

**PARAMETRIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA ANÁLISIS DE  
SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBURO.**

**JOHN FREDDY GALVIS MARTÍNEZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COORDINACIÓN DE PRÁCTICAS EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2014**

**PARAMETRIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA ANÁLISIS DE  
SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBURO.**

**JOHN FREDDY GALVIS MARTÍNEZ**

El presente informe de práctica empresarial se realiza como requisito para optar al  
título de Ingeniero Civil

**SUPERVISOR DE LA EMPRESA  
MSc NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COORDINACIÓN DE PRÁCTICAS EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2014**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Ph.D María Fernanda Serrano Guzmán**  
***Tutora Empresarial***

**MSc. Norma Cristina Solarte Vanegas**  
***Tutora Académica***

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Bucaramanga, 19 de Diciembre de 2014

*A quien más se le pueden dedicar los triunfos de un estudiante sino a su más íntimo tutor.  
Gracias señor por las victorias y las derrotas de estos años de estudio que fortalecieron mi vida.*

*John Galvis*

## AGRADECIMIENTOS

*Los inicios de lo que fue mi práctica empresarial fueron insospechados y diferentes a lo planeado, pero hoy doy gracias al Dios del cielo y a la Doctora María Fernanda por abrirme las puertas a esta oportunidad. A mis familiares y amigos doy gracias por el apoyo y la comprensión, porque sé que aunque este proceso no fue fácil siempre estuvieron ahí. A mis padres y en especial a mi hermana Sarah, quien llegó en el momento menos esperado a mi vida, doy gracias por tanto apoyo y comprensión. Al personal del laboratorio y de la DGI de quienes aprendí tantas cosas y con quienes viví gratas experiencias. Gracias, gracias y mil gracias por su apoyo y comprensión.*

*John Galvis*

## CONTENIDO

### Página

LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TABLAS .....	IX
LISTA DE ANEXOS .....	X
RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO .....	XII
GENERAL SUMMARY OF DEGREE WORK .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	14
1. OBJETIVOS.....	15
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	16
2.1. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA .....	16
2.1.1. Reseña Histórica.....	16
2.1.2. Misión .....	17
2.1.3. Visión .....	18
2.2. LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL .....	18
2.2.1. Reseña Histórica.....	18
2.2.2. Misión .....	19
2.2.3. Visión .....	19
2.3. ACREDITACIÓN.....	20
2.3.1. Acreditación de Alta Calidad .....	20
2.3.2. Acreditación Laboratorio de Geotecnia.....	21
3. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE SUELOS .....	23
3.1. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE SUELOS – PTS .....	23
3.2. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE SUELOS CONTAMINADOS – PTSC .....	25
4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO.....	27
4.1. CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	28
4.2. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES PLANTEADAS EN EL PLAN DE TRABAJO .....	31
4.2.1. Inspección de equipos .....	31
4.2.2. Socialización de los procedimientos .....	33
4.2.3. Revisión de los procedimientos técnicos .....	34
4.2.4. Desarrollo de los comparativos.....	34
4.2.5. Organización, limpieza y señalización interna del laboratorio de geotecnia y pavimentos .....	34
4.2.6. Primera inspección por el organismo evaluador .....	35
4.2.7. Análisis de los requerimientos y desarrollo e implementación de formatos de supervisión, verificación y demás. ....	35
4.2.8. Realización de videos prueba de actualización de los procedimientos	38
4.2.9. Análisis experimental de las normativas evaluadas.....	39

4.2.10.	Apoyo en la realización del informe para la ONAC .....	39
4.2.11.	Realización del curso.....	40
5.	APORTE AL CONOCIMIENTO.....	42
6.	OBSERVACIONES.....	44
7.	CONCLUSIONES. ....	45
8.	RECOMENDACIONES.....	47
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1 Logo Universidad Pontificia Bolivariana.....	16
Figura 2 Logo Laboratorios de Ingeniería Civil - UPB.....	18
Figura 3 Logo Ministerio de Educación Nacional.....	20
Figura 4 Logo Colciencias .....	21
Figura 5 Logo Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.....	22
Figura 6 Inspección molde de proctor de 4".....	32
Figura 7 Adaptación Permeámetro de cabeza constante, Antes y Después .....	32
Figura 8 Actividades de socialización práctica y teórica .....	33
Figura 9 Fotografía del laboratorio posterior a las actividades de organización, limpieza y señalización .....	35
Figura 10 Lámpara estroboscópica para medición de velocidades .....	36
Figura 11 Verificación de la batidora con la lámpara estroboscópica .....	36
Figura 12 Formato de Recomendaciones, Observaciones y Sugerencias como Mejoramiento de Políticas Internas de Calidad .....	37
Figura 13 Balanza, Imagen de apoyo de videos.....	38
Figura 14 Capsulas para la determinación de humedad, Imagen de apoyo para videos.....	38

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1 Cronograma planteado inicialmente .....	29
Tabla 2 Cronograma adaptado al proceso.....	30
Tabla 3 Continuación Cronograma adaptado al proceso.....	31

## LISTA DE ANEXOS

	Página
Anexo 1 Comparativo INVIAS 122 (Humedad).....	52
Anexo 2 Comparativo INVIAS 123 (Determinación de los Tamaños de las Partículas).....	64
Anexo 3 Comparativo INVIAS 124 (Limite Liquido) .....	88
Anexo 4 Comparativo INV E-126 (Limite Liquido).....	115
Anexo 5 Comparativo INVIAS 130 (Permeabilidad Cabeza Constante) .....	126
Anexo 6 Comparativo INVIAS 142 (Proctor Modificado).....	143
Anexo 7 Comparativo INVIAS 153 (Corrección por Sobretamaños).....	171
Anexo 8 Comparativo INVIAS 151 (Consolidación) .....	181
Anexo 9 Comparativo INVIAS 152 (Compresión Inconfinada).....	225
Anexo 10 Comparativo INVIAS 154 (Corte Directo CD) .....	243
Anexo 11 Formato para Registro de Novedades y Dificultades.....	281
Anexo 12 Formato Solicitud de Autorización de Acceso y Uso de Laboratorios..	282
Anexo 13 Formato para Control de Acceso al Laboratorio .....	285
Anexo 4 Formato de Seguimiento y Control de Equipos .....	286
Anexo 5 Formato para Control de Humedades y Temperaturas.....	287
Anexo 6 Formato de Inspección de Limpieza y Organización de Laboratorios de Ingeniería Civil .....	288
Anexo 7 Reporte de Mantenimiento y Verificación de la Batidora .....	290
Anexo 8 Reporte de Mantenimiento y Verificación Interna de Molde de 4" .....	293
Anexo 9 Reporte de Mantenimiento y Verificación Interna de Molde de 6" .....	295
Anexo 10 Reporte de Mantenimiento y Verificación Interna de Martillo Manual ..	297
Anexo 11 Formato de Supervisión Técnica INV E-103-13.....	300
Anexo 12 Formato de Supervisión Técnica INV E-122-13.....	302
Anexo 13 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-123-13.....	304
Anexo 14 Formato de Supervisión Técnica INV E-125-13 e INV E-126-13 .....	309
Anexo 15 Formato de Inspección Técnica del Personal INV E-130-13 .....	314
Anexo 16 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-142-13.....	318
Anexo 17 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-151-13.....	322
Anexo 18 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-152-13.....	326
Anexo 19 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-154-13.....	329
Anexo 20 Formato de Recomendaciones, Observaciones y Sugerencias como Mejoramiento de Políticas Internas de Calidad.....	334
Anexo 21 Humedad suelo no contaminado INV E 122-13.....	336
Anexo 22 Determinación del tamaño de las partículas de suelo no contaminado INV E-123-13 .....	337
Anexo 23 Límite Líquido, Plástico e Índice de plasticidad de suelo no contaminado INV E-125-13 e INV E-126-13.....	338
Anexo 24 Permeabilidad cabeza constante suelo no contaminado INV E-130-13 .....	339

