

**PROPUESTA DE GUÍA PARA EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN
COLOMBIA**

MALAGÓN ÁLVAREZ ARIEL ALFONSO

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2016**

**PROPUESTA DE GUÍA PARA EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN
COLOMBIA**

MALAGÓN ÁLVAREZ ARIEL ALFONSO

**TRABAJO DE GRADO COMO OPCIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR DISCIPLINAR: ING. EDGAR ALEXANDER PADILLA

ASESOR METODOLOGICO: LIC. LAURA MILENA CALA

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2016**

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. PREGUNTA PROBLEMA	10
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	12
3.1. OBJETIVO GENERAL	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4. ANTECEDENTES	13
5. MARCO REFERENCIAL	16
5.1. MARCO CONCEPTUAL	16
5.1.1. Pruebas de laboratorio	16
5.1.2. Granulometría	17
5.1.3. Determinación de límites	17
5.1.4. Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y del llenante mineral	17
5.1.5. Permeabilidad	18
5.1.6. Humedad natural	18
5.1.7. Peso unitario	18
5.1.8. Consolidación	19
5.1.9. Compresión incofinada	19
5.1.10. Corte directo	20

5.1.11.	CBR	20
5.1.12.	Proctor Modificado	21
5.2.	MARCO LEGAL	23
6.	DISEÑO METODOLÓGICO	24
6.1.	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	24
6.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
6.3.	FASES	24
7.	RESULTADOS	26
7.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS CON MAYOR FRECUENCIA	26
7.2.	FORMATO GENERAL PARA LAS GUÍAS DE LABORATORIO	28
7.3.	CARTILLA DE LA PROPUESTA DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA	30
8.	CONCLUSIONES	31
9.	RECOMENDACIONES	32
	BIBLIOGRAFÍA	33
	ANEXO A	34

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Normas de los ensayos	23

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Caja para el ensayo de corte directo	20

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A	34

INTRODUCCIÓN

Las condiciones geológicas, topográficas y geomorfológicas son muy variadas a lo largo del territorio colombiano, provocando un gran reto para el desarrollo de los proyectos infraestructurales del país. Por ende al ingeniero civil le interesa saber las propiedades físico-mecánicas del suelo donde se pretende desarrollar algún proyecto.

Para poder determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos y rocas existentes en el amplio territorio colombiano, se han desarrollado procedimientos estandarizados con el fin de garantizar una veracidad en los resultados obtenidos durante los ensayos de laboratorio. Para el desarrollo de las prácticas de laboratorio se usan las normas estandarizadas para Colombia que son las INVIAS en su última actualización del 2013.

Durante los estudios de un ingeniero civil se realizan diversos laboratorios incluido el laboratorio de suelos, que tiene finalidad acercar al estudiante a la vida real y por tal motivo los ensayos se realizan bajo la normatividad pertinente y con ayuda de un manual de laboratorio que guía al estudiante para realizar adecuadamente cada laboratorio.

Con este trabajo se pretende realizar una propuesta para las guías de laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los proyectos de ingeniería civil, tanto para obras verticales u horizontales, es de gran importancia conocer las propiedades físico-mecánicas del suelo en el sitio del proyecto de manera acertada, por consiguiente se pueda disminuir la incertidumbre acerca de los valores de los rangos de los valores de las propiedades físico-mecánicas de los suelos al momento de diseñar y construir el proyecto.

Por tal motivo es indispensable realizar una exploración de los suelos para la toma de muestreo y posteriormente su traslado a un laboratorio para realizar los diferentes ensayos a las muestras del suelo, con el fin de determinar sus propiedades físico-mecánicas.

Para realizar los ensayos pertinentes a las muestras del suelo, se debe seguir una normatividad de cada uno de los ensayos, ya sea de clasificación, humedad, compresión inconfiada, entre otros. Estas normas tienen la finalidad de estandarizar los procesos de los ensayos para reducir la incertidumbre de los resultados, y así poder dar soluciones ingenieriles.

Durante la vida académica de un ingeniero civil tendrá que aprobar una serie de líneas académicas, que básicamente son: Hidrotecnia, Estructuras, Vías y transporte y Geotecnia. De tal manera que se hace indispensable que la universidad les brinde a sus estudiantes una serie de guías de laboratorio para cada una de las líneas. La línea de geotecnia cuenta con una gran cantidad de ensayos de laboratorios, puesto que permite determinar la calidad del suelo donde se desarrollara un proyecto civil, además permite dar soluciones constructivas dependiendo del suelo.

