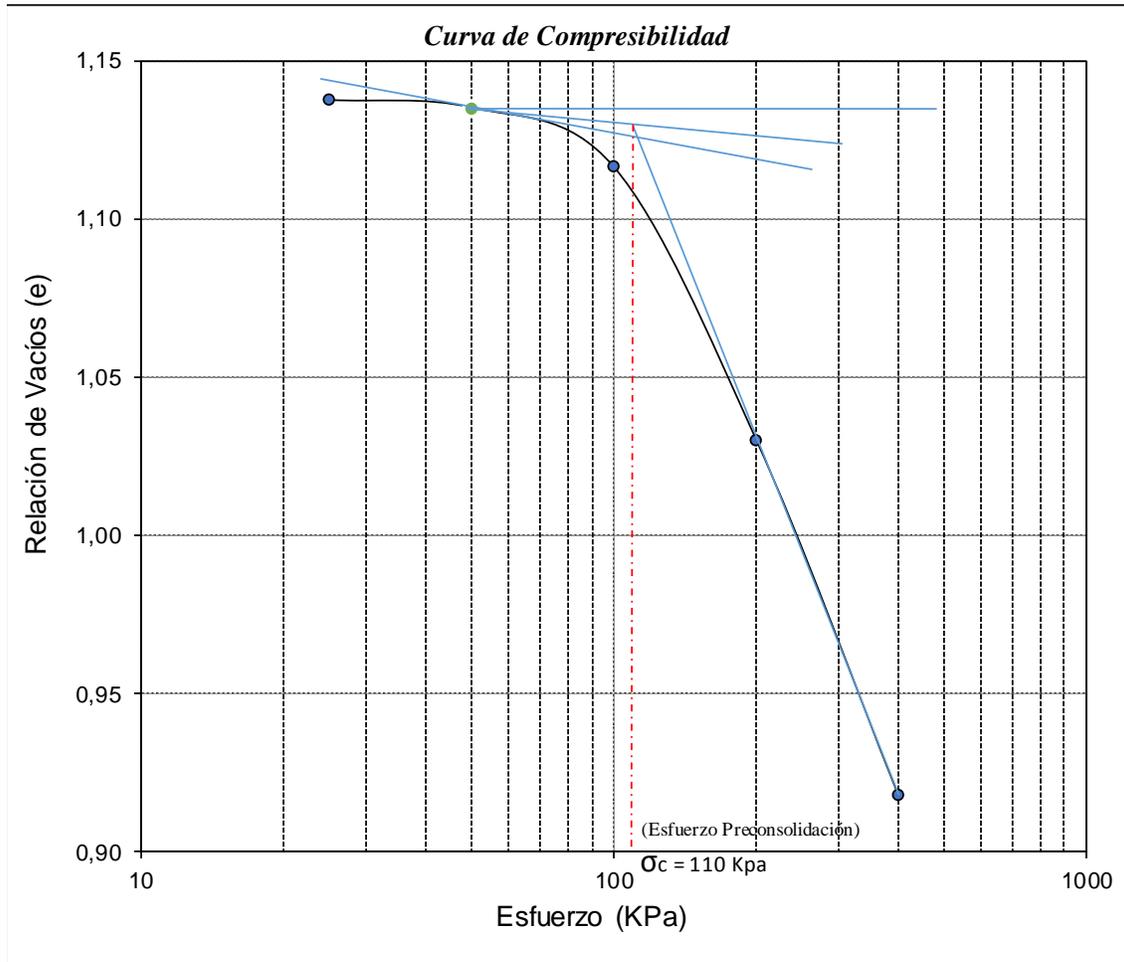
Fuente: Autores, 2019

Resultado 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>	
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13					
Localización:		Filipote			
Descripción:		Formación Ígnea			
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	27-31 de Mayo del 2019
Grado de saturación		Área muestra (cm ²)		19,63	
Inicial	29,84%	Volumen Muestra (cm ³)		39,27	
Final	100,00%	Peso Suelo Seco (Kg)		0,049	
		Humedad Final (%)		44%	
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra			Esfuerzo (Kpa)	
	Kg	KN			
0,5	5	0,04905	25		
1	10	0,0981	50		
2	20	0,1962	100		
4	40	0,3924	200		
8	80	0,7848	400		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)		18,373			
Altura de Sólidos Hs (cm)		0,936			
Esfuerzo aplicado (Kpa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	
0	0	20,000	10,643	1,137	
25	0,000	20,000	10,643	1,137	
50	0,023	19,978	10,620	1,135	
100	0,198	19,803	10,445	1,116	
200	1,003	18,998	9,640	1,030	
400	2,053	17,948	8,590	0,918	
Relación de vacíos inicial (e ₀)		1,137		Esfuerzo preconsolidación (Kpa) 110	
Relación de vacíos final (e _f)		0,918		Índice Compresión Cc 0,380	
0,42e ₀		0,478			
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

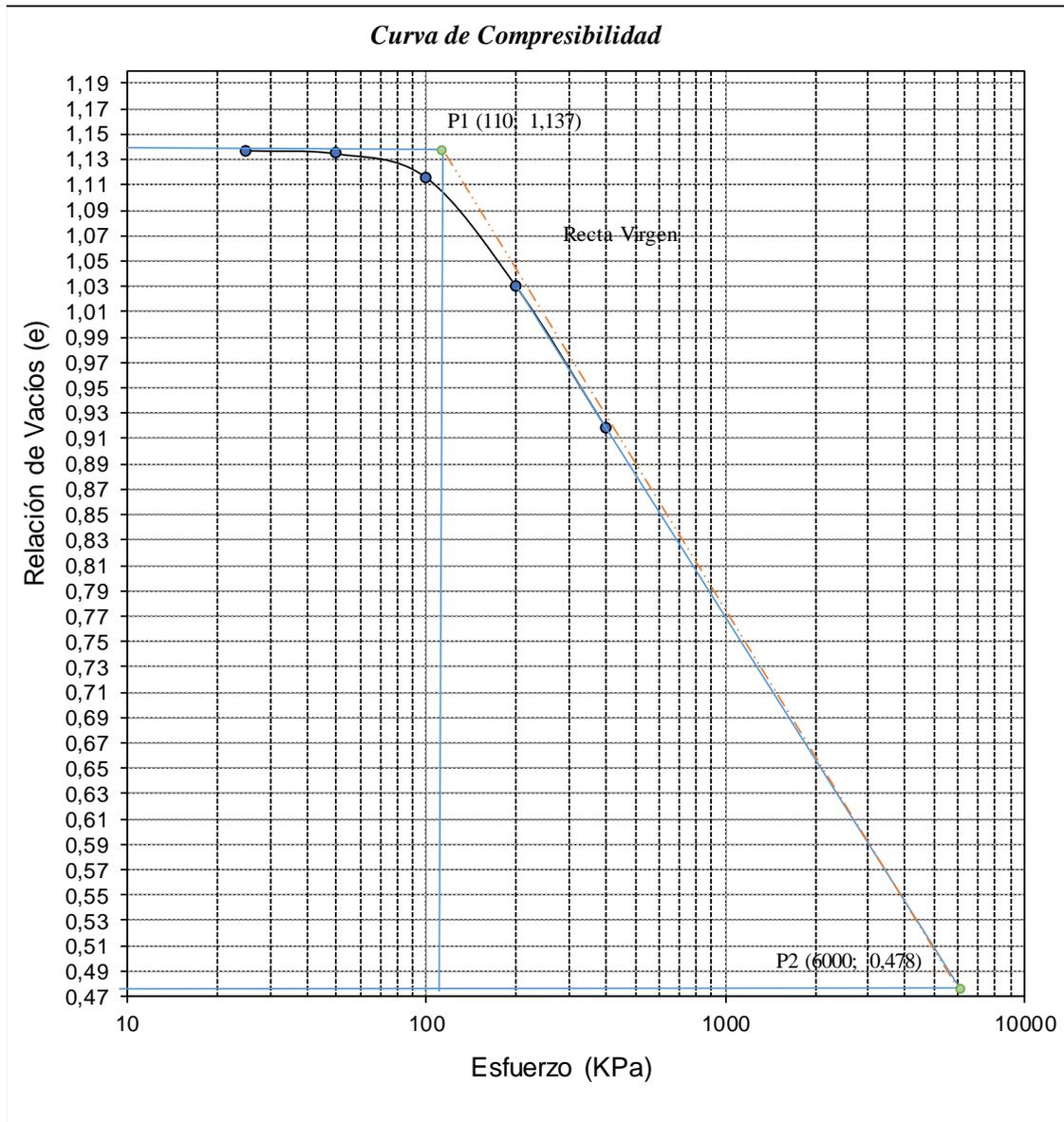
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 3.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 3.



Fuente: Autores, 2019

Sector 5: El Dorado.

Lectura 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:		El Dorado																											
Descripción:		Formación Ígnea																											
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:		03-07 de Junio del 2019																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="text-align: center;">177</td> <td style="text-align: center;">492</td> <td style="text-align: center;">854</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">65</td> <td style="text-align: center;">238</td> <td style="text-align: center;">561</td> <td style="text-align: center;">943</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	45	177	492	854	86400	0	65	238	561	943			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	0	45	177	492	854																								
86400	0	65	238	561	943																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,20</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td style="text-align: center;">2,63</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td style="text-align: center;">25,06</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: center;">40,82</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: center;">29,79</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td style="text-align: center;">11,03</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,20	Gravedad específica	2,63	Humedad Natural (%)	25,06	Límite líquido (%)	40,82	Límite plástico (%)	29,79	Índice de plasticidad (%)	11,03
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,20																												
Gravedad específica	2,63																												
Humedad Natural (%)	25,06																												
Límite líquido (%)	40,82																												
Límite plástico (%)	29,79																												
Índice de plasticidad (%)	11,03																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td style="text-align: center;">40,07</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td style="text-align: center;">104,74</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td style="text-align: center;">84,55</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	40,07	Peso Tara + Muestra	104,74	Peso Tara + Muestra Seca	84,55																				
Humedad Final																													
Peso Tara	40,07																												
Peso Tara + Muestra	104,74																												
Peso Tara + Muestra Seca	84,55																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																											
Ocaña - Colombia																													

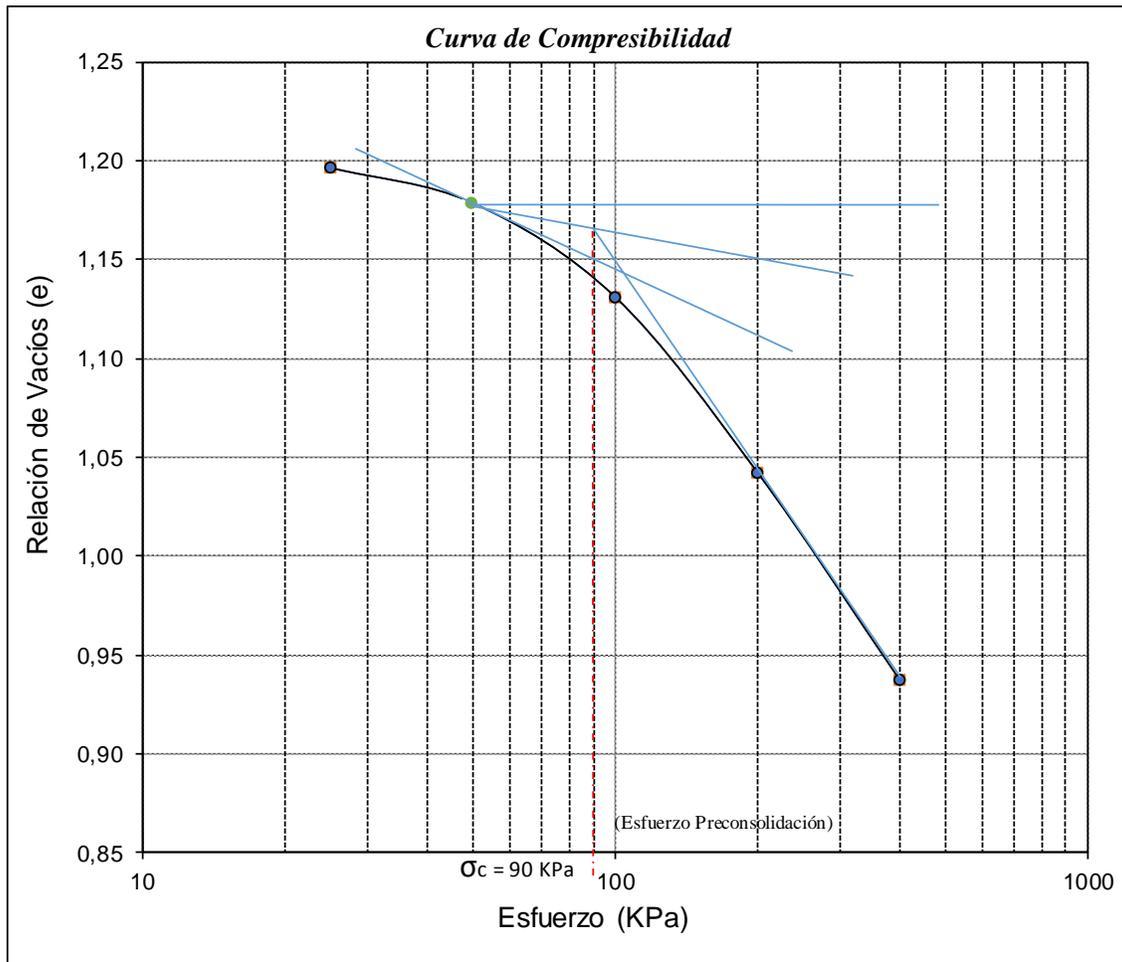
Fuente: Autores, 2019

Resultado 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:		El Dorado																																						
Descripción:		Formación Ígnea																																						
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	03-07 de Junio del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>55,75%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	55,75%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>45%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,047	Humedad Final (%)	45%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	55,75%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,047																																							
Humedad Final (%)	45%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>17,882</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,911</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,882	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,911																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,882																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,911																																							
<table border="1"> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,893</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>10,893</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,163</td> <td>19,838</td> <td>10,730</td> <td>1,178</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,595</td> <td>19,405</td> <td>10,298</td> <td>1,131</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,403</td> <td>18,598</td> <td>9,490</td> <td>1,042</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,358</td> <td>17,643</td> <td>8,535</td> <td>0,937</td> </tr> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,893	1,196	25	0,000	20,000	10,893	1,196	50	0,163	19,838	10,730	1,178	100	0,595	19,405	10,298	1,131	200	1,403	18,598	9,490	1,042	400	2,358	17,643	8,535	0,937
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	10,893	1,196																																				
25	0,000	20,000	10,893	1,196																																				
50	0,163	19,838	10,730	1,178																																				
100	0,595	19,405	10,298	1,131																																				
200	1,403	18,598	9,490	1,042																																				
400	2,358	17,643	8,535	0,937																																				
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,937</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,502</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,196	Relación de vacíos final (e _f)	0,937	0,42e ₀	0,502	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,388</td> </tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	90	Índice Compresión Cc	0,388																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,196																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,937																																							
0,42e ₀	0,502																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	90																																							
Índice Compresión Cc	0,388																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