Anexo 25 Proctor modificado suelo no contaminado INV E-142-13 .....	340
Anexo 26 Compresión Inconfinada suelo no contaminado INV E-152-13 .....	341
Anexo 27 Corte directo suelo no contaminado INV E-154-13.....	342
Anexo 28 Humedad suelo contaminado PTSC-1-13 .....	346
Anexo 29 Determinación del tamaño de las partículas de suelo contaminado PTSC-2-13.....	347
Anexo 30 Límite líquido, plástico e índice de plasticidad de suelos contaminados PTSC-3-13 y PTCS-4-13 .....	348
Anexo 31 Permeabilidad de cabeza constante en suelos no contaminados PTSC- 5-13.....	349
Anexo 32 Proctor modificado suelo contaminado PTSC-6-13 .....	350
Anexo 33 Consolidación unidimensional de suelos contaminados PTSC-7-13 ...	351
Anexo 34 Compresión inconfinada suelo contaminado PTSC-8-13 .....	361
Anexo 35 Corte directo suelo contaminado PTSC-9-13 .....	363

## RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

<b>TITULO:</b>	PARAMETRIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA ANÁLISIS DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBURO
<b>AUTOR(ES):</b>	John Freddy Galvis Martínez
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería Civil
<b>DIRECTOR(A):</b>	MSc. Norma Cristina Solarte Vanegas

### RESUMEN

El informe de práctica empresarial dispuesto en el presente documento establece las actividades desarrolladas durante el transcurso de la misma, además del cronograma de las labores. Durante el desarrollo del informe cada actividad establecida recibe una breve descripción del proceso realizado y de las medidas tomadas. La labor principal ejecutada durante la pasantía comprendió el apoyo al laboratorio de suelos y geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana en el plan de acreditación de dieciocho pruebas realizadas en el mismo. Se desempeñaron diferentes tareas desde la inspección de equipos hasta la actualización al personal técnico de las nuevas normativas INVIAS, el desarrollo de algunos formatos y la implementación de los mismos, entre otras.

### PALABRAS CLAVES:

Acreditación, Calidad, Contaminante, Ensayos, Formatos, ONAC, INVIAS, ASTM, PTS, PTSC.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF DEGREE WORK

**TITLE:** PARAMETRIZATION OF MECHANICS TESTS TO SOIL ANALYSIS CONTAMINATED FOR HYDROCARBON SPILL

**AUTHOR(S):** John Freddy Galvis Martinez

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** MSc. Norma Cristina Solarte Vanegas

### ABSTRACT

The business practice report disposed in the current document established the activities developed during the same, also the work timetable. During development of report each activity receives a brief description of process performed and measure taken. The main job accomplished during the internship comprised supporting the soil and geotechnical laboratory of Pontificia Bolivariana University in the accreditation plan of eighteen trials conducted at same. The practitioner performed different tasks from equipment inspection, to upgrade technical staff at the INVIAS policy, design of some formats and the implementation of these, inter alia.

### KEYWORDS:

Accreditation, Quality, Contaminant, Trials, Formats, ONAC, INVIAS, ASTM, PTS, PTSC.

Vº Bº DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCIÓN

A través del contrato 0078-2313 con el mismo nombre de la presente práctica empresarial, "PARAMETRIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA ANÁLISIS DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBURO", Colciencias y la universidad Pontificia Bolivariana – UPB, presentaron la solicitud para acreditación de las siguientes pruebas realizadas por los laboratorios de suelos y geotecnia.

1. Humedad
2. Granulometría
3. Límite líquido de Suelos
4. Límite plástico e Índice de Plasticidad de Suelos
5. Permeabilidad de Suelos – Cabeza Constante
6. Proctor Modificado
  - 6.1. Corrección del peso unitario y del contenido de agua de suelos que contienen sobretamaños
7. Consolidación unidimensional de los suelos
8. Compresión simple
9. Corte Directo

En este proceso la Dirección General de Investigaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana con sus procedimientos innovadores en los ensayos en suelos contaminados, busco la acreditación de los anteriores procedimientos en estas condiciones, es decir contaminados con hidrocarburos; contemplándose una totalidad de veinte procesos a ser acreditados.

El inició de la práctica se dio con la inspección de equipos, siguiendo con la socialización de los procedimientos con los auxiliares de laboratorio e incluyéndose además la comparación de las normativas INVIAS 2007 y 2013 de los anteriores ensayos.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Realizar la confirmación y/o validación de las normativas INVIAS 2007 y 2013 de algunos métodos de ensayo de suelos para la presentación de evidencias ante el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Identificar las diferencias y similitudes a través de un paralelo de las normas INVIAS INV-07 e INV-13 de los ensayos de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice plástico, permeabilidad – cabeza constante, proctor modificado, corrección del peso unitario y del contenido de agua, consolidación simple, compresión simple y corte directo para suelos.
- Analizar dos muestras de suelo una limpia y otra contaminada con hidrocarburo por medio de los procedimientos de los ensayos anteriormente descritos con base a las dos normativas INVIAS ya expuestas.
- Establecer con ayuda de un informe el estado de la actualización de la normativa INVIAS vigente por parte del laboratorio de suelos y geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga con el fin de presentar evidencias del proceso ante el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.
- Efectuar una capacitación al personal técnico del laboratorio de suelos y geotecnia de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga en base a lo encontrado en la normativa INVIAS 2013 para los ensayos expuestos.
- Desarrollar un curso de capacitación para estudiantes en la temática expuesta, es decir en la actualización de la normativa INVIAS 2013 para los ensayos analizados.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

#### 2.1.1. Reseña Histórica

En el año de 1936 el señor Arzobispo de Medellín Monseñor Tiberio de Jesús Salazar y Herrera, fundo por decreto del 15 de septiembre del mismo año la Universidad Católica Bolivariana basada en los ideales de Simón Bolívar, el humanismo cristiano y el magisterio de la iglesia; esta institución inició quehaceres con 78 estudiantes de Derecho matriculados a cargo, como rector, de Monseñor Manuel José Sierra. En el año de 1945 el Papa Pío XII otorga el título de “Pontificia” a la institución universitaria, conociéndose desde entonces como Universidad Pontificia Bolivariana. (Figura 1)

*Figura 1 Logo Universidad Pontificia Bolivariana*



Fuente: [www.upb.edu.co/Bucaramanga](http://www.upb.edu.co/Bucaramanga)

Para el año de 1988 se concreta el sueño de la arquidiócesis de creación de una Universidad Católica, que a través de la investigación y el servicio a la comunidad trabaje por el cambio hacia una nueva sociedad en el nor-orientе colombiano. La seccional Bucaramanga nace por el deseo de un entusiasta grupo de religiosos, empresarios, profesionales y educadores como Luis Enrique Aramburo Bolaños, Luis Alfonso Días Nieto, Sergio Gamboa Sepúlveda, Álvaro García Pinzón, Hernán Porras Díaz, Jorge E. Viccini Ramírez, Monseñor Isaías Duarte Cancino, Monseñor Darío Múnera Vélez, Monseñor Néstor Navarro Barrera y Monseñor Héctor Rueda Hernández.

Con la autorización por el Instituto Colombiano de Educación Superior ICFES, en el acuerdo No. 083 del 12 de julio de 1990 se inician labores en el segundo semestre de 1991 con el programa de Ingeniería Electrónica, a partir de ese momento y hasta el año de 1998 Monseñor Jesús Quirós Crispín asumió el compromiso como rector, posteriormente llevo a cabo estas funciones Monseñor Néstor Navarro Barrera y desde el año 2007 hasta la fecha tomo posesión como

rector Monseñor Primitivo Sierra Cano. En 1993 con el acuerdo No. 08 del Consejo Directivo de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, se abrió paso para la Ingeniería Civil como programa académico en la seccional Bucaramanga, esta comenzó actividades en el año de 1994 en la sede del Seminario mayor de la ciudad de Bucaramanga.

Para el año de 1998 la universidad trasladó su sede hasta la ubicación actual, en el kilómetro siete hacia la autopista a Piedecuesta; proyecto que consta de cinco etapas y 35.000 m<sup>2</sup>, actualmente cuenta con once edificaciones y continúa con sus planes de expansión.