En consecuencia las prácticas de laboratorio deben tener un procedimiento y un formato de toma y entrega de resultados, para que el estudiante pueda realizar los

procedimientos de laboratorio bajo la norma que cobije el ensayo, dando como resultado ensayos de laboratorio académicos que se asemejen a la realidad que podrá encontrar en su vida laboral.

Actualmente para el desarrollo de las prácticas en laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia no se cuenta con guías de laboratorio que oriente al estudiante para realizar el adecuado procedimiento del ensayo, sin embargo el estudiante cuenta con las normas INVIAS 2013 las cuales no son de un fácil entendimiento, por supuesto se cuenta con el apoyo del laboratorista al momento de instruir acerca del procedimiento y precauciones que se debe tener.

1.1. PREGUNTA PROBLEMA

¿Cuál es el modelo de guía de laboratorio de suelos que se puede implementar en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia?

2. JUSTIFICACIÓN

Para una formación de calidad de un ingeniero civil es necesario que el estudiante realice prácticas de laboratorio, las cuales le permitirán no solo comprender de manera teórica los conceptos vistos en cada una de las áreas de la ingeniería, sino que de una manera más aplicada de comprender como funciona dicho concepto en la realidad, y de esta manera en su vida profesional tendrá más certeza de cómo, cuándo, porqué y para qué se deben realizar los estudios previos a un proyecto de ingeniería civil.

Dentro del programa académico de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia existen una serie de asignaturas que implican el desarrollo de prácticas de laboratorio complementarias a dichos espacios académicos que comprenden la línea de geotecnia.

Sin embargo, para el desarrollo del laboratorio de suelos no se cuenta con guías propias de laboratorio, con las cuales el estudiante podría desarrollar el ensayo de manera eficiente y correcta según la normatividad, de esta manera las prácticas de laboratorio podrán ser más aplicadas a la realidad.

Por esta razón es necesario elaborar las guías de laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería civil de la Universidad la Gran Colombia (en adelante UGC), así el estudiante podrá desarrollar la práctica de laboratorio de suelos de manera correcta, ya que es de gran importancia para su formación integral que le brinda la UGC.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer la guía de laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los ensayos de laboratorio de suelos que se realizan con mayor frecuencia en la Facultad de Ingeniería Civil de la UGC.
- Recopilar la información necesaria para la elaboración de las guías de laboratorio (normas, ensayos, procedimientos, cálculos y demás información indispensable)
- Elaborar las guías para los ensayos de laboratorio de suelos.

4. ANTECEDENTES

Al realizar una revisión de las guías de laboratorio de otras universidades en los programas de ingeniería civil, se logró identificar las implementadas por dos instituciones, la Universidad Católica de Colombia y la Universidad Militar Nueva Granada. A continuación se describirán dichas guías de laboratorio.

En la Universidad Católica de Colombia las guías de laboratorio fueron desarrolladas por el Sr. Joan Sebastián Suárez Valbuena para optar por el título de ingeniero civil en el año 2013, el trabajo de grado tiene como título “GUÍAS DE LABORATORIO DEL ÁREA DE SUELOS”¹, la propuesta del formato tiene la siguiente estructura:

- **Título**
- **Objetivos:** Se determina el objetivo del laboratorio que se va a realizar.
- **Equipos:** Se muestran por medio de ilustraciones o fotografías los equipos utilizados durante el desarrollo del laboratorio, además de dar una breve descripción de los equipos.
- **Procedimiento:** Se realiza una explicación de cada paso a seguir para el desarrollo de la práctica.
- **Bibliografía:** Se da unas referencias bibliográficas para que el estudiante pueda tener una ayuda extra en caso de la que necesite.
- **Formato de Toma de Datos, Cálculos, Resultados, Análisis de Resultados y Conclusiones:** en esta parte de las guías de laboratorio se da un formato para la toma de datos y se le da al estudiante una explicación de los cálculos que se deben realizar, en algunos de los laboratorios se le

¹SUÁREZ, Johan. Guías De Laboratorio del Área De Suelos [online]. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Texinfo 1ed. [Bogotá D.C] Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Laboratorio de suelos, 2013. [revisado 2 de marzo de 2016].Internet: http://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/1088/2/Guías_laboratorio_área_suelos.pdf.

facilitan tablas y gráficas para que se pueda desarrollar un análisis de los resultados más eficientes.