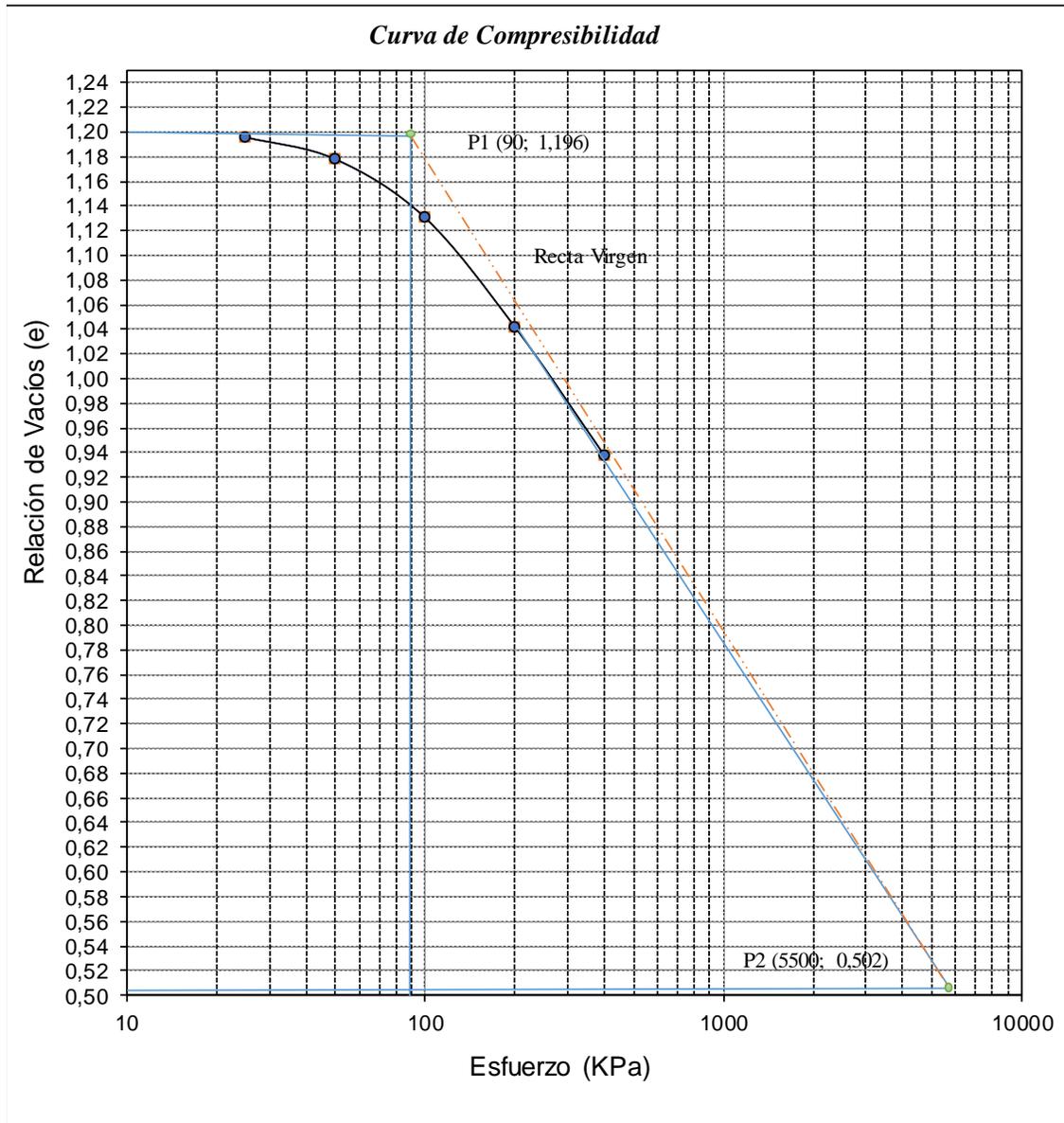
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 1.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 1.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS																															
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:		El Dorado																													
Descripción:		Formación Ígnea																													
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																												
Fecha:		03-07 de Junio del 2019																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>0</td> <td>32</td> <td>175</td> <td>477</td> <td>867</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>0</td> <td>48</td> <td>234</td> <td>546</td> <td>952</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	32	175	477	867	86400	0	48	234	546	952			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	0	32	175	477	867																										
86400	0	48	234	546	952																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,20</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,63</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>25,06</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>40,82</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>29,79</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>11,03</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,20	Gravedad específica	2,63	Humedad Natural (%)	25,06	Límite líquido (%)	40,82	Límite plástico (%)	29,79	Índice de plasticidad (%)	11,03
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,20																														
Gravedad específica	2,63																														
Humedad Natural (%)	25,06																														
Límite líquido (%)	40,82																														
Límite plástico (%)	29,79																														
Índice de plasticidad (%)	11,03																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>32,52</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>85,37</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>69,21</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	32,52	Peso Tara + Muestra	85,37	Peso Tara + Muestra Seca	69,21																						
Humedad Final																															
Peso Tara	32,52																														
Peso Tara + Muestra	85,37																														
Peso Tara + Muestra Seca	69,21																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																															
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																												
Ocaña - Colombia																															

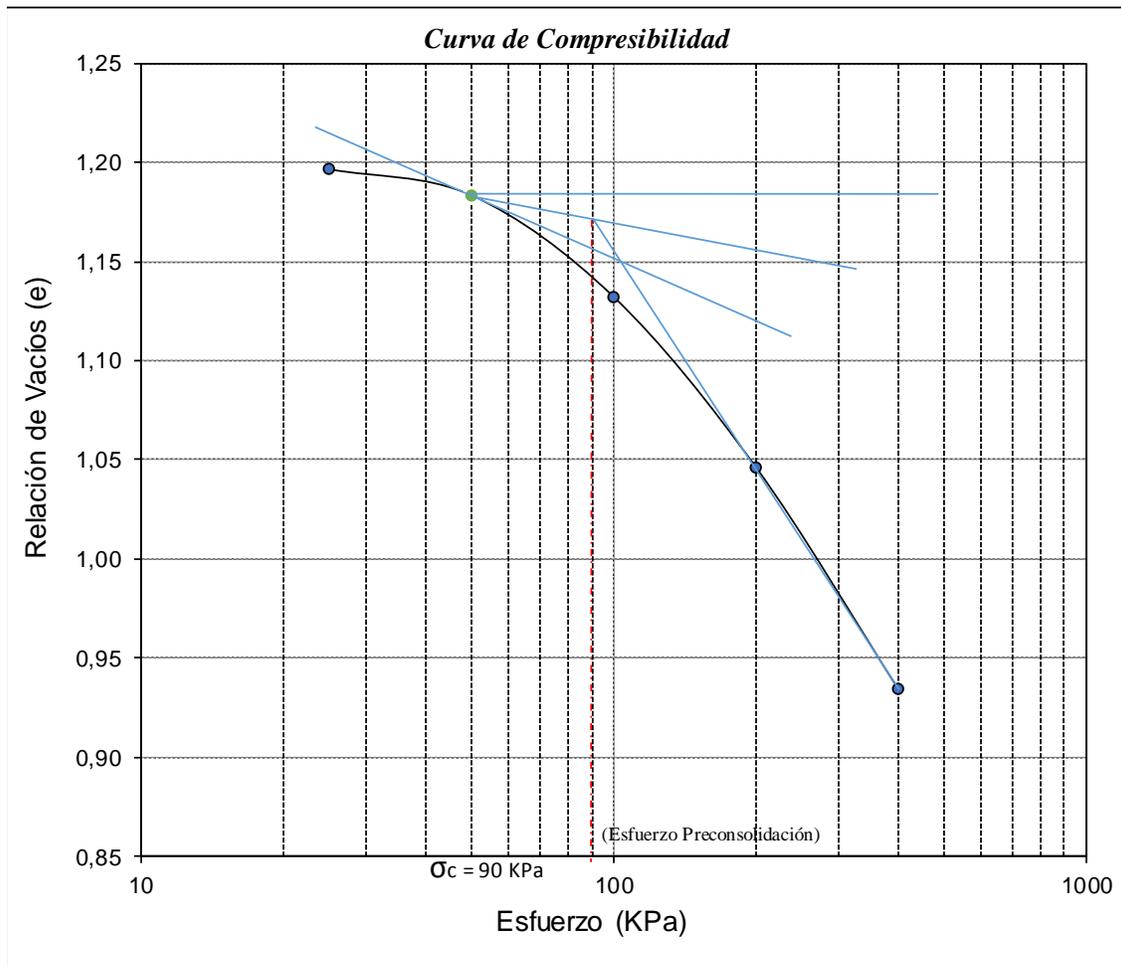
Fuente: Autores, 2019

Resultado 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>	
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13					
Localización:			El Dorado		
Descripción:			Formación Ígnea		
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	03-07 de Junio del 2019
Grado de saturación		Área muestra (cm ²)		19,63	
Inicial	55,75%	Volumen Muestra (cm ³)		39,27	
Final	100,00%	Peso Suelo Seco (Kg)		0,047	
		Humedad Final (%)		44%	
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra			Esfuerzo (KPa)	
	Kg	KN			
0,5	5	0,04905	25		
1	10	0,0981	50		
2	20	0,1962	100		
4	40	0,3924	200		
8	80	0,7848	400		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)		17,882			
Altura de Sólidos Hs (cm)		0,911			
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	
0	0	20,000	10,893	1,196	
25	0,000	20,000	10,893	1,196	
50	0,120	19,880	10,773	1,183	
100	0,585	19,415	10,308	1,132	
200	1,365	18,635	9,528	1,046	
400	2,380	17,620	8,513	0,935	
Relación de vacíos inicial (e ₀)		1,196		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	
Relación de vacíos final (e _f)		0,935		90	
0,42e ₀		0,502		Índice Compresión Cc	
		0,394			
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