A la fecha con más de 4.000 estudiantes en pregrado distribuidos en once carreras, de las cuales tres disfrutan de acreditación de alta calidad y otras se encuentran en proceso para ello; dieciséis especializaciones y tres maestrías, la universidad cuenta con una excelente posición en el medio universitario así como con un gran prestigio en el ámbito local y regional.

La excelencia académica apoyada por la sólida formación e instrucción científica, tecnológica y humana, ha permitido que la universidad sea hoy miembro de prestigiosas organizaciones nacionales e internacionales como:

- La Asociación Colombiana de Universidades ASCUN.
- La Federación Internacional de Universidades Católicas FIUC.
- La Unión de Universidades de América Latina UDUAL.
- La Asociación Internacional de Universidades AIU.
- La Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrados AUIP.
- La Asociación de Televisión Educativa Iberoamericana ATEI.

Para efectos gramaticales y de redacción se señalará durante el desarrollo del presente documento las siglas UPB como referente a la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

### **2.1.2. Misión**

La Universidad Pontificia Bolivariana tiene como misión la formación integral de las personas que la constituyen, mediante la evangelización de la cultura, la búsqueda constante de la verdad, en los procesos de docencia, investigación, proyección social y la reafirmación de los valores desde el humanismo cristiano, para el bien de la sociedad.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA. Misión [en línea]. <[http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,33176629,1134\\_55396956&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,33176629,1134_55396956&_dad=portal&_schema=PORTAL)> [citado en 25 de noviembre de 2014]

### 2.1.3. Visión

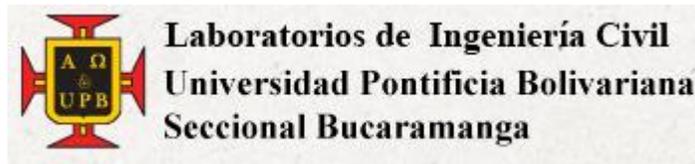
La Universidad Pontificia Bolivariana tiene como visión, ser una institución católica de excelencia educativa en la formación integral de las personas, con liderazgo ético, científico, empresarial y social al servicio del país.<sup>2</sup>

## 2.2. LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL

### 2.2.1. Reseña Histórica

Los laboratorios de ingeniería civil de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga iniciaron labores en el año de 1996 en las áreas de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales a cargo de los docentes Gerardo Bautista y María Fernanda Serrano respectivamente y con apoyo del Técnico Eli Rueda, estos se encontraban en la parte más alejada de la sede ubicada en el Seminario Mayor (Figura 2).

*Figura 2 Logo Laboratorios de Ingeniería Civil - UPB*



Fuente: <http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/>

Inicialmente los equipos con que se contaban en el laboratorio de suelos eran una serie de tamices, una cazuela de Casagrande manual, un horno eléctrico, un equipo de contracción y gravedad específica relativa de sólidos; el laboratorio de resistencia de materiales inicio con una prensa de compresión manual, una prensa manual para ensayos de tensión y un equipo manual de impacto. En el año de 1997 ingresa la Tecnóloga Luz Marina Torrado quien más adelante se gradúa como ingeniera civil de la UPB y la cual apoyo las labores académicas y administrativas en los laboratorios, en los años posteriores se crearon otros laboratorios como pavimentos, mecánica de fluidos e hidráulica de canales

---

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Visión. [en línea]. <[http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,33176633,1134\\_55396917&\\_dad=portal&\\_sch\\_ema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,33176633,1134_55396917&_dad=portal&_sch_ema=PORTAL)> [citado en 25 de noviembre de 2014]

apoyados por las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander y el SENA sección Girón.

En el año de 1998 se trasladaron los laboratorios al campus actual de la UPB en el kilómetro 7 autopista a Floridablanca en el primer piso del edificio A, a finales de este mismo año el Ing. Diego Martin Oviedo hizo parte del equipo como Coordinador e inicio la venta de servicios como actividad de extensión, durante este periodo se adquirieron nuevos equipos como el equipo Triaxial de suelos, la máquina de los ángeles, las prensas para ensayos de CBR y Marshall entre otros; más adelante en el año 2002, inicio labores como coordinador de laboratorios el Ing. Gerardo Bautista quien inicio la implementación de sistemas de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025:2005, hacia el año 2004 ingreso el Técnico José Vicente Páez como apoyo en las actividades del laboratorio, desde el año 2007 al 2009 las ingenieras Piedad Eliana Lizcano, Victoria Gaman y Silvia Tijo hicieron parte de las coordinadoras de los laboratorios de ingeniería civil. En el año 2010 ingresa como coordinadora la ya Ingeniera Luz Marina Torrado; para el año 2012 se realizó el cambio de los laboratorios al edificio K del campus universitario con área cuatro veces mayor a la inicial. En marzo de 2014 se posesionó la actual coordinadora de los laboratorios la Ingeniera Nohora Emma Monsalve y quien ha estado a cargo de la acreditación de algunos ensayos del laboratorio de geotecnia de la universidad.

### **2.2.2. Misión**

El Laboratorio de Suelos de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga está conformado por un equipo de trabajo perteneciente a la Facultad de ingeniería Civil, y liderado por su Coordinador , equipo que está comprometido con la excelencia con sentido humano y que centra su interés en ofrecer calidad en la prestación de servicios de pruebas y ensayos de laboratorio a nivel de docencia, investigación y extensión; y atención de labores de consultoría de servicios especializados a nivel local con proyección nacional y con una mirada hacia lo mundial, bajo las normas técnicas pertinentes.<sup>3</sup>

### **2.2.3. Visión**

El laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga se proyecta en el futuro como una fuente de apoyo a las labores de los estudiantes, docentes, investigadores y consultores del gremio de la construcción y de la industria en general en temas

---

<sup>3</sup>LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL UPB. Misión. [en línea]. <<http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/misi%C3%B3n>> [citado en 10 de diciembre de 2014]

concernientes a suelos. La calidad humana y técnica del equipo de trabajo del laboratorio le permitirá el posicionamiento ante las personas naturales o jurídicas a quienes se realice la consultoría. Este laboratorio busca ser líderes en la presentación óptima de servicios de pruebas y ensayos para la industria de la construcción con tecnología avanzada.<sup>4</sup>

## 2.3. ACREDITACIÓN

### 2.3.1. Acreditación de Alta Calidad

Cada programa académico es auditado por separado con el fin de la obtención de la acreditación de alta calidad, esta certificación se basa en el reconocimiento otorgado por el Ministerio de Educación Nacional (Figura 3) a la constante búsqueda de la excelencia por parte del programa académico y la institución de Educación Superior. Así mismo el proceso propiamente dicho permite como herramienta el constante mejoramiento en la calidad de la educación ofrecida por la Institución, posibilitando así la evolución de sus políticas, la adaptabilidad de sus procesos a las demandas del entorno, la transformación de sus características con base al constate desarrollo de la sociedad y a sus necesidades, la innovación en el desarrollo de su ejercicio educativo y la constante evolución acompañada por los prominentes progresos que tiene el ejercicio profesional al que se enfoca. Por tal razón la Universidad acompañada de sus políticas de autoevaluación académica, administrativa e individual crea el Comité de Autoevaluación Institucional el 19 de junio de 1998 con el fin de obtener la acreditación de todos los programas académicos.

*Figura 3 Logo Ministerio de Educación Nacional*



Fuente: [www.mineducacion.gov.vo](http://www.mineducacion.gov.vo)

Con mira en los objetivos planteados por el Comité de Autoevaluación Institucional y con el esfuerzo de la comunidad educativa de la UPB, el programa académico

---

<sup>4</sup>LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL UPB. Visión. [en línea]. <<http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/visi%C3%B3n>> [citado en 10 de diciembre de 2014]

de Ingeniería Civil recibió la renovación de la Acreditación de Alta Calidad el día 24 de abril de 2014, proceso liderado por el Director de la misma Facultad el Ingeniero Aldemar Remolina.