En la Universidad Militar Nueva Granada el señor Wilmar Andrés Botía Díaz, realizó un trabajo para optar el título de ingeniero civil en el año 2015, el trabajo tiene como título “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO”², las guías de laboratorio presentadas en el trabajo poseen la siguiente estructura:

- **Título**
- **Referencias:** Se da la referencia de la norma y/o libros que puedan ser útiles.
- **Generalidades:** Se realiza una introducción del laboratorio a realizar.
- **Objetivos:** se describen los objetivos a alcanzar con el desarrollo de la práctica en el laboratorio.
- **Equipo:** Se mencionan los equipos a utilizar y se realiza una breve descripción del mismo.
- **Otros factores:** Se nombran otros factores como temperatura, almacenamiento de las muestras y otras que puedan afectar el buen desarrollo de la práctica.
- **Procedimiento:** Se realiza una descripción de los pasos a seguir durante el desarrollo del ensayo.
- **Cálculos:** se le dan al estudiante las ecuaciones para realizar los diferentes cálculos, además en algunos laboratorios se le facilita tablas y/o gráficos que puedan ayudarlo.

²Botía, Wilmar. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO [online] Trabajo de grado Ingeniero Civil. Texinfo 1ed. [Bogotá D.C.]. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. [Revisado 2 de Marzo de 2016] Internet: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6239/1/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf>

- **Elementos de Protección Personal:** Se le da a conocer al estudiante los elementos de protección personal para que pueda ingresar al laboratorio a realizar la práctica.
- **Informe:** Es una guía de la forma como se debe presentar el informe final.
- **Formato de Toma de Datos:** se le facilita al estudiante un formato de la toma de datos para cada uno de los laboratorios.

En los dos formatos que se escogieron para analizar se evidencian similitudes en el formato utilizado, básicamente el formato consiste en ambos casos es el título, introducción, objetivos, marco teórico, procedimiento, cálculos, análisis de resultados y por último un formato de toma de datos durante la práctica.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO CONCEPTUAL

5.1.1. Pruebas de laboratorio Los laboratorios efectuados a muestras de suelo permiten caracterizar y clasificar los diversos suelos que podemos encontrar en los sitios donde se pretende realizar construcciones civiles y/u otras. Las pruebas de laboratorio están estandarizadas por una serie de normas predispuestas para garantizar que los resultados de los estudios tengan un menor rango de error en sus resultados entre diversos laboratorios. Para Colombia las normas estandarizadas son la “INVIAS” la última versión del 2013, además del seguimiento del procedimiento descrito en las normas se hace indispensable que los equipos de laboratorio se encuentren en óptimas condiciones y que el laboratorista cuente con una amplia experiencia en el campo.

Las muestras a utilizar durante los ensayos podrán ser alteradas o inalteradas según lo predisponga la normatividad: se conoce como muestras inalteradas aquellas que se extraen del terreno por métodos que permiten que se mantenga la estructura natural, aunque se llamen muestras inalteradas es muy probable que no se mantenga un 100% de su estructura original. Se consideran muestras alteradas aquellas muestras que son extraídas del terreno por métodos que no permiten que el suelo conserve su estructura original.

Según la el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el título H, numeral H.3.3.3.1 “Las propiedades básicas mínimas de los suelos a determinar con los ensayos de laboratorio son: peso unitario, humedad y clasificación completa para cada uno de los estratos o unidades estratigráficas y sus distintos niveles de meteorización. Igualmente debe determinarse como mínimo las propiedades de resistencia en cada uno de los materiales típicos

encontrados en el sitio mediante compresión simple o corte directo en suelos cohesivos, y corte directo o SPT en suelos granulares”³.