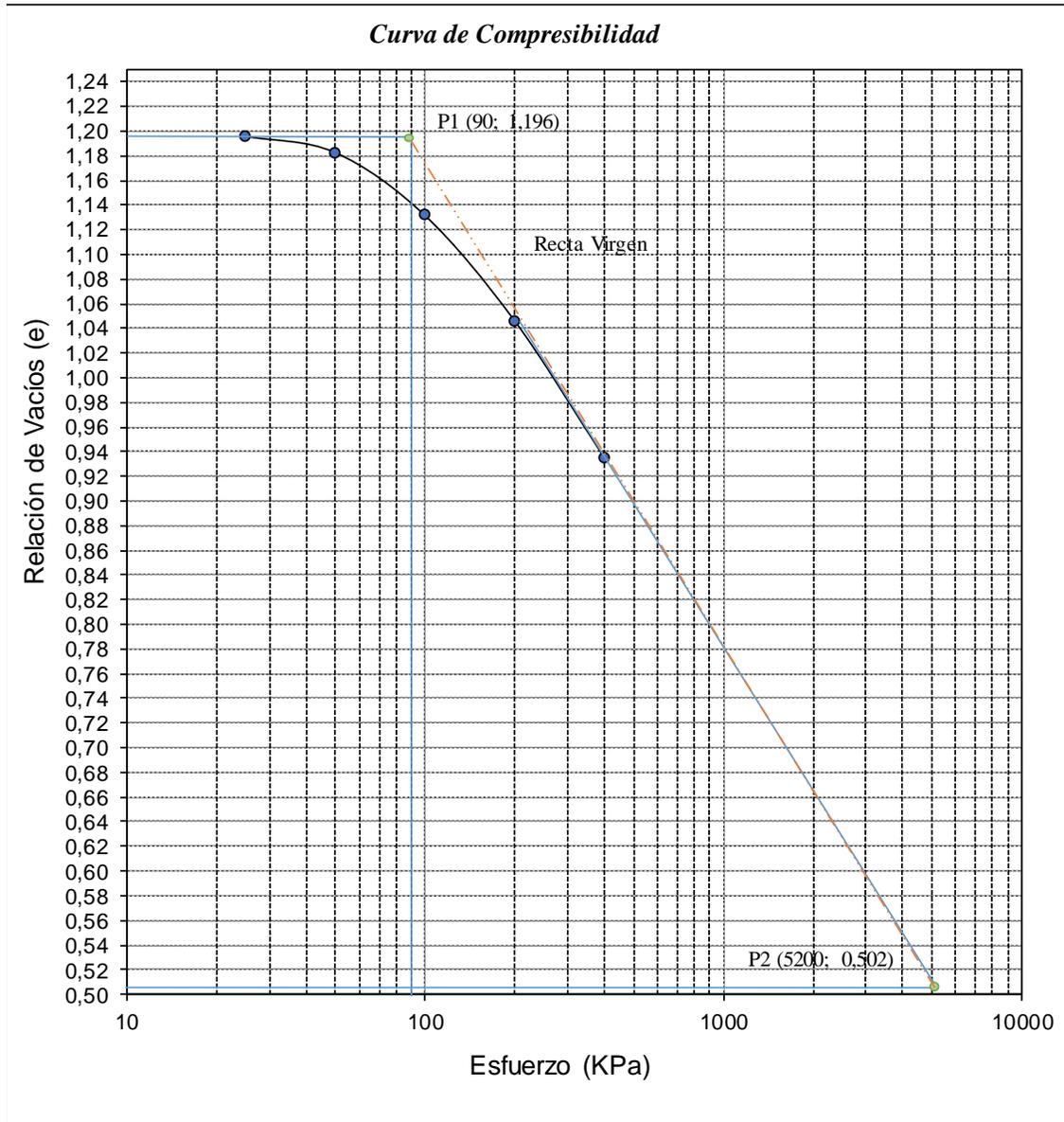
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 2.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 2.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:		El Dorado																											
Descripción:		Formación Ígnea																											
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:		03-07 de Junio del 2019																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">24</td> <td style="text-align: center;">181</td> <td style="text-align: center;">492</td> <td style="text-align: center;">879</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">35</td> <td style="text-align: center;">223</td> <td style="text-align: center;">550</td> <td style="text-align: center;">966</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	24	181	492	879	86400	0	35	223	550	966			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	0	24	181	492	879																								
86400	0	35	223	550	966																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,20</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td style="text-align: center;">2,63</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td style="text-align: center;">25,06</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: center;">40,82</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: center;">29,79</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td style="text-align: center;">11,03</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,20	Gravedad específica	2,63	Humedad Natural (%)	25,06	Límite líquido (%)	40,82	Límite plástico (%)	29,79	Índice de plasticidad (%)	11,03
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,50																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,20																												
Gravedad específica	2,63																												
Humedad Natural (%)	25,06																												
Límite líquido (%)	40,82																												
Límite plástico (%)	29,79																												
Índice de plasticidad (%)	11,03																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td style="text-align: center;">41,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td style="text-align: center;">102,70</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td style="text-align: center;">83,88</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	41,27	Peso Tara + Muestra	102,70	Peso Tara + Muestra Seca	83,88																				
Humedad Final																													
Peso Tara	41,27																												
Peso Tara + Muestra	102,70																												
Peso Tara + Muestra Seca	83,88																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																											
Ocaña - Colombia																													

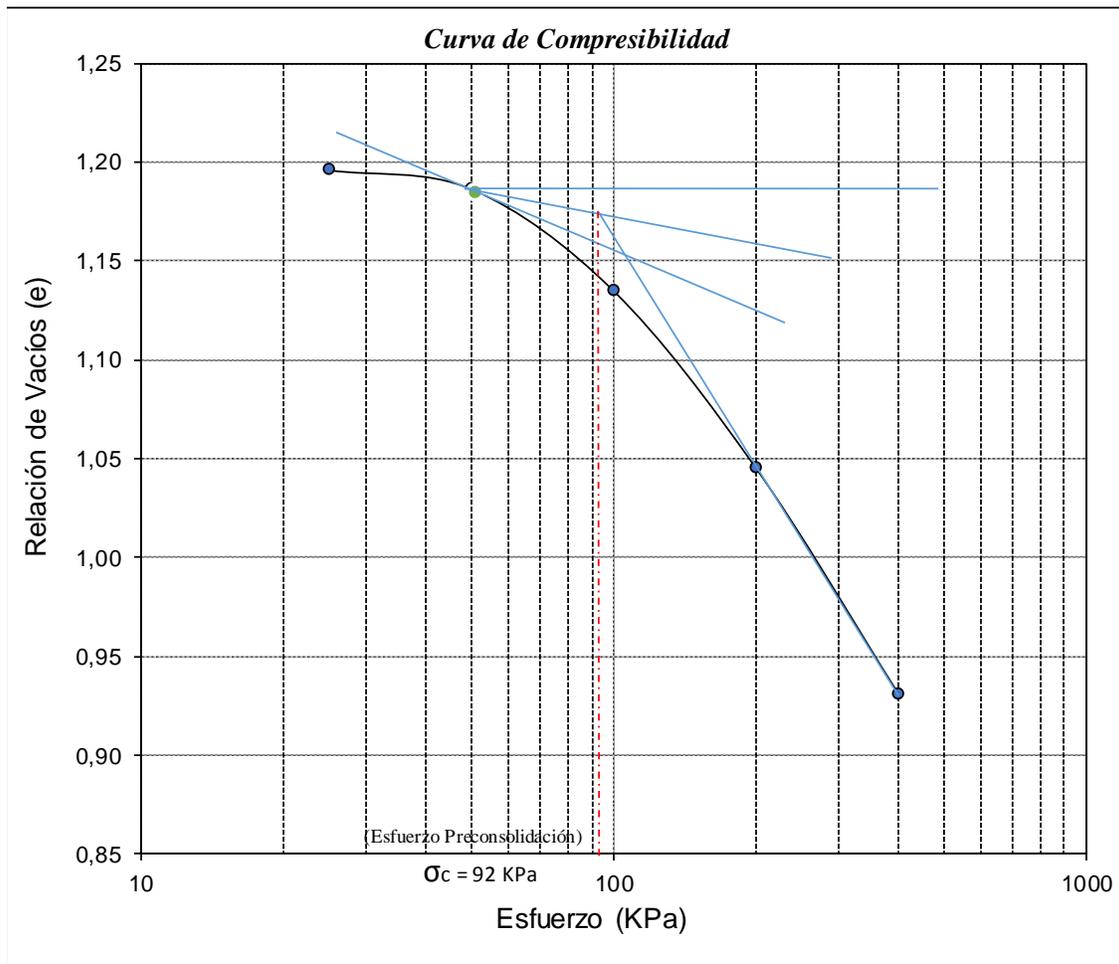
Fuente: Autores, 2019

Resultado 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:			El Dorado																																					
Descripción:			Formación Ígnea																																					
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	03-07 de Junio del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>55,75%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	55,75%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>44%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,047	Humedad Final (%)	44%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	55,75%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,047																																							
Humedad Final (%)	44%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>17,882</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,911</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,882	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,911																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	17,882																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,911																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,893</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>10,893</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,088</td> <td>19,913</td> <td>10,805</td> <td>1,186</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,558</td> <td>19,443</td> <td>10,335</td> <td>1,135</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,375</td> <td>18,625</td> <td>9,518</td> <td>1,045</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,415</td> <td>17,585</td> <td>8,478</td> <td>0,931</td> </tr> </tbody> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,893	1,196	25	0,000	20,000	10,893	1,196	50	0,088	19,913	10,805	1,186	100	0,558	19,443	10,335	1,135	200	1,375	18,625	9,518	1,045	400	2,415	17,585	8,478	0,931
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	10,893	1,196																																				
25	0,000	20,000	10,893	1,196																																				
50	0,088	19,913	10,805	1,186																																				
100	0,558	19,443	10,335	1,135																																				
200	1,375	18,625	9,518	1,045																																				
400	2,415	17,585	8,478	0,931																																				
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,196</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,931</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,502</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,196	Relación de vacíos final (e _f)	0,931	0,42e ₀	0,502	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,396</td> </tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	92	Índice Compresión Cc	0,396																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,196																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,931																																							
0,42e ₀	0,502																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	92																																							
Índice Compresión Cc	0,396																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

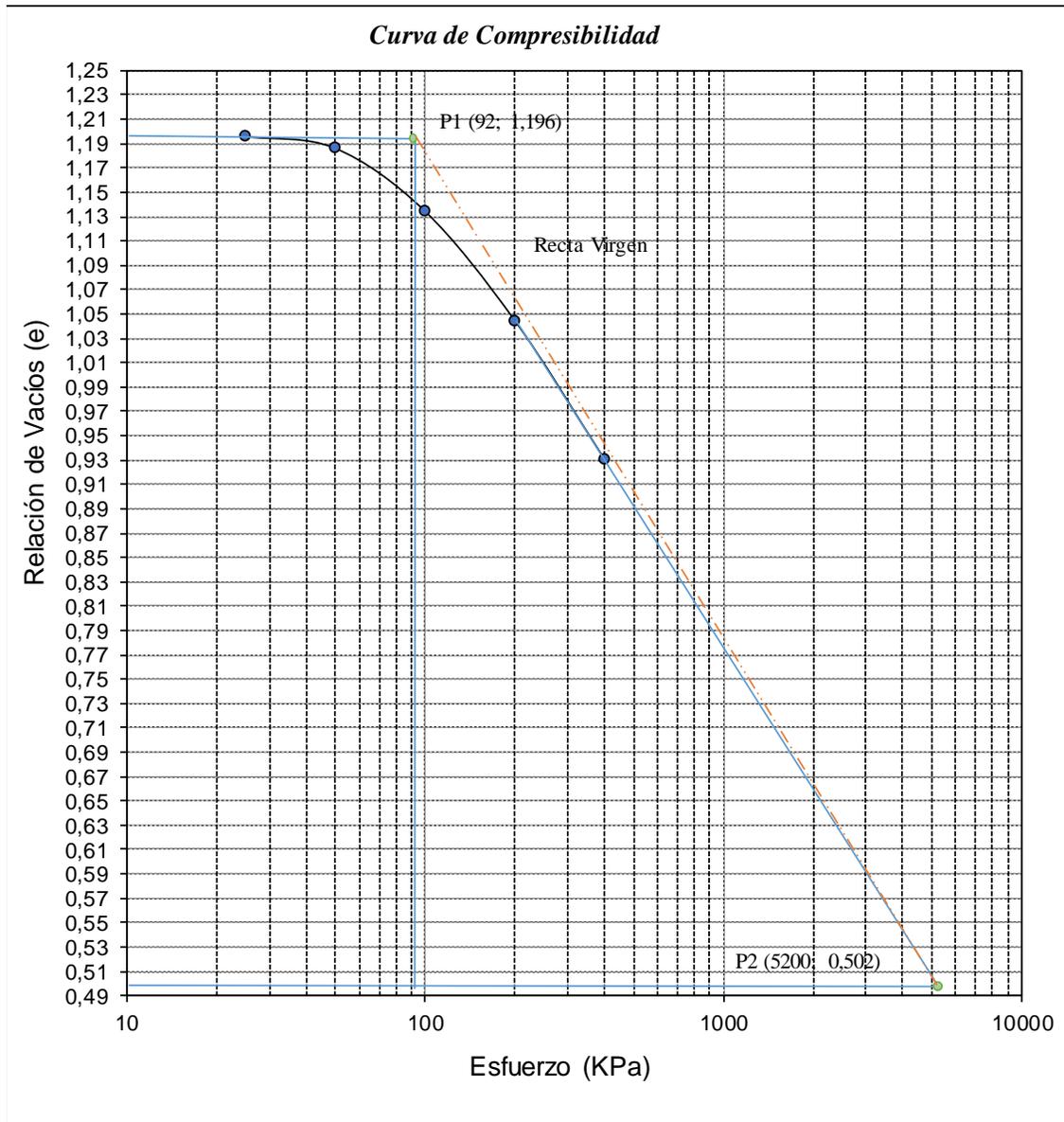
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 3.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 3.



Fuente: Autores, 2019

Sector 6: El Hatillo.