### 2.3.2. Acreditación Laboratorio de Geotecnia

En el año 2012, en la convocatoria 561 del mismo año del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias (Figura 4), se creó el Banco de proyectos Elegibles para apoyar la estandarización de los laboratorios de universidades, centros de investigación y desarrollo tecnológico, dedicados a prestar servicio en el campo de pruebas, medición y/o calibración; proceso en el cual se seleccionó al laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPB para recibir dicho apoyo y realizar la parametrización de pruebas mecánicas de suelos contaminados por derrames de hidrocarburo. La adecuación y adaptación del laboratorio y de los procedimientos, además de la actualización de los conocimientos del personal para cumplir dicho objetivo se realizó con el apoyo de Colciencias y El Ecopetrol ICP a través del acta convenio Marco 5211508.

*Figura 4 Logo Colciencias*



Fuente: [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co)

El proceso de estandarización que se ha llevado a cabo a lo largo del desarrollo del convenio entre la UPB y Colciencias, por parte de la Dirección General de Investigaciones DGI y la Coordinación de los Laboratorios de Ingeniería Civil, culmina su curso con la acreditación de los diferentes ensayos planteados tanto para suelos contaminados como no contaminados. El proceso de Acreditación ha estado supervisado y dirigido por la Organización Nacional de Acreditación de Colombia ONAC (Figura 5), el mismo tuvo su visita inicial en el mes de Noviembre del año 2014 y su vista final para febrero del año 2015, este último tiempo posterior a la realización de la presente práctica.

*Figura 5 Logo Organismo Nacional de Acreditación de Colombia*



Fuente: [www.onac.gov.co](http://www.onac.gov.co)

Los procesos de acreditación direccionados por la ONAC tienen como objetivo aquellas entidades cuyo fin principal es la venta de servicios, es decir para este caso los laboratorios que ofrecen servicios de realización de ensayos como principal ingreso; dado que una de las características de la empresa objeto de descripción en el presente documento es la prestación de servicios de educación superior, la acreditación no se evidencia como parte de un proceso de comercialización o de extensión universitaria como objetivo principal, sino como un proceso de acreditación con el fin del mejoramiento de la calidad de los procesos ofrecidos a la comunidad educativa inscrita en la misma.

### **3. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE SUELOS**

#### **3.1. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE SUELOS – PTS**

Con el fin de implementar procedimientos propios para la realización de los ensayos por parte del laboratorio de suelos de ingeniería civil, se crearon los Procedimientos Técnicos de Suelos o PTS cuyo origen radica en las normas INVIAS y estas a su vez en las normativas internacionales ASTM; estos protocolos permitieron la actualización de los modelos usados por la universidad no solo en la práctica en el laboratorio, sino también en los cálculos e implementos propios del proceso.

Como ya se dijo, el origen de los procedimientos internos es la norma INVIAS, pero los mismos cuentan con características propias según las necesidades y particularidades del proceso desarrollado por los laboratorios de la universidad. Estas diferencias tiene su origen en la necesidad de adaptación a los equipos y elementos actuales del laboratorio, cabe aclarar que el hecho de que algunos procedimientos hayan sido adaptados a la estructura propia del laboratorio no significa esto que se hallan dejado a un lado los requerimientos principales descritos por las normativas, por el contrario los cambios sustanciales en los procedimientos obedecen simplemente a variaciones en elementos de poca afectación en el ensayo, dado que aunque se hicieron modificaciones en algunas partes de los procedimientos y equipos sugeridos en las normas base con el fin de adaptarlos a la configuración del laboratorio, los elementos principales para el desarrollo de las actividades fueron adecuados a los requerimientos de las normativas como regentes, como se dio en el caso del permeámetro para el ensayo de cabeza constante, el cual fue adaptado al indicado por la normativa con unas perforaciones y acondicionado con algunos accesorios extras que inicialmente no hacían parte del mismo.

Los principales cambios que se dieron para el desarrollo de los procedimientos se basaron en modificaciones menores como el uso de balanzas de mayor precisión a las recomendadas en la norma INVIAS para la realización del pesado en algunos ensayos, o la eliminación del deformímetro de desplazamiento horizontal del equipo de corte dado que por las características particulares de tal equipo no se hace necesaria la utilización de dicho deformímetro, puesto que la deformación lateral se puede obtener con base en la relación entre la velocidad de desplazamiento de corte y el tiempo transcurrido en el mismo para cada lectura, eliminándose así el uso de dicho elemento. Otro cambio que se realizó a los procedimientos o elementos utilizados para los ensayos fue el uso de la macheta como elemento de enrasado o corte para el ensayo de proctor modificado en lugar de la regla metálica con bisel listada en los equipos de la norma INVIAS 142 de 2013. Esto en cuanto a la última actualización de la norma ya mencionada,

anterior a este proceso no se estimó necesario realizar las adaptaciones de los equipos o procedimientos para el cabal cumplimiento de los objetivos de cada ensayo.

Cada una de las modificaciones realizadas al ensayo, equipos o elementos necesarios para el desarrollo del mismo obedecieron al principio de que bajo ninguna circunstancia los cambios que se realizaran a los ensayos podían perjudicar los rendimientos del mismo disminuyendo la calidad del resultado final, sino en cambio estos mejoraran sus propiedades y características permitiendo así la obtención de mejores resultados para el ensayo, garantizándole siempre al cliente el mejor proceso.

Los Procedimientos Técnicos de Suelos desarrollados con la adaptación de las normas INVIAS e influenciados por las normas ASTM, por parte de la universidad fueron:

- **PTS-1** Determinación en el laboratorio del contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. (INV E-122-13).
- **PTS-2** Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos (INV E-123-13).
- **PTS-3** Determinación del límite líquido de los suelos (INV E-125-13).
- **PTS-4** Límite Plástico e Índice de plasticidad de suelos (INV E-126-13).
- **PTS-5** Permeabilidad de suelos (Cabeza Constante) (INV E-130-13).
- **PTS-6** Relaciones de humedad-masa unitaria seca en los suelos para suelos (INV E-142-13).
- **PTS-6-1** Corrección del peso unitario y del contenido de agua de suelos que contienen sobretamaños (INV E-143-13).
- **PTS-7** Consolidación unidimensional de los suelos (INV E-151-13).
- **PTS-8** Compresión inconfiada en muestras de suelo (INV E-152-13).
- **PTS-9** Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (CD) (INV E-154-13).

### **3.2. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE SUELOS CONTAMINADOS – PTSC**

El proceso de estandarización planteado como objetivo en el acuerdo entre Colciencias y la UPB, obligaba el desarrollo de parámetros específicos para la realización de ensayos en suelos contaminados con derrames con hidrocarburos. Para este fin la Dirección General de Investigaciones con apoyo de los Laboratorios de Ingeniería Civil perfeccionaron una serie de métodos para la implementación en estos suelos específicos, que permitieran, basándose en los procedimientos estándar de suelos planteados en las normativas INVIAS de las versiones 2007 y 2013, el correcto análisis de los especímenes contaminados.

Durante este proceso se contó con la ayuda de una serie de tesis, investigadores y practicantes que tuvieron a su cargo la realización de ensayos con la normativa modificada para el uso en suelos contaminados con hidrocarburos, los cuales a su vez tenían muestras patrón, es decir sin presencias de contaminantes o vírgenes según su nombre propio. Este proceso permitió el cálculo de la incertidumbre y otros factores del método, así como la comprobación práctica de las modificaciones realizadas a las normas base.

Las dos modificaciones principales desarrolladas para la adecuación del método por las ingenieras María Fernanda Serrano y Luz Marina Torrado, fueron la disminución de la temperatura de secado al horno de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $50 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  y el lavado de las muestras contaminadas con hidrocarburo a través del tamiz No. 200 u otro, con jabón para la realización del ensayo de determinación del tamaño de las partículas.

La obtención de los anteriores parámetros se basó en una serie de investigaciones que tenían como fin la obtención de los mismos; en el caso de la disminución de la temperatura de secado al horno, la misma se realizó con el fin de reducir los posibles riesgos ambientales y a la salud de los presentes en el laboratorio, provocados por la evaporación de los contaminantes en el horno y la expulsión de los mismos al ambiente por medio de los agujeros de ventilación del equipo. La realización del lavado con ayuda de jabón se debe principalmente a que la presencia de contaminantes en las muestras para los ensayos por medio de tamizado, dificulta la labor y alteran los resultados reales del ensayo al aumentar las masas de material gracias al contaminante.