5.1.2. Granulometría Según la INV-E 123-13 “se refiere a la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo. La distribución de las partículas mayores de 75 μm (retenidas en el tamiz No. 200) se determina por tamizado, mientras que la distribución de los tamaños de las partículas menores de 75 μm se determina por un proceso de sedimentación empleando un hidrómetro”⁴

5.1.3. Determinación de límites Según la INV E 125-13 “Límites de Atterberg – Originalmente, Albert Atterberg definió seis “límites de consistencia” para los suelos finos: el límite superior del flujo viscoso, el límite líquido, el límite de pegajosidad, el límite de cohesión, el límite plástico y el límite de contracción. En el uso actual de la ingeniería el término se aplica solamente a los límites líquido y plástico y, en algunas referencias, también al límite de contracción. Los límites líquido y plástico de los suelos (junto con el límite de contracción) son mencionados a menudo en conjunto como límites de Atterberg. Estos límites dividen diferentes estados de consistencia de los suelos plásticos.”⁵

5.1.4. Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y del llenante mineral según la INV E 128-13 “Es la relación entre la masa de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y la masa del

³ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, Reglamentó colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título H.3.3.3.1. Bogotá D.C: Asociación colombiana de ingeniería sísmica, 2010. H-12p

⁴ MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INV E 123-13. Bogotá D.C: INVIAS, 2013. E 123-1 p.

⁵ IBÍD, E 125-2 p.

mismo volumen de agua destilada y libre de gas a igual temperatura. La temperatura generalmente usada como referencia es 20° C.”⁶

5.1.5. Permeabilidad Es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la determinación de la velocidad de drenaje del suelo, además de la capacidad del suelo de expulsar los excesos de agua provocadas por fuertes lluvias, tuberías averiadas o vertimientos directos.

5.1.6. Humedad natural Según Iglesias “la humedad natural: Se define como la relación entre el peso de agua y el peso de los granos sólidos, para un volumen unitario. Su valor se expresa en % y puede alcanzar valores mayores del 100%”⁷

5.1.7. Peso unitario El peso unitario de un suelo, se puede definir como la masa de un volumen unitario de suelo, en la cual el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, bien sea que estos vacíos estén llenos de agua para lo cual sería peso unitario saturado o que estén secos para un peso unitario seco. El valor del peso unitario del suelo además de variar por la cantidad de agua que tenga el suelo (condición seca, húmeda o saturada), también dependerá de condiciones de compactación y consolidación que esté presente.

- Un peso unitario saturado se define como el peso de la masa de suelo saturada por unidad de volumen, donde los vacíos están llenos de agua.
- Un peso unitario húmedo se define como el peso de la masa de suelo por unidad de volumen, donde los vacíos del suelo contienen tanta agua como aire.
- Un peso unitario seco se define como el peso de la masa de suelo seco por unidad de volumen, donde los vacíos no contienen agua.

⁶ IBÍD, E 128-2 p.

⁷ IGLESIAS, Celso. Mecánica del suelo. 1 ed. Madrid: Editorial Síntesis, 1997. p 133.

5.1.8. Consolidación Según Juárez Badillo-Rico Rodríguez (2005) “el proceso de consolidación es un proceso de disminución de volumen, que tenga lugar en un lapso, provocado por un aumento de las cargas sobre el suelo”⁸. En este proceso de consolidación se llevan a cabo diferentes etapas:

- Consolidación Inicial: Reducción casi instantánea producida en el momento propio de la aplicación de la carga inicial y que corresponde a la reducción de vacíos por eliminación de aire.
- Consolidación Primaria: Se lleva a cabo cuando con la aplicación de nuevas cargas la reducción del volumen es producto de la eliminación del agua presente en los vacíos, y donde las cargas son transferidas a la estructura mineral.
- Consolidación Secundaria: se lleva a cabo cuando con la aplicación de nuevas cargas la reducción de volumen es producto del reajuste de las partículas de la masa de suelo, que a su vez son responsables de la totalidad de la carga.