Lectura 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS																												
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																												
Localización:		El Hatillo																										
Descripción:		Formación Ígnea																										
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:		Inalterada																								
Fecha:		10-14 de Junio del 2019																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">63</td> <td style="text-align: center;">354</td> <td style="text-align: center;">728</td> <td style="text-align: center;">1118</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">127</td> <td style="text-align: center;">396</td> <td style="text-align: center;">769</td> <td style="text-align: center;">1185</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	63	354	728	1118	86400	0	127	396	769	1185
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																											
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																							
6	0	63	354	728	1118																							
86400	0	127	396	769	1185																							
Dimensiones de la muestra			Características del suelo																									
Diámetro (cm)		5		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)		1,51																						
Altura Ho (cm)		2		Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)		1,29																						
Área (cm ²)		19,63		Gravedad específica		2,65																						
Volumen (cm ³)		39,27		Humedad Natural (%)		16,63																						
Humedad Final																												
Peso Tara		76,59		Límite líquido (%)		37,82																						
Peso Tara + Muestra		133,90		Límite plástico (%)		27,80																						
Peso Tara + Muestra Seca		118,13		Índice de plasticidad (%)		10,02																						
Observaciones:																												

Recomendaciones:																												

Realizó:			Revisó																									
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																									
Ocaña - Colombia																												

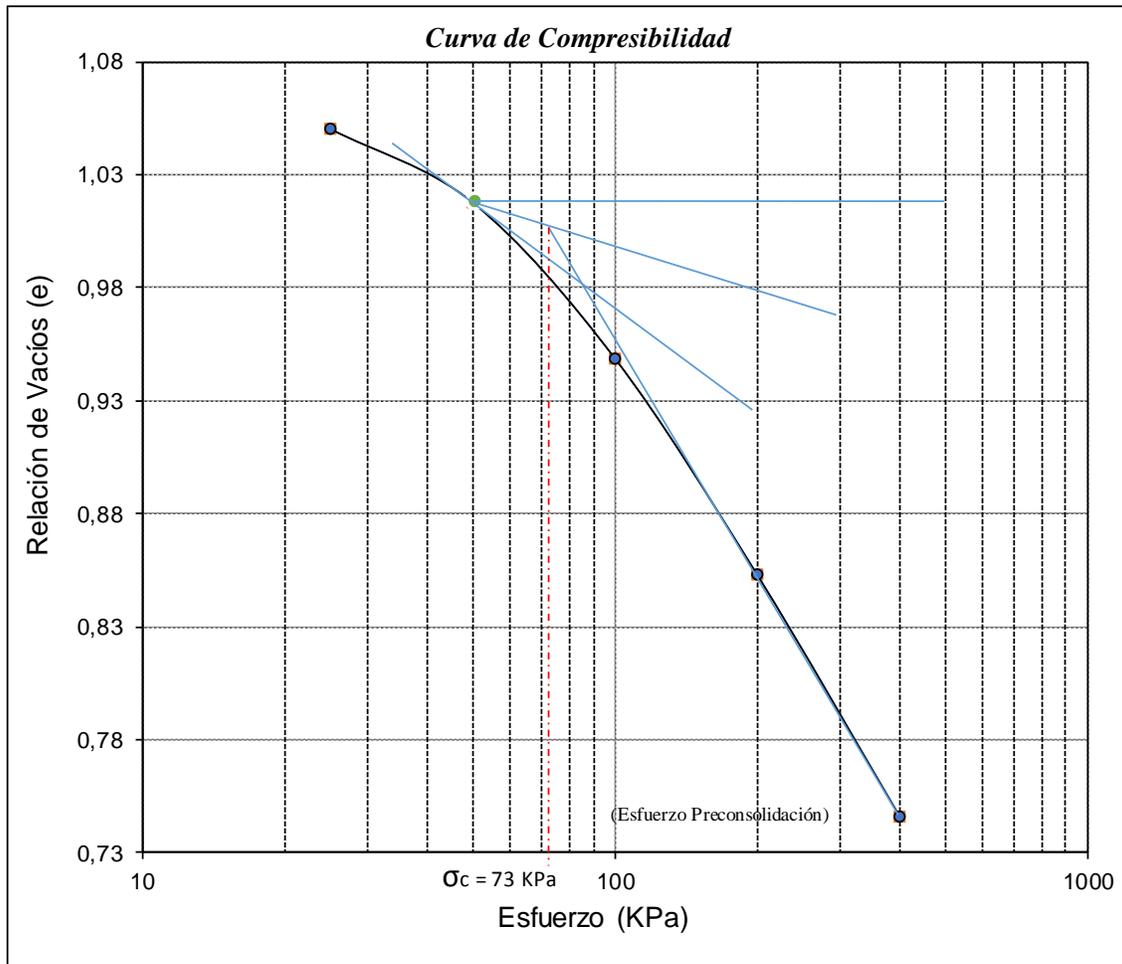
Fuente: Autores, 2019

Resultado 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																			
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																							
Localización:		El Hatillo																																					
Descripción:		Formación Ígnea																																					
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	10-14 de Junio del 2019																																		
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>41,47%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	41,47%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,051</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>38%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,051	Humedad Final (%)	38%																						
Grado de saturación																																							
Inicial	41,47%																																						
Final	100,00%																																						
Área muestra (cm ²)	19,63																																						
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																						
Peso Suelo Seco (Kg)	0,051																																						
Humedad Final (%)	38%																																						
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400												
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																				
	Kg	KN																																					
0,5	5	0,04905	25																																				
1	10	0,0981	50																																				
2	20	0,1962	100																																				
4	40	0,3924	200																																				
8	80	0,7848	400																																				
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>19,158</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,976</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	19,158	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,976																																		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	19,158																																						
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,976																																						
<table border="1"> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,243</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>10,243</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,318</td> <td>19,683</td> <td>9,925</td> <td>1,017</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,990</td> <td>19,010</td> <td>9,253</td> <td>0,948</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,923</td> <td>18,078</td> <td>8,320</td> <td>0,853</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,963</td> <td>17,038</td> <td>7,280</td> <td>0,746</td> </tr> </table>					Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,243	1,050	25	0,000	20,000	10,243	1,050	50	0,318	19,683	9,925	1,017	100	0,990	19,010	9,253	0,948	200	1,923	18,078	8,320	0,853	400	2,963	17,038	7,280	0,746
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																			
0	0	20,000	10,243	1,050																																			
25	0,000	20,000	10,243	1,050																																			
50	0,318	19,683	9,925	1,017																																			
100	0,990	19,010	9,253	0,948																																			
200	1,923	18,078	8,320	0,853																																			
400	2,963	17,038	7,280	0,746																																			
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,746</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,441</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,050	Relación de vacíos final (e _f)	0,746	0,42e ₀	0,441	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,371</td> </tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	73	Índice Compresión Cc	0,371																										
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,050																																						
Relación de vacíos final (e _f)	0,746																																						
0,42e ₀	0,441																																						
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	73																																						
Índice Compresión Cc	0,371																																						
<p style="text-align: center;">Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																																				
Ocaña - Colombia																																							

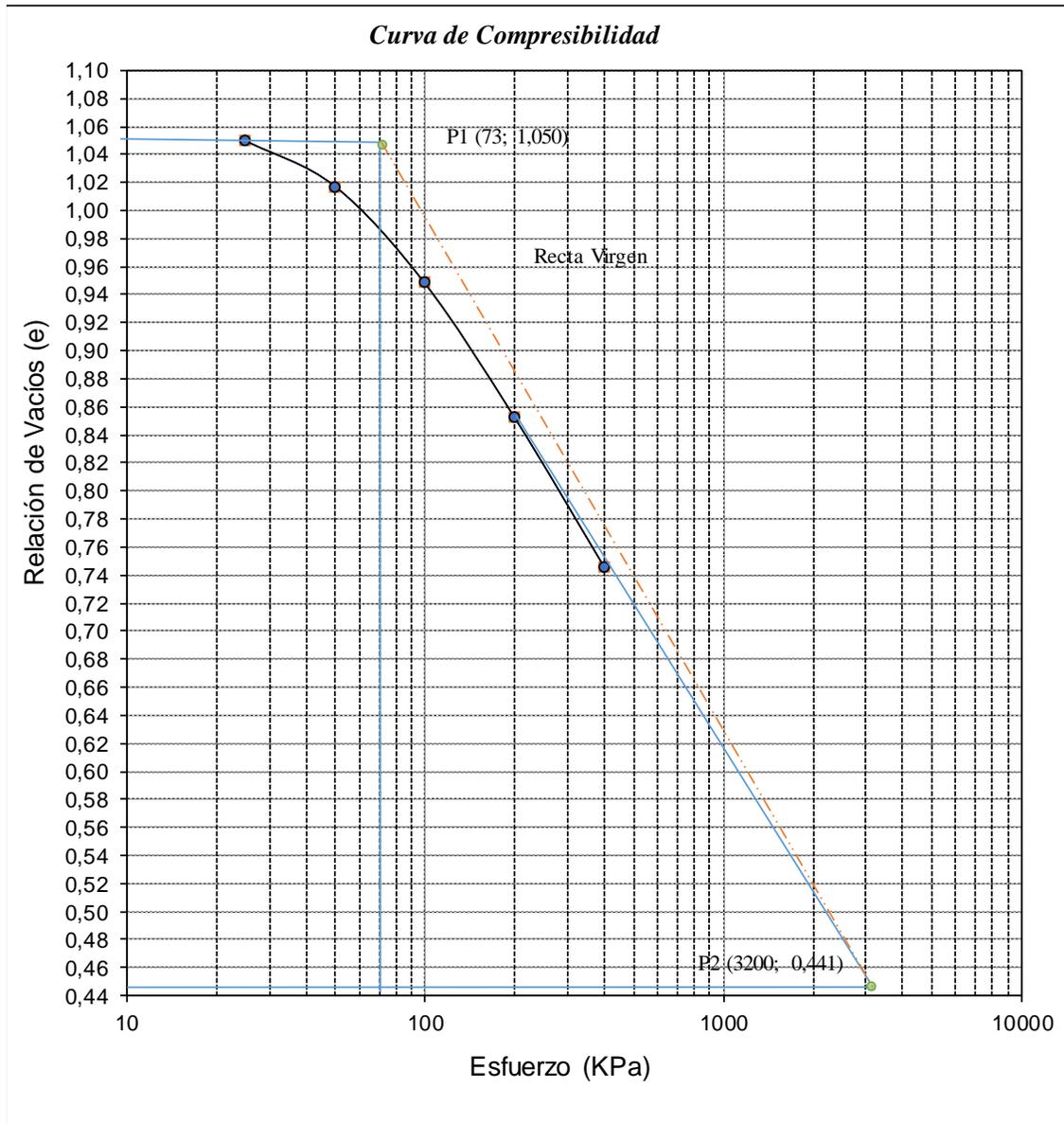
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 1.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 1.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																													
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:	El Hatillo																														
Descripción:	Formación Ígnea																														
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																												
Fecha:	10-14 de Junio del 2019																														
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>0</td> <td>75</td> <td>337</td> <td>731</td> <td>1101</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>0</td> <td>125</td> <td>392</td> <td>778</td> <td>1149</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	75	337	731	1101	86400	0	125	392	778	1149			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	0	75	337	731	1101																										
86400	0	125	392	778	1149																										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,51</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,29</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,65</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>16,63</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>37,82</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>27,80</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>10,02</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,51	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,29	Gravedad específica	2,65	Humedad Natural (%)	16,63	Límite líquido (%)	37,82	Límite plástico (%)	27,80	Índice de plasticidad (%)	10,02
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,51																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,29																														
Gravedad específica	2,65																														
Humedad Natural (%)	16,63																														
Límite líquido (%)	37,82																														
Límite plástico (%)	27,80																														
Índice de plasticidad (%)	10,02																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>78,92</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>135,20</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>119,28</td> </tr> </tbody> </table>			Humedad Final		Peso Tara	78,92	Peso Tara + Muestra	135,20	Peso Tara + Muestra Seca	119,28																					
Humedad Final																															
Peso Tara	78,92																														
Peso Tara + Muestra	135,20																														
Peso Tara + Muestra Seca	119,28																														
<p>Observaciones: _____ _____</p> <p>Recomendaciones: _____ _____</p>																															
<p style="text-align: center;">Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																												
Ocaña - Colombia																															