El desarrollo de estas innovaciones permitió la definición de los Procedimientos Técnicos de Suelos Contaminados o PTSC propios de la universidad. Las labores anteriormente descritas hacen parte la investigación previa al desarrollo de la presente pasantía.

Como resultado del perfeccionamiento de los procesos de ensayo para los suelos contaminados, se desarrollaron una serie de normativas internas para cada una de

las pruebas a acreditarse; estos cuentan con características propias según su función y naturaleza, ya que según las mismas los pasos a realizarse pueden variar y por tanto no tener factores en común con los otros ensayos. Entre estos procedimientos desarrollados se encuentran:

- **PTSC-1** Determinación en el laboratorio del contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo contaminado con hidrocarburo, roca y mezclas de suelo contaminado con hidrocarburo-agregado. (Tomado y adaptado de la INV E-122-13).
- **PTSC-2** Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos contaminados con hidrocarburo (Tomado y adaptado de la INV E-123-13).
- **PTSC-3** Determinación del límite líquido de los suelos contaminados con hidrocarburo (Tomado y adaptado de la INV E-125-13).
- **PTSC-4** Límite Plástico e Índice de plasticidad de suelos contaminados con hidrocarburo (Tomado y adaptado de la INV E-126-13).
- **PTSC-5** Permeabilidad de suelos contaminados con hidrocarburo (Cabeza Constante) (Tomado y adaptado de la INV E-130-13).
- **PTSC-6** Relaciones de humedad-masa unitaria seca en los suelos para suelos contaminados con hidrocarburo (Tomado y adaptado de la INV E-142-13).
- **PTSC-6-1** Corrección del peso unitario y del contenido de agua y contaminante de suelos que contienen sobretamaños (Tomado y adaptado de la INV E-143-13).
- **PTSC-7** Consolidación unidimensional de los suelos contaminados con hidrocarburo (Tomado y adaptado INV E-151-13).
- **PTSC-8** Compresión inconfiada en muestras de suelo contaminado con hidrocarburo (Tomado y adoptado INV E-152-13).
- **PTSC-9** Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (CD) en suelos contaminados con hidrocarburo (Tomado y adaptado INV E-154-13).

#### 4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

A través del presente documento se busca dar informe de las actividades desarrolladas en el transcurso de la práctica empresarial denominada "PARAMETRIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA ANÁLISIS DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBURO", convenio entre Colciencias y la Universidad Pontificia Bolivariana UPB Bucaramanga, realizada en esta última entidad bajo la supervisión de la PhD. María Fernanda Serrano Guzmán actual directora de la Dirección General de Investigaciones DGI.

El proceso de actualización de los procedimientos realizados por el laboratorio de suelos y geotécnica de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, tiene como fin obtener la acreditación de los ensayos tanto para suelos contaminados como para no contaminados de:

1. Humedad
2. Granulometría
3. Límite líquido de Suelos
4. Límite plástico e Índice de Plasticidad de Suelos
5. Permeabilidad de Suelos – Cabeza Constante
6. Proctor Modificado
  - 6.1. Corrección del peso unitario y del contenido de agua de suelos que contienen sobretamaños
7. Consolidación unidimensional de los suelos
8. Compresión simple
9. Corte Directo

Las labores desarrolladas durante este tiempo incumben una amplia variedad de actividades, enfocadas principalmente al apoyo en el proceso de acreditación de los dieciocho ensayos enumerados con anterioridad.

Durante esta etapa las diferentes actividades ejecutadas se realizaron bajo la dirección de la actual coordinadora de los laboratorios de ingeniería civil, la ingeniera Nohora Emma Monsalve y la líder de calidad de la Universidad Pontificia Bolivariana, la química Claudia Quintero. Dadas las características del proceso de acreditación, las necesidades propias del laboratorio y la evolución de las labores se hizo necesario la constante transformación de los planes programados con la inclusión de nuevas actividades que suplieran las necesidades propias del momento para el proceso, así como la procrastinación y eliminación de diferentes tareas programadas inicialmente para dar paso a las ya mencionadas actividades suplementarias. Este dinamismo se hizo indispensable para dar cumplimiento a una serie de requisitos pertenecientes al proceso con el fin de garantizar la mayor calidad posible en los diferentes objetivos propuestos para el desarrollo de la acreditación.

Adicionalmente se realizaron labores ajenas al proceso ya mencionado en las cuales se brindó apoyo a la Dirección General de Investigaciones, estas labores no son mencionadas en el transcurso del presente escrito dado que su duración fue distribuida en diferentes intervalos de tiempo, resaltando por tal razón las funciones ejecutadas con el proyecto de acreditación de los ensayos del laboratorio de suelos.

#### **4.1. CRONOGRAMA DE TRABAJO**

El cronograma inicialmente planteado buscaba el desarrollo correspondiente a los diferentes objetivos establecidos para la práctica de una manera sucesiva, que permitiera la capacitación del pasante en las diferentes normas evaluadas, generando a través de este proceso una serie de resultados que servirían como apoyo y pruebas ante el Organismo Nacional de Acreditación ONAC, esta agenda establecida en la Tabla 1 Cronograma planteado , no presentaba mayores beneficios a lo que realmente eran los requerimientos del proceso, como sería la pronta socialización y capacitación de los encargados del laboratorio de suelos y geotecnia, la revisión de los distintos formatos internos del laboratorio llamados Procedimientos Técnicos de Suelos Contaminados y No Contaminados, PTSC y PTS respectivamente, y la realización de los comparativos de las normativas a ser entregados a la Dirección General de Investigaciones, además de otros de igual importancia.

Al encontrarse la problemática descrita anteriormente, la cual limitaba el rumbo a los objetivos del proceso de acreditación se realizaron una serie de modificaciones en la programación, las cuales se adaptaron durante el desarrollo de las actividades buscando el mayor beneficio posible para las labores prescritas de acreditación, con el fin de lograr el completo desarrollo de las actividades que complementarían el proceso propio que con lleva la realización de la certificación y que permiten al laboratorio recibir el reconocimientos por los resultados obtenidos a través de los diferentes ensayos acreditados. Buscando entonces el mayor beneficio para el laboratorio, la dirección general de investigaciones y por ende de la universidad se plantearon nuevas tareas guiadas por la cosecha del ya mencionado objetivo, las cuales fueron constantemente adaptadas a la situación y a las circunstancias, presentándose durante el transcurso de la pasantía distintos cronogramas de trabajo, respetándose en cada uno de ellos los elementos esenciales representados por los objetivos propuestos para la presente práctica empresarial y así mismo apuntando al cabal cumplimiento de lo planteado pero adaptándolo circunstancialmente.

*Tabla 1 Cronograma planteado inicialmente*

<b>Actividad</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>
1	Comparación Experimental de las normativas			
2		Desarrollo del Informe para la ONAC		
3			Implementación de la capacitación a laboratoristas	
4				Realización del curso para estudiantes

Esta serie de factores detectados en el transcurso de la práctica permitieron desarrollar un cronograma mucho más eficaz para el cumplimiento de los requerimientos del proceso propio de acreditación, elemento ya mencionado anteriormente; a través de esta nueva formulación de tareas se desarrollaron las diferentes actividades con las que se buscó apoyar al laboratorio con esta certificación, la Tabla 2 Cronograma adaptado al proceso representa gráficamente la programación final con la que se culminaron las labores destinadas al proceso de acreditación de las cuales fue participe el practicante.

Es elocuente aclarar que aunque este cronograma es el final, en el transcurso del proceso se realizaron, como ya se dijo, una serie de modificaciones, cada uno de estos cronogramas modificados y actualizados fueron debidamente entregados con los informes de avance desarrollados tanto al supervisor de la empresa como al de la universidad.

La Tabla 2 representa el cronograma final que se implementó en el proceso y se encuentra dividido con una escala de colores que permiten su inspección y entendimiento, el desarrollo de la pasantía investigativa se puede dividir básicamente en dos partes, la parte inicial o previa a la visita de la auditoría externa por parte de la ONAC y la parte final o posterior a dicha visita, cada una de estas fracciones se representa en el diagrama con un color diferente; para las labores realizadas previamente a la visita de auditoría se utilizó el color verde como señalización, mientras que para las acciones tomadas posteriormente a esta visita se utilizó el color azul, en medio de estas dos fracciones se encuentra la visita de los auditores demarcada con el color gris y la zona de color amarillo, la cual simboliza las actividades de revisión y diagnóstico de las recomendaciones realizadas por dichas personas.