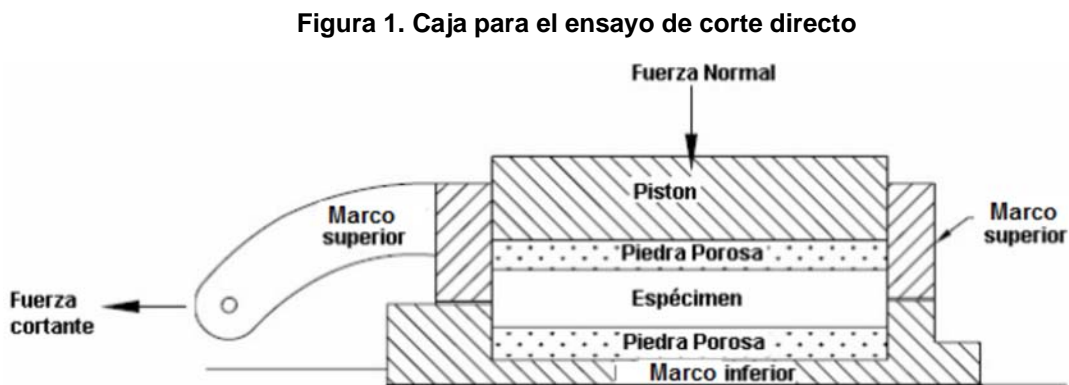
5.1.9. Compresión incofinada Es el esfuerzo mínimo a la cual una muestra de suelo no confinada, falla. La resistencia a la compresión incofinada se toma como el valor del esfuerzo máximo que se produce en la muestra cuando falla durante el ensayo o el valor de la del esfuerzo necesario para producir una deformación axial del 15%, es decir se toma el valor de lo que ocurra primero.

Este método es estrictamente para suelos cohesivos que no expulsan agua durante la carga y que mantienen su resistencia intrínseca después de remover las presiones de confinamiento, como arcillas o suelos cementados. Los suelos secos y friables, los materiales fisurados o estratificados, limos, turbas y las

⁸ JUÁREZ, Eulio; RODRÍGUEZ, Alfonso, Mecánica De Suelos, Tomo 1. México D.F: Editorial Limusa, 2005. p. 293.

arenas no se podrán analizar por este método ya que no se obtendrán resultados confiables a la resistencia de la compresión no confinada.

5.1.10. Corte directo Según la INVE 154-13 “Este ensayo consiste en colocar el espécimen del ensayo en un dispositivo de corte directo, aplicar luego un esfuerzo normal determinado, humedecer y/ o drenar el espécimen del ensayo, consolidar el espécimen bajo el esfuerzo normal, desbloquear las mitades (marcos) de la caja de corte que contiene la muestra, y desplazar horizontalmente una mitad respecto de la otra a una velocidad constante de deformación, mientras se miden la fuerza de corte y los desplazamientos normales y horizontales”⁹



Fuente: Instituto Nacional de Vías, INVE 154-13.

5.1.11. CBR

“La abreviación “CBR” corresponde al California Bearing Ratio, método de análisis de materiales desarrollado en el año de 1929 por la División de Carreteras de California, con el fin de darle una clasificación a la capacidad del suelo para ser utilizado como material de base o subbase. También denominado ensayo de relación de soporte, es el procedimiento por medio del cual mediante pruebas de laboratorio y bajo condiciones de humedad y

⁹ MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Op. Cit, pE154-3.

densidad controlada se puede medir la resistencia al corte de un suelo en el estado en que este se encuentre en ese momento.

El método de CBR es normalmente utilizado para analizar materiales cuyo diámetro máximo de partículas es de $\frac{3}{4}$ " , existiendo metodologías adicionales para los casos en los cuales no se cumpla con este tipo de granulometría.

La determinación del CBR se puede llevar a cabo en muestras inalteradas y en muestras compactadas en laboratorio".¹⁰

5.1.12. Proctor Modificado:

“Proceso artificial a través del cual las partículas de un suelo son obligadas a estar más cerca y por ende más en contacto unas de otras, produciendo una reducción en su relación de vacíos se le ha dado el nombre de compactación. El proceso de compactación en los suelos produce un mejoramiento considerable en sus propiedades ingenieriles, en el aumento de su resistencia al corte, la disminución en su deformabilidad, un aumento en su peso específico seco y mejoramiento de su condición de permeabilidad. Es importante aclarar que los métodos utilizados para la compactación varían dependiendo las características de los suelos a compactar, habiendo entonces gran variedad de equipos disponibles en la industria para tal fin.