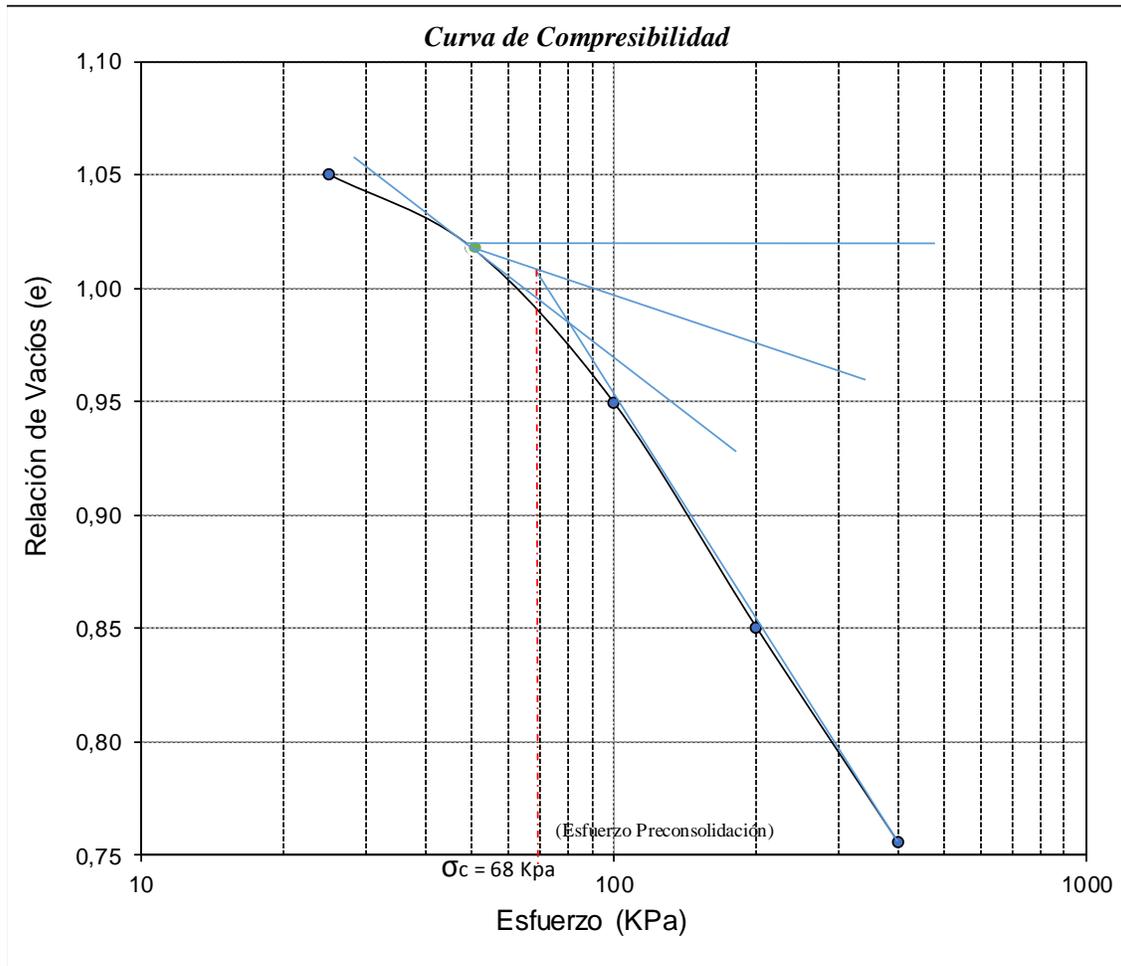
Fuente: Autores, 2019

Resultado 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Científica y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:		El Hatillo																																						
Descripción:		Formación Ígnea																																						
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	10-14 de Junio del 2019																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicial</td> <td>41,47%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </tbody> </table>		Grado de saturación		Inicial	41,47%	Final	100,00%	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,051</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>39%</td> </tr> </tbody> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,051	Humedad Final (%)	39%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	41,47%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,051																																							
Humedad Final (%)	39%																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>19,158</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,976</td> </tr> </tbody> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	19,158	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,976																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	19,158																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,976																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,243</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>10,243</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,313</td> <td>19,688</td> <td>9,930</td> <td>1,018</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,980</td> <td>19,020</td> <td>9,263</td> <td>0,949</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,945</td> <td>18,055</td> <td>8,298</td> <td>0,850</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,873</td> <td>17,128</td> <td>7,370</td> <td>0,755</td> </tr> </tbody> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,243	1,050	25	0,000	20,000	10,243	1,050	50	0,313	19,688	9,930	1,018	100	0,980	19,020	9,263	0,949	200	1,945	18,055	8,298	0,850	400	2,873	17,128	7,370	0,755
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	10,243	1,050																																				
25	0,000	20,000	10,243	1,050																																				
50	0,313	19,688	9,930	1,018																																				
100	0,980	19,020	9,263	0,949																																				
200	1,945	18,055	8,298	0,850																																				
400	2,873	17,128	7,370	0,755																																				
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,755</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,441</td> </tr> </tbody> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,050	Relación de vacíos final (e _f)	0,755	0,42e ₀	0,441	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,348</td> </tr> </tbody> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	68	Índice Compresión Cc	0,348																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,050																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,755																																							
0,42e ₀	0,441																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	68																																							
Índice Compresión Cc	0,348																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

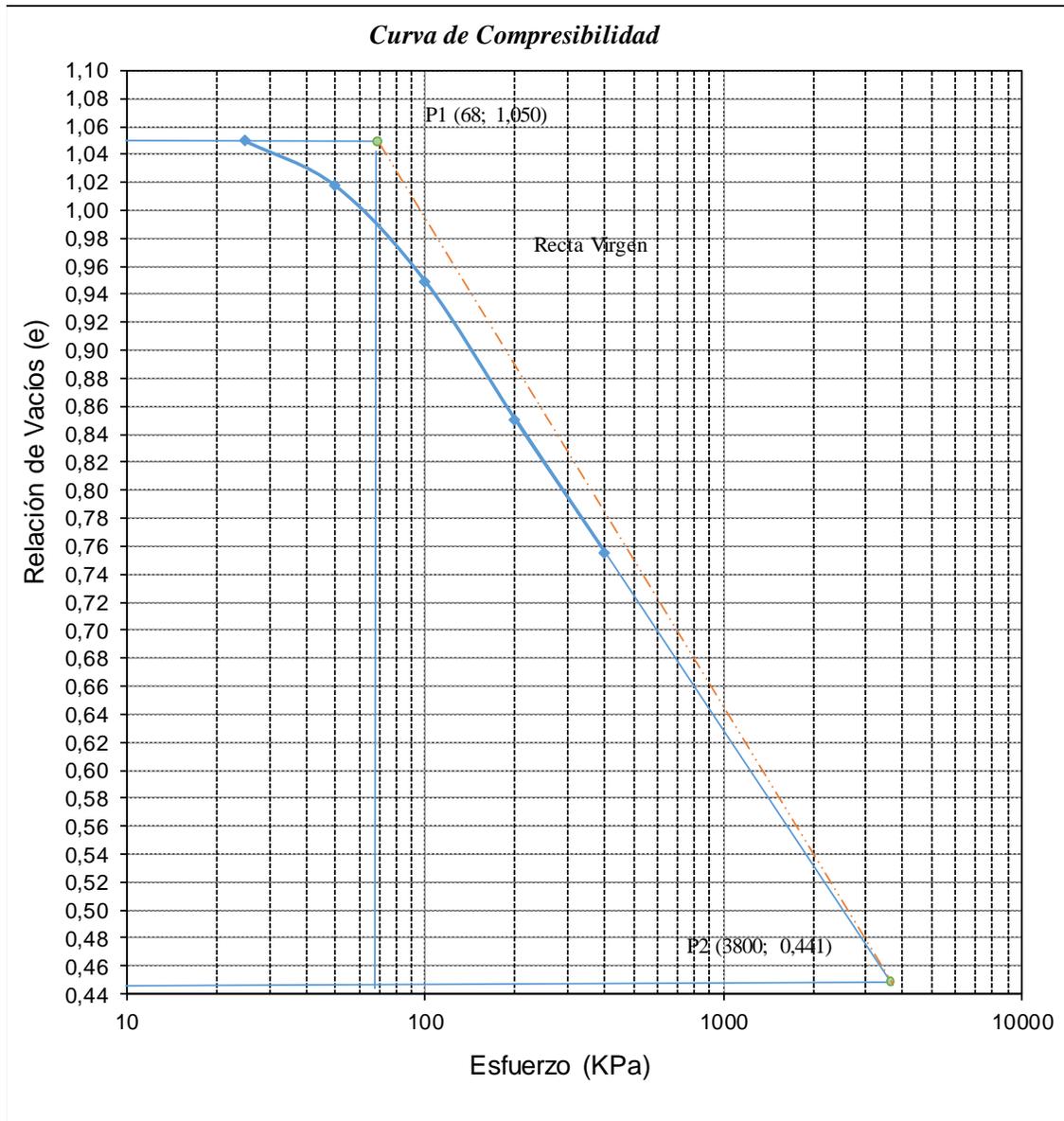
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 2.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 2.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																								
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																										
Localización:		El Hatillo																								
Descripción:		Formación Ígnea																								
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																							
Fecha:		10-14 de Junio del 2019																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">72</td> <td style="text-align: center;">342</td> <td style="text-align: center;">725</td> <td style="text-align: center;">1094</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">123</td> <td style="text-align: center;">403</td> <td style="text-align: center;">768</td> <td style="text-align: center;">1161</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	72	342	725	1094	86400	0	123	403	768	1161
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																									
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																					
6	0	72	342	725	1094																					
86400	0	123	403	768	1161																					
Dimensiones de la muestra		Características del suelo																								
Diámetro (cm)	5	Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,51																							
Altura Ho (cm)	2	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,29																							
Área (cm ²)	19,63	Gravedad específica	2,65																							
Volumen (cm ³)	39,27	Humedad Natural (%)	16,63																							
Humedad Final		Límite líquido (%)	37,82																							
Peso Tara	84,96	Límite plástico (%)	27,80																							
Peso Tara + Muestra	145,72	Índice de plasticidad (%)	10,02																							
Peso Tara + Muestra Seca	129,35																									
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																										
Realizó:		Revisó																								
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																								
Ocaña - Colombia																										

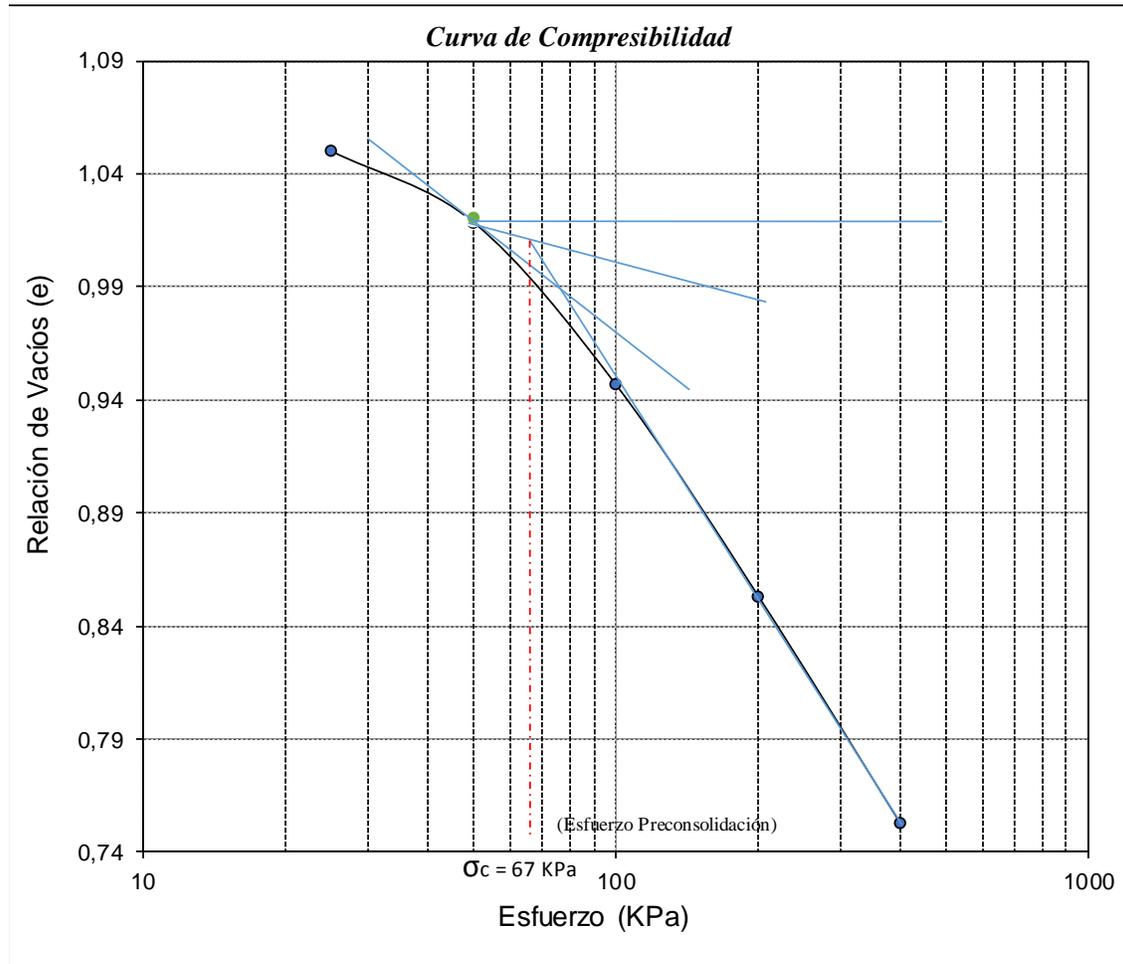
Fuente: Autores, 2019

Resultado 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:			El Hatillo																																					
Descripción:			Formación Ígnea																																					
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	10-14 de Junio del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>41,47%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	41,47%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,051</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>37%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,051	Humedad Final (%)	37%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	41,47%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,051																																							
Humedad Final (%)	37%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>19,158</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>0,976</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	19,158	Altura de Sólidos Hs (cm)	0,976																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	19,158																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	0,976																																							
<table border="1"> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>10,243</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>10,243</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,308</td> <td>19,693</td> <td>9,935</td> <td>1,018</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>1,008</td> <td>18,993</td> <td>9,235</td> <td>0,947</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,920</td> <td>18,080</td> <td>8,323</td> <td>0,853</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,903</td> <td>17,098</td> <td>7,340</td> <td>0,752</td> </tr> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	10,243	1,050	25	0,000	20,000	10,243	1,050	50	0,308	19,693	9,935	1,018	100	1,008	18,993	9,235	0,947	200	1,920	18,080	8,323	0,853	400	2,903	17,098	7,340	0,752
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	10,243	1,050																																				
25	0,000	20,000	10,243	1,050																																				
50	0,308	19,693	9,935	1,018																																				
100	1,008	18,993	9,235	0,947																																				
200	1,920	18,080	8,323	0,853																																				
400	2,903	17,098	7,340	0,752																																				
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,752</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,441</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,050	Relación de vacíos final (e _f)	0,752	0,42e ₀	0,441	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,348</td> </tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	68	Índice Compresión Cc	0,348																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	1,050																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,752																																							
0,42e ₀	0,441																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	68																																							
Índice Compresión Cc	0,348																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