Tabla 2 Cronograma adaptado al proceso

Actividad	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
1	Inspección de equipos, Socialización de los procedimientos y Revisión de los PTS			
2		Desarrollo de los comparativos		
		Segunda socialización de los procedimientos		
3			Señalización interna, limpieza y organización	
			1 <sup>ra</sup> Inspección por la ONAC	
			Análisis de los requerimientos actualizados	
			Realización de comparativos prácticos	
			Realización de formatos de supervisión técnica	
4				Realización de formatos de verificación de equipos y otros formatos.

*Tabla 3 Continuación Cronograma adaptado al proceso*

<b>Actividad</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>
4				Implementación de formatos de supervisión técnica y otros.
				Realización de videos, prueba de la actualización

Como se observa en el cronograma final de la Tabla 2 y 3, la gran mayoría de las actividades inicialmente planteadas no se realizaron durante el proceso o se realizaron bajo otro nombre, a continuación en el numeral 4.2 se realizará una descripción de aquellas tareas así como de las nuevas actividades.

#### **4.2. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES PLANTEADAS EN EL PLAN DE TRABAJO**

El proceso de acreditación ha requerido el desarrollo de diferentes actividades dentro de las cuales se contemplan una gran variedad de tareas, que en conjunto forman parte del proceso necesario para cumplir a cabalidad las expectativas planteadas inicialmente por la dirección general de investigaciones, la coordinación de laboratorios y la dirección de la facultad.

Cabe aclarar que las siguientes actividades desarrolladas no competen la totalidad de las labores necesarias para el proceso de acreditación, estas son solo algunas tareas asignadas al personal practicante dentro del proceso; así mismo no evidencian la generalidad de tareas realizadas durante el desarrollo de la pasantía institucional.

##### **4.2.1. Inspección de equipos**

Para garantizar el cumplimiento técnico de los equipos de laboratorio correspondientes a los ensayos a ser acreditados, se hizo necesaria la realización de una inspección a cada uno de ellos con la cual se buscó encontrar las posibles falencias en los mismos y generar una lista de compras correspondiente a los elementos necesarios a ser adquiridos para el proceso. (Figura 6)

*Figura 6 Inspección molde de proctor de 4"*



Durante la inspección se detectaron una serie de elementos imprescindibles e inexistentes para el correcto desarrollo de los ensayos a certificarse, elementos menores como algunos embudos tipo Büchner, papeles filtro, morteros de porcelana entre otros; y algunos equipos mayores como los moldes y martillos de compactación, el equipo destilador y los permeámetros para el ensayo de permeabilidad de cabeza constante (Figura 7).

*Figura 7 Adaptación Permeámetro de cabeza constante, Antes y Después*



#### 4.2.2. Socialización de los procedimientos

Uno de los principales objetivos de la práctica empresarial desarrollada en la Dirección General de Investigaciones de la UPB, era realizar una socialización de la nueva normativa INVIAS de los ensayos a acreditarse con el fin de general la sensibilización de las mismas y de realizar la actualización de los conocimientos por parte del personal de laboratorio, así mismo generar una postura crítica de los mismos ante las nuevas resoluciones además de una interiorización de las normativas. Este proceso se logró realizando dos socializaciones en diferentes momentos, durante las cuales se hizo una sensibilización técnica en la que se incluyeron discusiones acerca de los ensayos y la realización de los mismos.(Figura 8)

*Figura 8 Actividades de socialización práctica y teórica*



En la primera sensibilización se implementaron los procedimientos con los tres técnicos del laboratorio, durante estas reuniones se realizaron discusiones que permitieron el conocimiento y la adaptación de los laboratoristas a las nuevas normativas, así como la identificación de algunas diferencias en su desarrollo; en la segunda sensibilización realizada aproximadamente un mes después, en vísperas de la primer visita de los evaluadores de la ONAC, se buscó aclarar a través de una lectura técnica de las diferentes normas las dudas presentas hasta el momento; en esta segunda socialización se analizaron no solo los procedimientos de obtención de la muestra y del ensayo, sino también lo relacionado con los objetivos, cálculos, informes y en general a toda la normativa.

#### **4.2.3. Revisión de los procedimientos técnicos**

La UPB a través de la Dirección General de Investigaciones y en compañía de la coordinación de los laboratorios desarrollaron, como ya se dijo, unos procedimientos técnicos tanto para suelos contaminados como no contaminados regidos por las normativas INVIAS, estos procedimientos tuvieron que ser revisados con el fin de realizar algunas correcciones en su forma y sintaxis, detectando posibles anomalías e incongruencias. Esta revisión dio lugar a algunas correcciones en los mismos así, como sugerencias para el INVIAS y la ASTM en cuanto a algunos elementos incoherentes encontrados en estas normas base.

#### **4.2.4. Desarrollo de los comparativos**

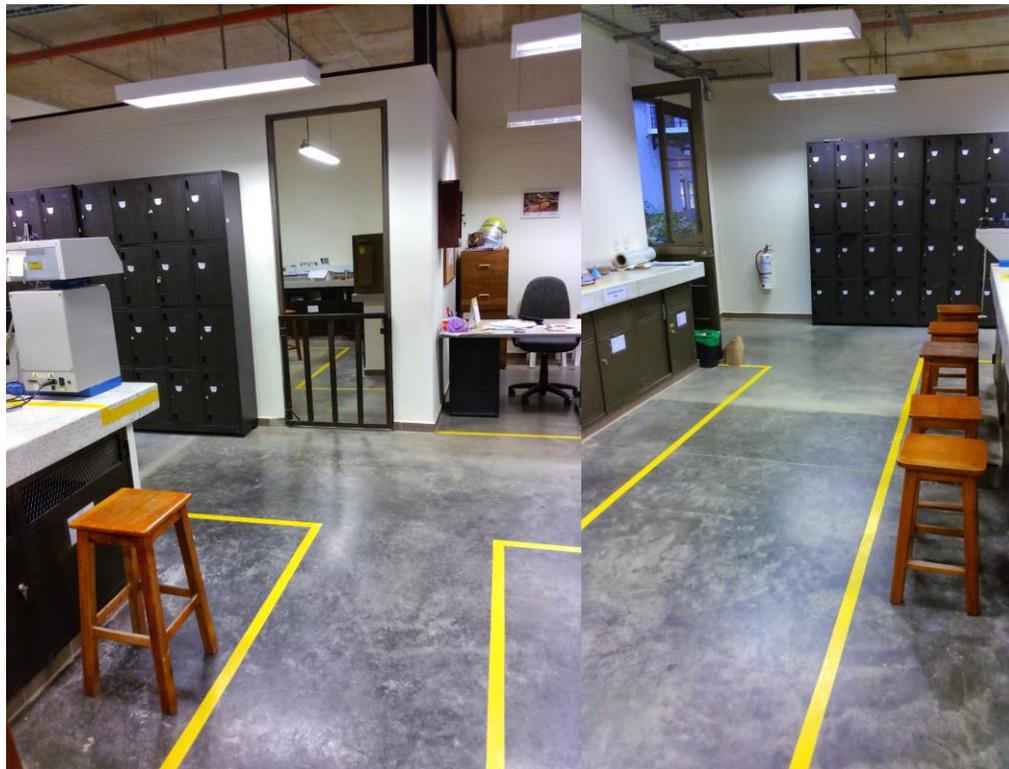
Como elemento de apoyo del proceso planteado de acreditación, así como también con el fin de realizar la adaptación para la publicación de los procedimientos se realizó un comparativo que contrastaba las versiones 2007 y 2013 de las diferentes normas evaluadas en el proceso de acreditación previamente descrito; estos elementos desarrollados se encuentran adjuntos en los anexos del presente documento, en estos comparativos no solo se buscó contrastar los diferentes procedimientos, sino la totalidad de las normas, es decir desde sus objetivos hasta su bibliografía realizando a su vez un breve análisis de algunos de los elementos diferenciativos detectados, como cambios en sus procedimientos, elementos o en algunas ocasiones cambios de sintaxis.