Es aplicable a suelos cuya granulometría presenta un 30 % o menos retenido en el tamiz de $\frac{3}{4}$ " o 19,05 mm. El ensayo busca obtener mediante el análisis de una curva denominada curva de compactación, la relación que existe entre la humedad del suelo y el peso unitario seco del mismo, a partir de una serie de ensayos repetitivos que se realizan en un molde de 4 o 6 " de diámetro. Una vez es analizada la gráfica se puede determinar el peso unitario máximo al que se puede llevar el suelo por métodos de compactación, con el porcentaje de humedad al que se logra tal condición. Dichos parámetros se

¹⁰ Botía, Wilmar. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO [online] Trabajo de grado Ingeniero Civil. Texinfo 1ed. [Bogotá D.C.]. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. [Revisado 2 de Marzo de 2016] Internet:<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6239/1/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf>

convierten en condicionantes en las obras a los cuales se deben manejar los suelos trabajados y que una vez conseguidos dichos valores de peso unitario se emitirá la aprobación de las obras que se estén realizando. Para los suelos que presentan en su granulometría más del 30 % de partículas mayores a $\frac{3}{4}$ " existen otras metodologías aplicar, así como para los suelos donde se pueden presentar fenómenos de degradación durante el proceso, el presente capítulo no profundizara al respecto, pues estas metodologías no hacen parte del alcance definido. Bowles expresa en su manual de laboratorio de suelos que un criterio ligeramente mejor podría obtenerse expresando el control de campo en términos de la densidad relativa del suelo, sin embargo es más conveniente utilizar el peso unitario del suelo pues el cálculo de la relación de vacíos requiere el uso de la gravedad específica del suelo, la cual puede no ser conocida".¹¹

¹¹ IBÍD. 147-148 p.

5.2. MARCO LEGAL

Al ser procedimientos estandarizados las normas que rigen estos ensayos son básicamente:

Tabla 1. Normas de los ensayos

NORMAS	
I.N.V. E - 123 - 13	DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS
I.N.V. E - 217 - 13	DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTO
I.N.V. E - 122 - 13	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO
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 DEL LLENANTE MINERAL, EMPLEANDO UN PICNÓMETRO CON AGUA
I.N.V. E - 130 - 13	PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (CABEZA CONSTANTE)
I.N.V. E - 154 - 13	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)
I.N.V. E - 152 - 13	COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS
I.N.V. E - 142 - 13	RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)
I.N.V. E - 148 - 13	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA
I.N.V. E - 151 - 13	CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS
I.N.V. E - 181 - 13	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
I.N.V. E - 180 - 13	CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y DE MEZCLAS DE SUELOS Y AGREGADOS CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (SISTEMA AASHTO)

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de la propuesta de las guías de laboratorio de suelos se reunieron diferentes datos de diversas fuentes, no se cuantificaran variables durante el desarrollo de la propuesta, por tal motivo el enfoque de investigación es cualitativo.

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El objetivo de la propuesta de las guías es dar solución al problema de los estudiantes de ingeniería civil de la UGC, los cuales no poseen unas guías de laboratorio de suelos adecuadas para un correcto desarrollo de las prácticas en el laboratorio, por tal motivo este trabajo es de tipo proyectivo.

6.3. FASES

FASE 1: IDENTIFICAR LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS QUE SE REALIZAN CON MAYOR FRECUENCIA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UGC.

- Obtención de información de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos de la UGC.

- Verificar según el plan académico las asignaturas que desarrollen dentro de su plan de estudios contemplen prácticas de laboratorio.
- Identificar los ensayos que tengan una mayor frecuencia de elaboración dentro del laboratorio.

FASE 2: RECOPIRAR LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO (NORMAS, ENSAYOS, PROCEDIMIENTOS, CÁLCULOS Y DEMÁS INFORMACIÓN INDISPENSABLE)

- Investigar procedimientos de los ensayos de laboratorio en diversas fuentes.
- Consultar la normatividad de INVIAS del año 2013.
- Realizar un filtro de la información recopilada, con el fin de seleccionar lo más útil para el desarrollo de la propuesta.

FASE3: ELABORAR LAS GUÍAS PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS.

- Determinar el formato general más adecuado para las guías de laboratorio.
- Realizar las guías de laboratorio de suelos de los ensayos seleccionados.

7. RESULTADOS

7.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS CON MAYOR FRECUENCIA

Se realiza la comparación de los syllabus de los años 2013 al 2016-1 de la asignatura de Laboratorio de Suelos I, con el fin de identificar aquellos ensayos que presentan una mayor frecuencia de realización en la asignatura, a continuación se muestra los ensayos contemplados en cada syllabus. Donde se podrá ver el ensayo que se realizó según la materia y el año o periodo académico.