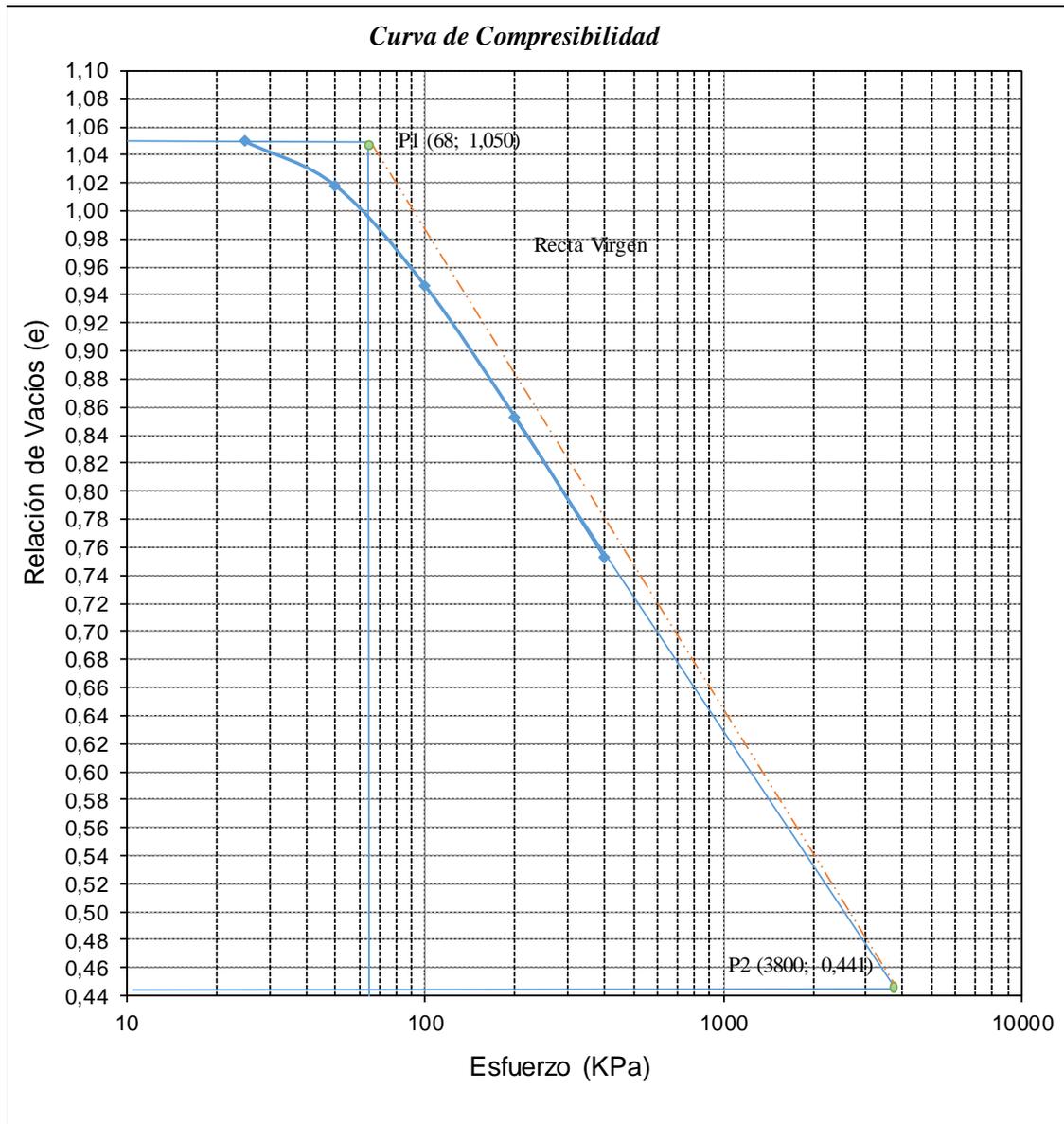
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 3.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 3.



Fuente: Autores, 2019

Sector 7: Líbano.

Lectura 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																													
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:	Líbano																														
Descripción:	Formación Ígnea																														
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																												
Fecha:	17-21 de Mayo del 2019																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">84</td> <td style="text-align: center;">383</td> <td style="text-align: center;">843</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">121</td> <td style="text-align: center;">448</td> <td style="text-align: center;">909</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	3	84	383	843	86400	0	6	121	448	909			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	0	3	84	383	843																										
86400	0	6	121	448	909																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,69</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,47</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td style="text-align: center;">2,62</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td style="text-align: center;">16,27</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: center;">32,15</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: center;">25,44</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td style="text-align: center;">6,71</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,69	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,47	Gravedad específica	2,62	Humedad Natural (%)	16,27	Límite líquido (%)	32,15	Límite plástico (%)	25,44	Índice de plasticidad (%)	6,71
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,69																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,47																														
Gravedad específica	2,62																														
Humedad Natural (%)	16,27																														
Límite líquido (%)	32,15																														
Límite plástico (%)	25,44																														
Índice de plasticidad (%)	6,71																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td style="text-align: center;">38,53</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td style="text-align: center;">83,61</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td style="text-align: center;">73,51</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	38,53	Peso Tara + Muestra	83,61	Peso Tara + Muestra Seca	73,51																						
Humedad Final																															
Peso Tara	38,53																														
Peso Tara + Muestra	83,61																														
Peso Tara + Muestra Seca	73,51																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																															
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc: Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																												
Ocaña - Colombia																															

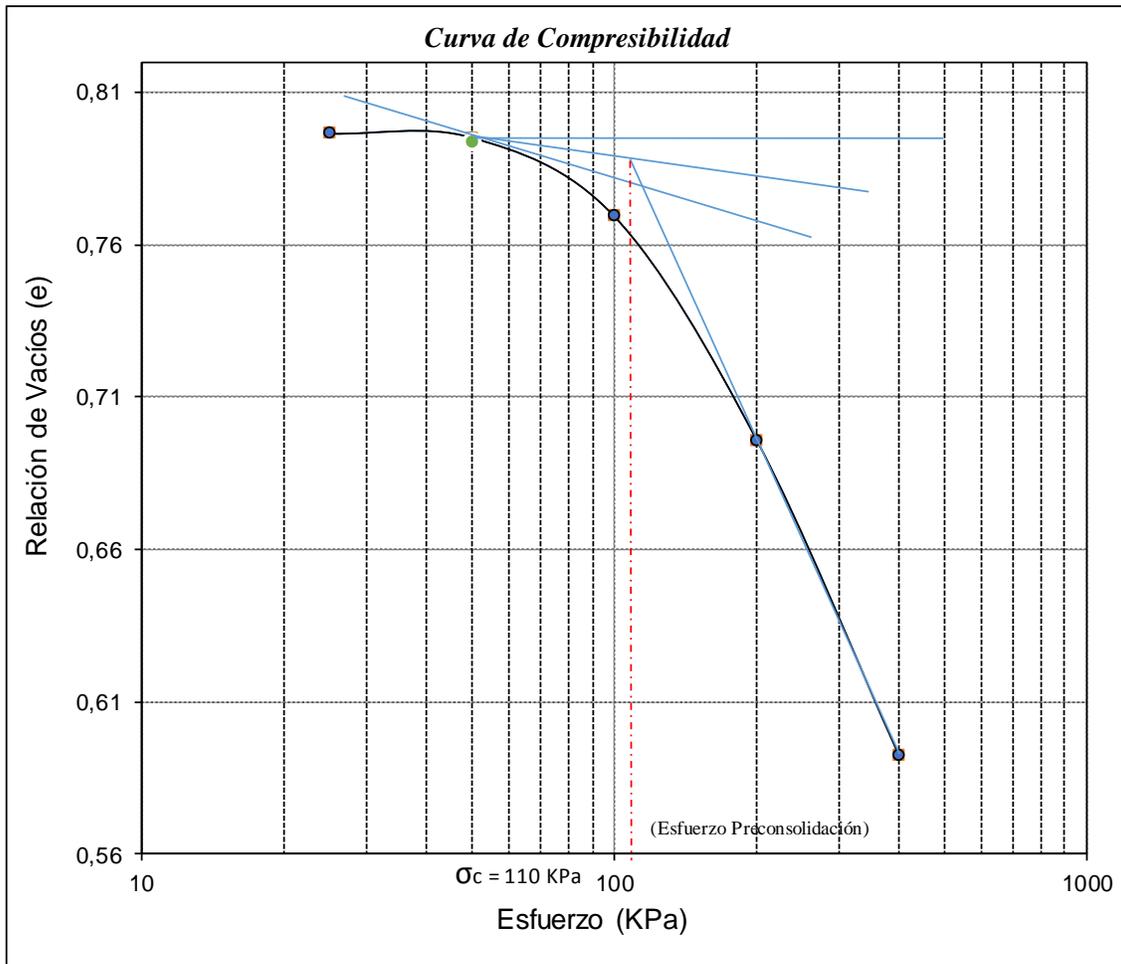
Fuente: Autores, 2019

Resultado 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																																				
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																																								
Localización:		Líbano																																						
Descripción:		Formación Ígnea																																						
Profundidad:	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	17-21 de Mayo del 2019																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>50,56%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	50,56%	Final	100,00%	<table border="1"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td>0,057</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td>29%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,057	Humedad Final (%)	29%																							
Grado de saturación																																								
Inicial	50,56%																																							
Final	100,00%																																							
Área muestra (cm ²)	19,63																																							
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																																							
Peso Suelo Seco (Kg)	0,057																																							
Humedad Final (%)	29%																																							
<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Carga Real (Kg)</th> <th colspan="2">Carga aplicada a la muestra</th> <th rowspan="2">Esfuerzo (KPa)</th> </tr> <tr> <th>Kg</th> <th>KN</th> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>0,04905</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>0,0981</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0,1962</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> <td>0,3924</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>80</td> <td>0,7848</td> <td>400</td> </tr> </table>		Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)	Kg	KN	0,5	5	0,04905	25	1	10	0,0981	50	2	20	0,1962	100	4	40	0,3924	200	8	80	0,7848	400													
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																																					
	Kg	KN																																						
0,5	5	0,04905	25																																					
1	10	0,0981	50																																					
2	20	0,1962	100																																					
4	40	0,3924	200																																					
8	80	0,7848	400																																					
<table border="1"> <tr> <td>Volumen de Sólidos Vs (cm³)</td> <td>21,858</td> </tr> <tr> <td>Altura de Sólidos Hs (cm)</td> <td>1,113</td> </tr> </table>		Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	21,858	Altura de Sólidos Hs (cm)	1,113																																			
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)	21,858																																							
Altura de Sólidos Hs (cm)	1,113																																							
<table border="1"> <tr> <th>Esfuerzo aplicado (KPa)</th> <th>Deformación Δ (mm)</th> <th>Altura de la muestra (mm)</th> <th>Altura de vacíos (mm)</th> <th>Relación de vacíos (e)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>20,000</td> <td>8,867</td> <td>0,797</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0,000</td> <td>20,000</td> <td>8,867</td> <td>0,797</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0,015</td> <td>19,985</td> <td>8,852</td> <td>0,795</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0,303</td> <td>19,698</td> <td>8,565</td> <td>0,769</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1,120</td> <td>18,880</td> <td>7,747</td> <td>0,696</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>2,273</td> <td>17,728</td> <td>6,595</td> <td>0,592</td> </tr> </table>						Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	0	0	20,000	8,867	0,797	25	0,000	20,000	8,867	0,797	50	0,015	19,985	8,852	0,795	100	0,303	19,698	8,565	0,769	200	1,120	18,880	7,747	0,696	400	2,273	17,728	6,595	0,592
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)																																				
0	0	20,000	8,867	0,797																																				
25	0,000	20,000	8,867	0,797																																				
50	0,015	19,985	8,852	0,795																																				
100	0,303	19,698	8,565	0,769																																				
200	1,120	18,880	7,747	0,696																																				
400	2,273	17,728	6,595	0,592																																				
<table border="1"> <tr> <td>Relación de vacíos inicial (e₀)</td> <td>0,797</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos final (e_f)</td> <td>0,592</td> </tr> <tr> <td>0,42e₀</td> <td>0,335</td> </tr> </table>		Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,797	Relación de vacíos final (e _f)	0,592	0,42e ₀	0,335	<table border="1"> <tr> <td>Esfuerzo preconsolidación (KPa)</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>Índice Compresión Cc</td> <td>0,341</td> </tr> </table>		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	110	Índice Compresión Cc	0,341																											
Relación de vacíos inicial (e ₀)	0,797																																							
Relación de vacíos final (e _f)	0,592																																							
0,42e ₀	0,335																																							
Esfuerzo preconsolidación (KPa)	110																																							
Índice Compresión Cc	0,341																																							
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			Revisó MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																																					
Ocaña - Colombia																																								