#### **4.2.5. Organización, limpieza y señalización interna del laboratorio de geotecnia y pavimentos**

Con el fin de adoptar los diferentes protocolos de seguridad industrial aplicables al laboratorio de geotecnia y pavimentos, se procedió a realizar la organización, limpieza y señalización de las diferentes áreas de trabajo del mismo, respetando los espacios establecidos para tal fin y basándose en el principio de anteponer el uso real del laboratorio, buscando que esta medida no solo fuese momentánea sino permanente, con lo cual se establecieron espacios particulares para la realización de los diferentes ensayos, en este caso no solo los ensayos a acreditarse sino la generalidad de los mismos realizados en el laboratorio de geotecnia y pavimentos. (Figura 9)

Así mismo, con el fin de establecer las características propias de un sistema de calidad integral, las actividades de organización, limpieza y señalización se replicaron en cada uno de los laboratorios de la facultad de ingeniería civil, con la excepción de la inspección e inventario interno que se realizó con el laboratorio de geotecnia y pavimentos, para la instalación de las etiquetas en las gavetas de almacenamiento con el contenido de cada una de ellas escrito en las mismas.

*Figura 9 Estado del laboratorio posterior a las actividades de organización, limpieza y señalización*



#### **4.2.6. Primera inspección por el organismo evaluador**

En los días 4, 5 y 6 de noviembre del 2014 los evaluadores realizaron las inspecciones tanto técnicas como administrativas, en las cuales se detectaron algunos elementos a ser corregidos para la visita final.

#### **4.2.7. Análisis de los requerimientos y desarrollo e implementación de formatos de supervisión, verificación y demás.**

Para el mejoramiento de los procesos de calidad llevados a cabo por el laboratorio de geotecnia, se decidió implementar una serie de formatos que evalúan diferentes aspectos propios de las actividades desarrolladas dentro de las instalaciones. Estos formatos desarrollados, los cuales se adjuntan en los anexos, permitieron la identificación de problemas en el progreso de los procedimientos e igualmente de fortalezas que de otra forma no se hubiesen evidenciado, como es el caso de los formatos de supervisión técnica que facilitaron la identificación de errores en el desenvolvimiento de la labor y de igual forma de sus fortalezas; así mismo los formatos de verificación facilitaron la inspección de equipos y la obtención de evidencia tangible que garantizaran los requerimientos de algunos elementos como la batidora, la cual se verifico con diferentes equipos para obtener

la velocidad real de la misma y demostrar su cabal cumplimiento con los requisitos establecidos en la normativa de análisis por hidrómetro (Figura 10 y Figura 11).

*Figura 10 Lámpara estroboscópica para medición de velocidades*



*Figura 11 Verificación de la batidora con la lámpara estroboscópica*



Los formatos también tienen una función diferente a la indagación, la cual constituye una ventaja para el proceso, y es la verificación de factores claves para el correcto desarrollo de algunos ensayos como el control de temperaturas y humedades, la inspección de limpieza y organización y el control de acceso; adicionalmente a través del formato de observaciones, recomendaciones y sugerencias para el mejoramiento de políticas internas de calidad (Figura 12) se logró integrar a todo el personal técnico y operativo del laboratorio, así como el administrativo con el fin de la identificación de todos aquellos obstáculos que se presentan para el adecuado desempeño de las labores, permitiendo conocer los puntos de vista de aquellas personas que se encuentran en contacto directo con la tarea, como es el caso de los técnicos de laboratorio quienes constantemente realizan las actividades operativas, por lo cual son ellos quienes realmente conocen los requerimientos propios del proceso y por ende pueden dar las soluciones más propicias para las contrariedades detectadas.

*Figura 12 Formato de Recomendaciones, Observaciones y Sugerencias como Mejoramiento de Políticas Internas de Calidad*

Universidad Pontificia Bolivariana		FORMATO DE RECOMENDACIONES, OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS COMO MEJORAMIENTO DE POLÍTICAS INTERNAS DE CALIDAD		
		Código: XX-FO-XXX		
		Versión: XX		
LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL		DÍA	MES	AÑO
DATOS PERSONALES				
Persona que realiza: _____				
Cargo: _____ id: _____				
RECOMENDACIONES, OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS				

#### 4.2.8. Realización de videos prueba de actualización de los procedimientos

Se planteó por parte de la Dirección General de Investigaciones (DGI) la realización de una serie de videos que permitieran dar a conocer los procedimientos técnicos desarrollados para los suelos contaminados, con el fin de socializar estas prácticas obtenidas a través de actividades investigativas ante la comunidad académica. Estos videos han venido siendo desarrollados por la DGI. Se busca con ese proceso fomentar la investigación y mostrar la innovación de los mismos. Dichos videos estarán disponibles en la web en las páginas de la Dirección General de Investigaciones y/o la página de los laboratorios de ingeniería civil a partir del año 2015. (Figura 13)

*Figura 13 Balanza, Imagen de apoyo de videos*



Estos videos contemplan los procedimientos básicos para la realización de cada uno de los nueve ensayos planteados, así como la descripción de su objetivo principal y en algunos casos una muestra sencilla de lo que son los cálculos y los resultados obtenidos. (Figura 14)

*Figura 14 Capsulas para la determinación de humedad, Imagen de apoyo para videos*



#### **4.2.9. Análisis experimental de las normativas evaluadas**

En el transcurrir de la pasantía investigativa, como ya se dijo, se decidió dar prioridad a las actividades propias de la acreditación por lo cual el proceso de analizar dos muestras de suelo una limpia y otra contaminada con hidrocarburo. En ambas muestras se siguieron los procedimientos de los ensayos anteriormente descritos con base a las dos normativas INVIAS ya expuestas es decir las versiones 2007 y 2013, orígenes de los Procedimientos Técnicos de Suelos Contaminados y No Contaminados, PTSC y PTS respectivamente desarrollados por la Universidad Pontificia Bolivariana. Estos ensayos fueron realizados con la ayuda del personal de laboratorio y la Dirección General de Investigaciones, quienes a través de las actividades de elaboración de los ensayos con el fin de obtener evidencia tangible de la repetitividad y reproducibilidad propia del laboratorio y de los técnicos en el trabajo con suelos contaminados y no contaminados proporcionaron información valiosa para el objetivo planteado. Esto en cuanto a lo relacionado con la versión 2013 de la norma INVIAS dado que como es de suponerse las pruebas realizadas por parte del laboratorio tenían como base dicha norma, y por ende los resultados obtenidos fueron de apoyo para la misma versión.

Para los resultados de la versión 2007 de las normas evaluadas se contó con el apoyo de la DGI quienes a través de su banco de archivos y datos permitieron obtener evidencias para los ensayos realizados con la norma de dicha versión, los cuales fueron alcanzados a su vez con ayuda de investigadores, tesis, practicantes y demás colaboradores de dicha oficina. Estos resultados como es de suponerse no se vieron realizados por el practicante en lo relacionado con la ejecución de dichos ensayos, pero como se explicó anteriormente en lo relativo a las pruebas basadas en la norma 2013 y lo expuesto durante el desarrollo del informe, la labor principal desempeñada por el practicante fue brindar el apoyo y acompañamiento de los técnicos a través de la socialización de la actualizaciones de las normativas y la supervisión técnica de los mismos con ayuda de dichas normas y con el fin de asistir el proceso de certificación, por lo cual el pasante no pudo realizar dichas actividades en el tiempo establecido.

Algunos de los resultados obtenidos con los ensayos se presentan como anexos en el documento expuesto, donde se podrá consultar la información pertinente a los mismos, aunque con limitaciones puesto que estos son confidenciales en muchos aspectos por lo cual la información visible serán solo los datos relevantes para esta publicación.