Algunos de los ensayos realizados en la asignatura analiza también son utilizados en algunas asignaturas como Mecánica de suelos y Pavimentos, por ende esta propuesta de guías de laboratorio también se podrán utilizar para el desarrollo de las prácticas de laboratorio en estas asignaturas. El formato permitirá identificar la asignatura a la cual pertenece el ensayo.

Durante la comparación se encuentra que durante estos periodos académicos se realizan 7 prácticas similares, las cuales son:

- Práctica 1: Propiedades índices. Granulometría. Clasificación de suelos.
- Práctica 2: Permeabilidad: Cabeza Variable y Cabeza Constante.
- Práctica 3: La compactación en laboratorio y su revisión en campo.
- Práctica 4: Ensayo de compresión inconfiada y medición de deformaciones.
- Práctica 5: Ensayo de consolidación.
- Práctica 6: Corte Directo. Teoría de Mohr - Coulomb. Casos Drenado y No Drenado.
- Práctica 7: Triaxial. Demostración.

Los laboratorios escogidos para realizar la propuesta de guías de laboratorio, son:

1. Contenido de agua (humedad)
2. Peso Unitario
3. Gravedad específica y Llenante mineral
4. Límites (LL y LP)
5. Granulometría
6. Permeabilidad por cabeza constante
7. Proctor Modificado
8. CBR
9. Compresión Inconfinada
10. Corte Directo
11. Consolidación Unidimensional

Los ensayos de Peso Unitario, Gravedad Específica y Llenante Mineral, y Límites (LL y LP), hacen parte de la primera práctica ya que permiten también una clasificación de los suelos.

El ensayo de humedad es de gran importancia para la mayoría de los casos, ya que permite hallar el contenido de agua de las muestras ensayadas, con el fin de establecer mejor las condiciones en la cual fue ensayada, en la mayoría de los laboratorios la normatividad solicita determinar el contenido de agua inicial y final de las muestras utilizadas. Por esta razón, se incluye dentro de la lista de los laboratorios seleccionados.

El ensayo de triaxial no se incluye en los laboratorios seleccionados, puesto que es una práctica de demostración a los estudiantes, donde no tomarán datos directamente del equipo.

7.2. FORMATO GENERAL PARA LAS GUÍAS DE LABORATORIO

Para la realización de las guías de laboratorio para la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia, se utilizó el siguiente formato general para los laboratorios:

1. **Título:** Corresponde al nombre del laboratorio a realizar.
2. **Objetivos:** Se presentan los objetivos a alcanzar con el ensayo y que el estudiante debe reportar si se lograron en la parte de las conclusiones.
3. **Marco teórico:** se dan algunas generalidades del ensayo, así como conceptos de gran importancia para la realización del laboratorio.
4. **Equipos e Instrumentos:** Se da a conocer por medio de fotografías los equipos de más relevancia para la práctica.
5. **Muestras:** Aquí se presenta a conocer al estudiante como se debe preparar el espécimen correspondiente a la práctica a realizar.
6. **Procedimiento:** Se presenta el resumen del procedimiento descrito en la norma correspondiente a cada ensayo, salvo que en este se pretende dar los puntos que el estudiante debe seguir durante el laboratorio, ya que en la norma se mencionan algunos procedimientos que no podrán realizar en el laboratorio por motivos de tiempo o equipos requeridos.
7. **Cálculos:** El estudiante podrá ver las fórmulas para la obtención de resultados necesarios durante y posterior al ensayo realizado.
8. **Referencias bibliográficas:** Se le da al estudiante el nombre de la norma a la cual puede consultar, además de otras fuentes de consulta en algunos laboratorios.
9. **Formato de toma de datos y entrega de resultados:** Cada laboratorio tiene un formato en el cual el estudiante debe registrar los datos tomados durante el laboratorio y los resultados de los cálculos solicitados, así como realizar un análisis de los resultados, en el cual el estudiante, según sea el

laboratorio, debe analizar ciertos puntos del laboratorio de gran importancia. Y por último, el estudiante debe llegar a unas conclusiones del ensayo.

En algunos formatos el estudiante podrá encontrar algunas fórmulas que le ayudarán al desarrollo del formato, además en algunos casos para mayor entendimiento de los resultados o por solicitud de la norma, en el formato podrá encontrar un espacio para realizar un gráfico referente al ensayo.