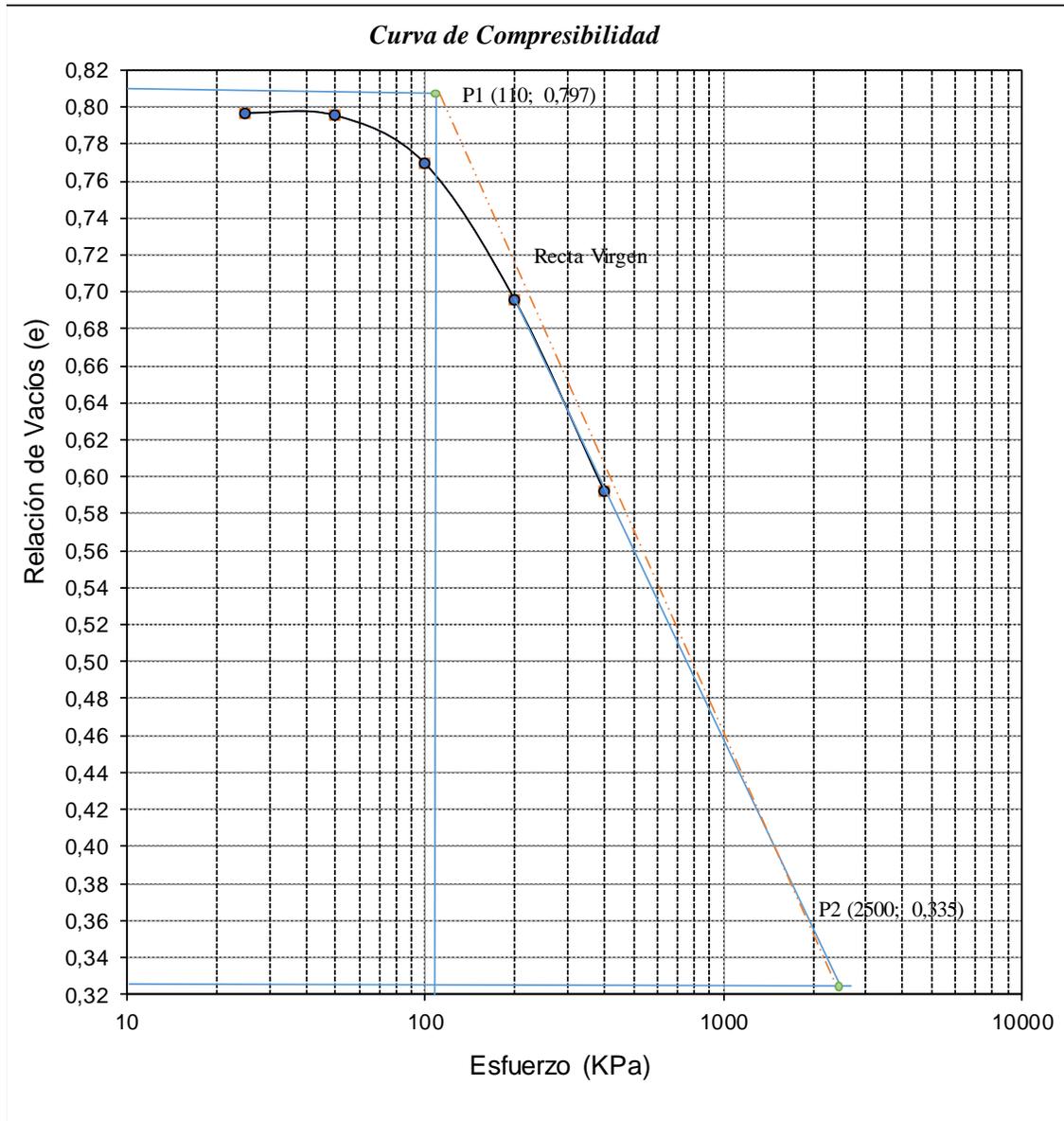
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 1.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 1.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS																															
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																															
Localización:	Líbano																														
Descripción:	Formación Ígnea																														
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																												
Fecha:	17-21 de Mayo del 2019																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>68</td> <td>344</td> <td>755</td> </tr> <tr> <td>86400</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>98</td> <td>397</td> <td>828</td> </tr> </tbody> </table>						Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	7	68	344	755	86400	0	10	98	397	828			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																														
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																										
6	0	7	68	344	755																										
86400	0	10	98	397	828																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td>19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td>39,27</td> </tr> </tbody> </table>			Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td>1,69</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td>1,47</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>2,62</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td>16,27</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>32,15</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>25,44</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>6,71</td> </tr> </tbody> </table>			Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,69	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,47	Gravedad específica	2,62	Humedad Natural (%)	16,27	Límite líquido (%)	32,15	Límite plástico (%)	25,44	Índice de plasticidad (%)	6,71
Dimensiones de la muestra																															
Diámetro (cm)	5																														
Altura Ho (cm)	2																														
Área (cm ²)	19,63																														
Volumen (cm ³)	39,27																														
Características del suelo																															
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,69																														
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,47																														
Gravedad específica	2,62																														
Humedad Natural (%)	16,27																														
Límite líquido (%)	32,15																														
Límite plástico (%)	25,44																														
Índice de plasticidad (%)	6,71																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td>32,62</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td>85,05</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td>72,97</td> </tr> </tbody> </table>			Humedad Final		Peso Tara	32,62	Peso Tara + Muestra	85,05	Peso Tara + Muestra Seca	72,97																					
Humedad Final																															
Peso Tara	32,62																														
Peso Tara + Muestra	85,05																														
Peso Tara + Muestra Seca	72,97																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>																															
<p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																															
<p style="text-align: center;">Realizó:</p> <p style="text-align: center;">Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero</p>			<p style="text-align: center;">Revisó</p> <p style="text-align: center;">MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil</p>																												
Ocaña - Colombia																															

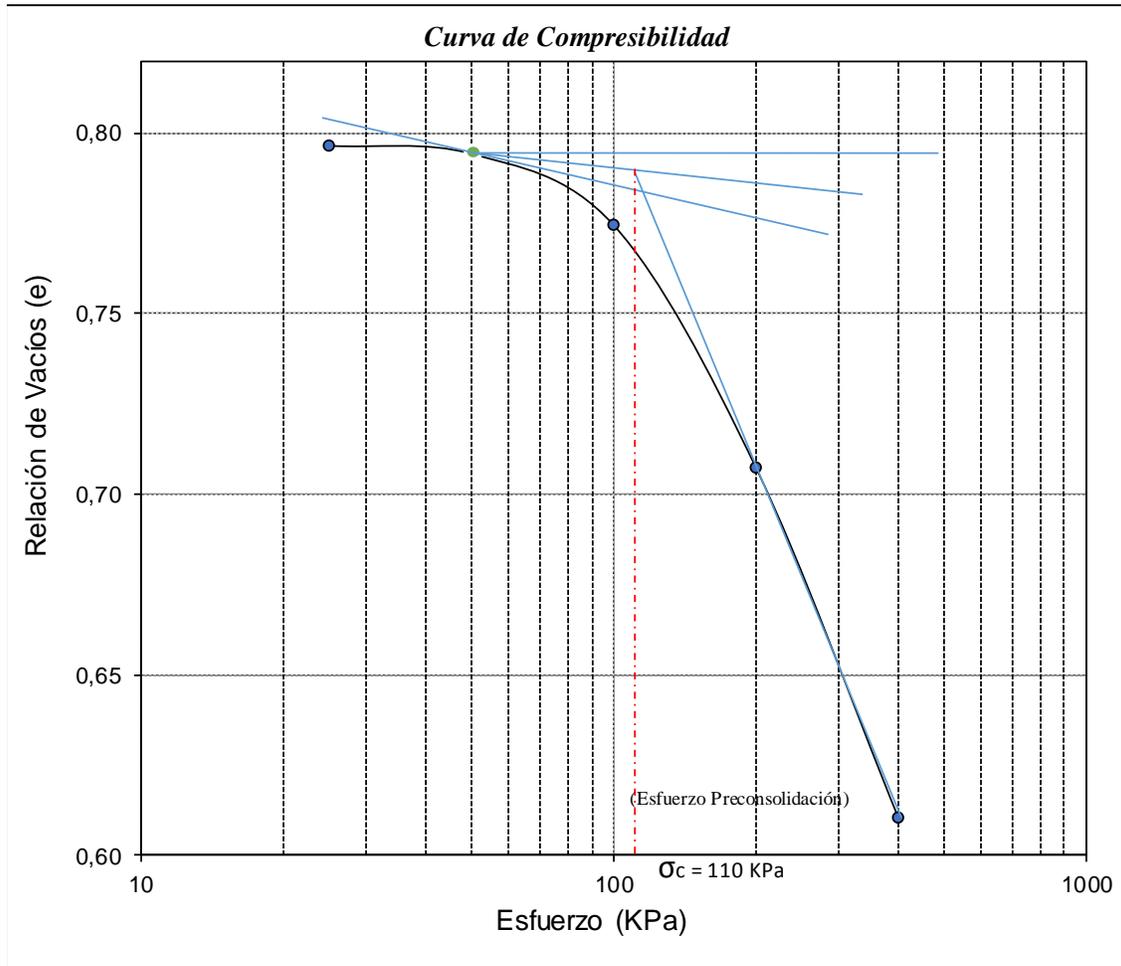
Fuente: Autores, 2019

Resultado 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>	
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13					
Localización:			Líbano		
Descripción:			Formación Ígnea		
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	17-21 de Mayo del 2019
Grado de saturación		Área muestra (cm ²)		19,63	
Inicial	50,56%	Volumen Muestra (cm ³)		39,27	
Final	100,00%	Peso Suelo Seco (Kg)		0,057	
		Humedad Final (%)		30%	
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)		
	Kg	KN			
0,5	5	0,04905	25		
1	10	0,0981	50		
2	20	0,1962	100		
4	40	0,3924	200		
8	80	0,7848	400		
Volumen de Sólidos Vs (cm ³)		21,858			
Altura de Sólidos Hs (cm)		1,113			
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)	
0	0	20,000	8,867	0,797	
25	0,000	20,000	8,867	0,797	
50	0,025	19,975	8,842	0,794	
100	0,245	19,755	8,622	0,775	
200	0,993	19,008	7,875	0,707	
400	2,070	17,930	6,797	0,611	
Relación de vacíos inicial (e ₀)		0,797		Esfuerzo preconsolidación (KPa)	
Relación de vacíos final (e _f)		0,611		110	
0,42e ₀		0,335		Índice Compresión Cc	
				0,332	
Realizó:			Revisó		
Luis Miguel Duarte Vergara			MSc. Romel J. Gallardo Amaya		
Hugo Andrés Álvarez Quintero			Ingeniero Civil		
Ocaña - Colombia					

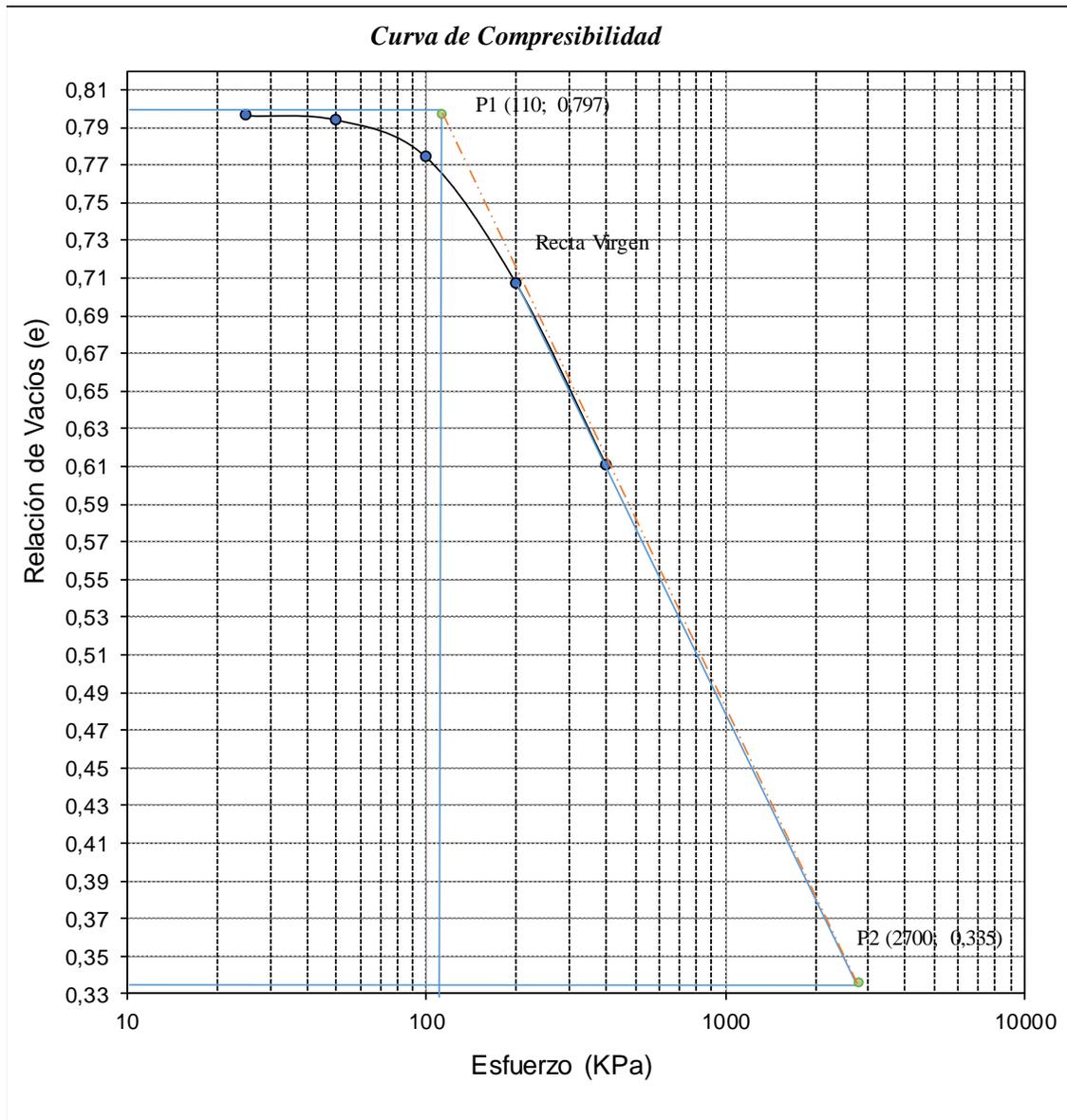
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 2.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 2.



Fuente: Autores, 2019

Lectura 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>																											
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																													
Localización:		Libano																											
Descripción:		Formación Ígnea																											
Profundidad (m):	1	Tipo de muestra:	Inalterada																										
Fecha:		17-21 de Mayo del 2019																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (seg)</th> <th colspan="5">Lecturas del Dial</th> </tr> <tr> <th>0,5 kg</th> <th>1 kg</th> <th>2 kg</th> <th>4 kg</th> <th>8 kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">75</td> <td style="text-align: center;">363</td> <td style="text-align: center;">803</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">86400</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">106</td> <td style="text-align: center;">426</td> <td style="text-align: center;">869</td> </tr> </tbody> </table>				Tiempo (seg)	Lecturas del Dial					0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg	6	0	5	75	363	803	86400	0	8	106	426	869			
Tiempo (seg)	Lecturas del Dial																												
	0,5 kg	1 kg	2 kg	4 kg	8 kg																								
6	0	5	75	363	803																								
86400	0	8	106	426	869																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones de la muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro (cm)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Altura Ho (cm)</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Área (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> </tbody> </table>		Dimensiones de la muestra		Diámetro (cm)	5	Altura Ho (cm)	2	Área (cm ²)	19,63	Volumen (cm ³)	39,27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Características del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Unitario Hum. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,69</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Seco. (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1,47</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td style="text-align: center;">2,62</td> </tr> <tr> <td>Humedad Natural (%)</td> <td style="text-align: center;">16,27</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: center;">32,15</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: center;">25,44</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td style="text-align: center;">6,71</td> </tr> </tbody> </table>		Características del suelo		Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,69	Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,47	Gravedad específica	2,62	Humedad Natural (%)	16,27	Límite líquido (%)	32,15	Límite plástico (%)	25,44	Índice de plasticidad (%)	6,71
Dimensiones de la muestra																													
Diámetro (cm)	5																												
Altura Ho (cm)	2																												
Área (cm ²)	19,63																												
Volumen (cm ³)	39,27																												
Características del suelo																													
Peso Unitario Hum. (gr/cm ³)	1,69																												
Peso Unitario Seco. (gr/cm ³)	1,47																												
Gravedad específica	2,62																												
Humedad Natural (%)	16,27																												
Límite líquido (%)	32,15																												
Límite plástico (%)	25,44																												
Índice de plasticidad (%)	6,71																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Humedad Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Tara</td> <td style="text-align: center;">37,98</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra</td> <td style="text-align: center;">83,62</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara + Muestra Seca</td> <td style="text-align: center;">73,51</td> </tr> </tbody> </table>		Humedad Final		Peso Tara	37,98	Peso Tara + Muestra	83,62	Peso Tara + Muestra Seca	73,51																				
Humedad Final																													
Peso Tara	37,98																												
Peso Tara + Muestra	83,62																												
Peso Tara + Muestra Seca	73,51																												
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>Recomendaciones: _____</p> <p>_____</p>																													
Realizó: Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero		Revisó MSc: Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																											
Ocaña - Colombia																													

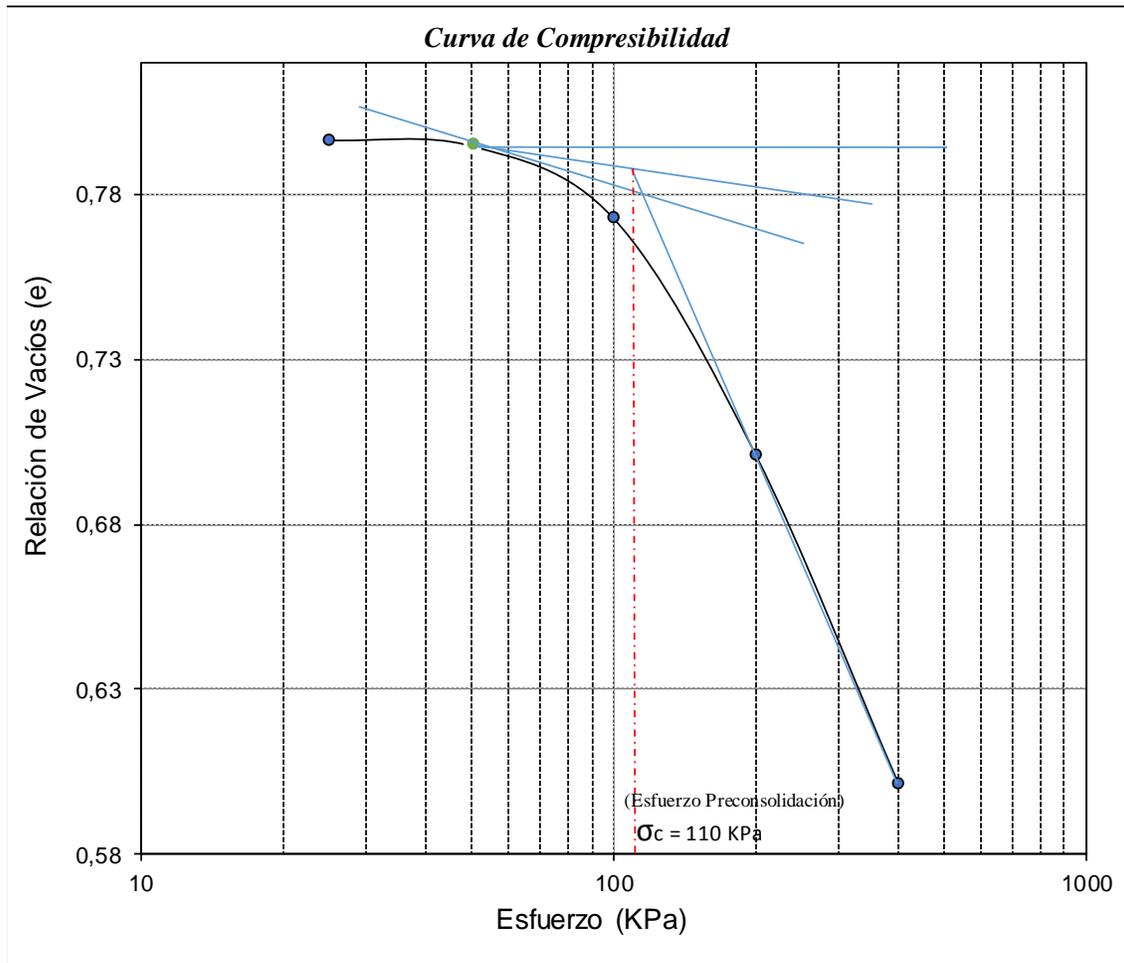
Fuente: Autores, 2019

Resultado 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS				 GIGMA <small>Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente</small>															
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS I.N.V. E - 151-13																			
Localización:			Líbano																
Descripción:			Formación Ígnea																
Profundidad	1	Tipo de Muestra:	Inalterada	Fecha:	17-21 de Mayo del 2019														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Grado de saturación</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td style="text-align: center;">50,56%</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td style="text-align: center;">100,00%</td> </tr> </table>		Grado de saturación		Inicial	50,56%	Final	100,00%	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Área muestra (cm²)</td> <td style="text-align: center;">19,63</td> </tr> <tr> <td>Volumen Muestra (cm³)</td> <td style="text-align: center;">39,27</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco (Kg)</td> <td style="text-align: center;">0,057</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (%)</td> <td style="text-align: center;">28%</td> </tr> </table>		Área muestra (cm ²)	19,63	Volumen Muestra (cm ³)	39,27	Peso Suelo Seco (Kg)	0,057	Humedad Final (%)	28%		
Grado de saturación																			
Inicial	50,56%																		
Final	100,00%																		
Área muestra (cm ²)	19,63																		
Volumen Muestra (cm ³)	39,27																		
Peso Suelo Seco (Kg)	0,057																		
Humedad Final (%)	28%																		
Carga Real (Kg)	Carga aplicada a la muestra		Esfuerzo (KPa)																
	Kg	KN																	
0,5	5	0,04905	25																
1	10	0,0981	50																
2	20	0,1962	100																
4	40	0,3924	200																
8	80	0,7848	400																
Volumen de Sólidos Vs (cm³)		21,858																	
Altura de Sólidos Hs (cm)		1,113																	
Esfuerzo aplicado (KPa)	Deformación Δ (mm)	Altura de la muestra (mm)	Altura de vacíos (mm)	Relación de vacíos (e)															
0	0	20,000	8,867	0,797															
25	0,000	20,000	8,867	0,797															
50	0,020	19,980	8,847	0,795															
100	0,265	19,735	8,602	0,773															
200	1,065	18,935	7,802	0,701															
400	2,173	17,828	6,695	0,601															
Relación de vacíos inicial (e₀)		0,797		Esfuerzo preconsolidación (KPa)															
Relación de vacíos final (e_f)		0,601		110															
0,42e₀		0,335		Índice Compresión Cc															
				0,341															
Realizó:			Revisó																
Luis Miguel Duarte Vergara Hugo Andrés Álvarez Quintero			MSc. Romel J. Gallardo Amaya Ingeniero Civil																
Ocaña - Colombia																			

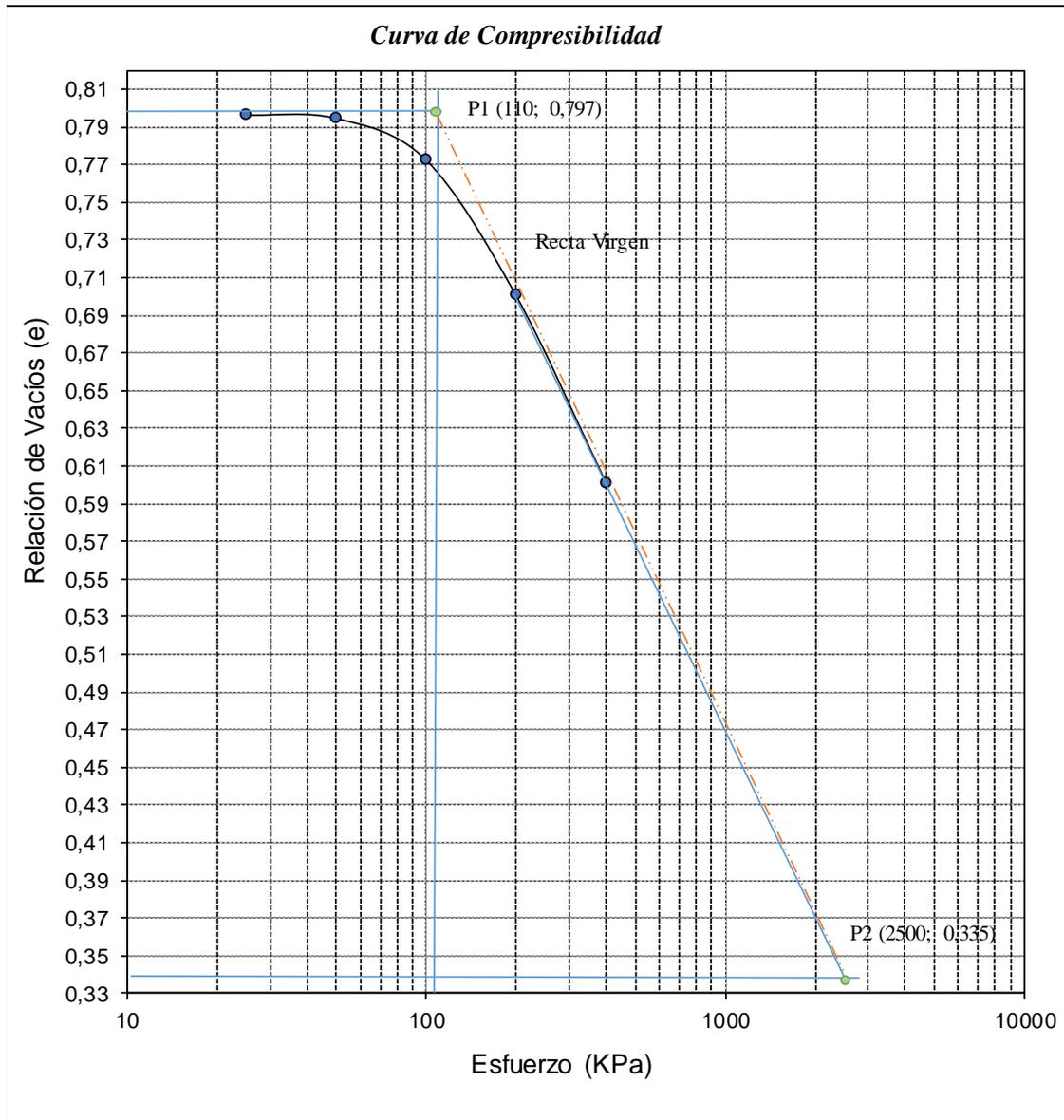
Fuente: Autores, 2019

Esfuerzo de preconsolidación 3.



Fuente: Autores, 2019

Índice de compresión 3.



Fuente: Autores, 2019

Apéndice H. Coordenadas de puntos de toma de muestras de suelo.

Sectores	Coordenadas		Altitud (msnm)
	Latitud	Longitud	
Los Sauces	8.263.943	73.372.583	1.190
Vía Buena Vista	8.220.824	73.338.770	1.278
Travesías	8.238.828	73.345.855	1.267
Filipote	8.262.370	73.352.471	1.165
El Dorado	8.253.528	73.356.048	1.191
El Hatillo	8.250.069	73.340.949	1.208
Líbano	8.284.063	73.365.982	1.140