Este formato está compuesto por:

- Encabezado: Donde se encuentra el logo de la universidad, el nombre del laboratorio y tres espacios a completar:
 - Docente: Para anotar al docente de la práctica.
 - Grupo: el número de grupo al que pertenece.
 - Nota: valoración por parte del docente.
- Espacio de información del estudiante y de la práctica:
 - Código(s): espacio destinado para el registro de el/los código(s) de el/los integrante(s).
 - Estudiante (s): aquí se deben registrar el nombre del estudiante o los estudiantes en caso de que el laboratorio se realice en grupos.
 - Asignatura: Hace referencia a la asignatura en la cual se realiza la práctica de laboratorio.
 - Laboratorio No.: hace referencia al número de laboratorio realizado en la asignatura.
 - Fecha de práctica y fecha de entrega: Es para realizar un mayor control por parte del docente.
 - Toma de datos y resultados: El estudiante podrá encontrar una tabla o espacios en los cuales podrá anotar los datos necesarios para la práctica, y también podrá reportar resultados según sea la práctica, además en algunos ensayos es indispensable la realización de algún gráfico y en esta parte dependiendo el laboratorio podrá encontrar el espacio destinado, por su puesto si el estudiante por limitación de

espacio del grafico podrá realizarlo en una hoja aparte y anexarlo al formato.

- Análisis de resultados: el estudiante debe realizar un análisis de los resultados que obtuvo del ensayo, respondiendo a algunas cuestiones planteadas por el docente a cargo.
- Conclusiones: el estudiante debe dar sus conclusiones respecto al ensayo.

7.3. CARTILLA DE LA PROPUESTA DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

En el anexo A se presenta la cartilla propuesta de los laboratorios.

8. CONCLUSIONES

- Se compararon los diferentes periodos académicos 2013-1 al 2016-1 del syllabus de la asignatura “Laboratorio de Suelos I”, encontrando que 11 laboratorios presentaban la mayor frecuencia de realización durante los periodos académicos.
- Se recopiló información necesaria para establecer la forma y el contenido de las diferentes guías propuestas para los laboratorios, información que fue encontrada en las normas INVE de la última actualización de estas, correspondiente al 2013.
- Se desarrolló un formato general para la propuesta de guía de laboratorios, tomando como base información encontrada en otras tesis e información de las normas INVE-13, con lo cual se logró establecer un formato que se presta para ser modificado en algunos casos según sean las necesidades del laboratorio.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las guías sean actualizadas según suceda una actualización de la normas INV-E.
- Se recomienda que sean introducidas dentro del material de trabajo del laboratorio y como guía para el desarrollo de las prácticas de las diferentes asignaturas que realizan ensayos en los laboratorios de suelos, como son Mecánica de suelos y pavimentos.
- Se recomienda realizar guías específicas para otras asignaturas que requieren el desarrollo de laboratorios, tales como laboratorio de hidráulica, resistencia de materiales, y algunas complementarias de pavimentos.
- Se recomienda realizar las guías de la práctica de triaxial en sus diferentes modalidades y formas e implementarlo, no solamente sea una práctica de tipo demostrativo.

BIBLIOGRAFÍA

- BOTÍA, Wilmar. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO [online] Trabajo de grado Ingeniero Civil. Texinfo 1ed. [Bogotá D.C.]. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. [Revisado 2 de Marzo de 2016] Internet:[http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6239/1/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELO S.pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6239/1/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELO%20S.pdf)
- IGLESIAS, Celso. Mecánica del suelo. 1 ed. Madrid: Editorial Síntesis, 1997.
- JUÁREZ, Eulalio; RODRÍGUEZ, Alfonso, Mecánica De Suelos, Tomo 1. México D.F: Editorial Limusa, 2005.
- SUÁREZ, Johan. Guías De Laboratorio del Área De Suelos [online]. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Texinfo 1ed. [Bogotá D.C] Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Laboratorio de suelos, 2013. [revisado 2 de marzo de 2016].Internet: http://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/1088/2/Guías_laboratorio_área_suelos.pdf.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, Reglamentó colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título H.3.3.3.1. Bogotá D.C: Asociación colombiana de ingeniería sísmica, 2010.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INV E. Bogotá D.C: INVIAS, 2013.
- BOWLES, Joseph. Manual de laboratorios de suelos en ingeniería civil.2 ed. Bogotá: McGRAW-HILL LATINOAMERICANA S.A., 1980

ANEXO A