#### **4.2.10. Apoyo en la realización del informe para la ONAC**

En el cronograma inicial se planteó como objetivo la redacción de un informe para la ONAC que les permitiera conocer el estado de la actualización de la normativa INVIAS vigente por parte del laboratorio de suelos y geotecnia de la universidad,

con el fin de presentar evidencias ante el mismo que acreditaran dicho proceso; como parte de los requerimientos planteados por esta entidad no se estableció la realización de dicho informe ya que como parte de sus funciones y labores contratadas, son ellos quien a través de la visita de auditoria identifican el estado no de actualización como se planteaba en el objetivo, sino de cumplimiento con la normativa que sirve de base para el proceso de certificación. Por tal razón no se hizo necesario el registro de dichas actualizaciones y por el contrario se decidió realizar los videos prueba de actualización de los procedimientos que apoyaran las actividades acordadas con Colciencias.

#### **4.2.11. Realización del curso**

En este caso al igual que en el caso del informe a presentarse ante la ONAC, el objetivo planteado inicialmente que buscaba desarrollar un curso de capacitación para estudiantes en la temática expuesta, es decir en la actualización de la normativa INVIAS 2013 para los ensayos analizados, no fue realizado puesto que se decidió dar prioridad a las asignaciones propias del proyecto de certificación llevado a cabo, antes de proceder a la socialización de los desarrollos en innovación de tratamiento y prueba de suelos contaminados con hidrocarburos de diferentes tipos.

Aunque se dio preferencia a cometidos diferentes a la socialización mediante el curso a estudiantes, no se olvidó por completo este objetivo ya que al igual que en el caso anterior del informe para el ente acreditador se buscó por medio de la realización de los videos del numeral 4.2.8., dejar dispuestos elementos que permitieran a futuros o actuales estudiantes conocer los procedimientos adecuados para el trabajo de ensayo e investigación con suelos contaminados con hidrocarburo, acompañados estos con la posibilidad de obtención de los procedimientos técnicos de suelos contaminados con hidrocarburo a través del contacto directo con el laboratorio o la dirección general de investigaciones, previa autorización de los mismos.

En general se puede decir que cada una de estas tareas permitió la identificación de una serie de factores decisivos en el proceso, como la inspección de los equipos la cual posibilito la detección de los diferentes elementos que incumplían con la nueva normativa o que se encontraban faltantes con los recientes requerimientos, caso específico el quipo destilador de agua que resulta necesario en los procedimientos de análisis por hidrómetro y la preparación de las muestras para los ensayos de límites.

Las modificaciones de las actividades realizadas durante la práctica obedecieron al avance particular del proceso de acreditación pero en su lugar se plantearon y realizaron otras actividades nuevas buscando dar soluciones a las situaciones

más resientes y de mayor relevancia para el proceso de acreditación, actividad principal desarrollada en el transcurso de la práctica empresarial.

## 5. APORTE AL CONOCIMIENTO.

A través del proceso de actualización de los procedimientos de los ensayos a acreditarse por el laboratorio se desarrollaron diferentes actividades que han permitido afianzar algunos conocimientos adquiridos en el área de suelos y geotecnia por el estudiante durante sus años de estudio, como el reconocimiento de los diferentes equipos utilizados en el desarrollo de cada práctica, así como las características y funciones del mismo dentro de los procesos, en el área de los procedimientos se ha identificado algunos factores que aunque parecen insignificantes, influyen directamente sobre la muestra cambiando sus propiedades y por ende afectando los resultados obtenidos, como es el caso del secado a diferentes temperaturas para los materiales con contenidos orgánicos o yesos, o el patrón de golpes establecido en el ensayo de proctor modificado para cada capa los cuales buscan cubrir la totalidad de la superficie a compactar, igualmente la saturación previa de las piedras porosas en el ensayo de consolidación y la limpieza de las mismas hirviéndolas, entre otros. Durante el desarrollo de las prácticas se han identificado a su vez algunas mejoras a hacer en algunos procesos como el pasar las muestras de suelo humedecidas por el tamiz No. 4 sin ocasionar la pérdida de material con el fin de mejorar la distribución del contenido de agua dentro de la muestra de proctor modificado y la instalación de una base que inhiba el bamboleo durante el golpe en el mismo ensayo.

La inspección de las herramientas, materiales y equipos al inicio de la práctica empresarial en los laboratorios de ingeniería civil de la UPB, arrojó resultados satisfactorios para el proceso identificándose los elementos problemáticos o en desacuerdo de la normativa actualizada (Norma INVIAS 2013) caso particular de los equipos de permeabilidad cabeza constante, los cuáles debieron ser ajustados incluyéndose en ellos dos salidas para manómetros, igualmente el diseño de un tanque de cabeza constante que permite la entrada de agua si aire al permeámetro para este mismo ensayo, en algunas otras pruebas como los ensayos de límites se hizo necesario la compra de algunos recipientes de mezclado, espátulas y un equipo destilador de agua; en el caso de proctor se decidió optar por la adquisición de algunos moldes y un martillo manual que estuvieran completamente acordes a los diseños planteados en su respectiva normativa (INV E-142-13), para los equipos de consolidación se hizo necesaria la compra de un dial con precisión de 0.0001 pulgadas para la toma de deformaciones ya que el requerimiento de precisión por parte de la norma INV E-151-13 para este fin es mayor al que actualmente posee uno de los equipos, este dial pasará a hacer parte del equipo de corte directo para la medición de los desplazamientos horizontales exigidos por su procedimiento y que no se realizaban con antelación.

Los formatos tanto de toma de datos como de presentación de informes para los diferentes ensayos están en proceso de modificación y actualización por parte del personal encargado del análisis de resultados del laboratorio y de su coordinadora, quienes también establecerán la disposición de los equipos para los nuevos requerimientos de la normativa dentro del laboratorio incluyéndose espacios de trabajo propios para cada ensayo.

El proceso de comparación de la norma INVIAS entre sus versiones 2007 y 2013 para los ensayos a acreditarse se desarrolló a cabalidad lo cual arrojó algunos elementos semejantes y diferenciales de los procedimientos, como podría ser la inclusión del cliente en el proceso de ensayo, donde este será responsable de elegir cuál de los métodos establecidos en cada norma serán los procedimientos a los que se someterá el espécimen, incluyéndose claramente, un procedimiento por default para cada ensayo en caso de no haber especificaciones por parte del contratante.

De estas comparaciones se encontraron las mayores diferencias en el ensayo de Límite líquido ya que se incluye un procedimiento de preparación de la muestra por vía húmeda que permite realizar la prueba sin necesidad de un secado previo de la muestra, pero se incluye en este mismo proceso la obligación de realizar un curado de la misma. Otro ensayo que presenta grandes diferencias es el ensayo modificado de compactación el cual al igual que en el anterior caso incluye un procedimiento de preparación por vía húmeda a través del cual se permite la elaboración de las diferentes submuestras a la humedad deseada para su respectivo curado según su clasificación; la principal diferencia de este ensayo radica en que no se permite la reutilización del material compactado en el punto anterior ya que esto puede aumentar significativamente el peso unitario del suelo llevando el porcentaje de compactación a valores inalcanzables en terreno. De los ensayos evaluados, el ensayo que mayor similitud presenta es el de permeabilidad de cabeza constante, sus equipos, procedimientos y cálculos no introducen ningún cambio, siendo este el único ensayo de los evaluados que permaneció prácticamente estático.

## 6. OBSERVACIONES

- A través de los procesos de socialización y sensibilización fue evidente la disposición y apoyo del personal de laboratorio, los cuales estuvieron dispuestos a realizar la actualización de los procesos y por ende de sus conocimientos, para obtener no solo la meta en común propuesta, la cual es la acreditación de la totalidad de estos ensayos, sino también para la interiorización de estos procedimientos y la actualización de sus conocimientos para el desarrollo de su vida profesional.
- Durante la primer evaluación realizada por la ONAC desde el 4 al 6 de noviembre del año en curso se evidenció de forma activa el apoyo e interés por parte de todas las dependencias participantes del proceso, como son la coordinación de laboratorio, la coordinación de calidad, la dirección de la facultad de ingeniería civil y la dirección general de investigaciones.
- Aunque diferentes procesos tuvieron que ser adaptados a las circunstancias, es decir a las características del laboratorio y sus componentes, se buscó mantener siempre la calidad en el desarrollo de los mismos.
- El desarrollo de las actividades se hizo en muchos casos adaptándose a los requerimientos del momento, dado que el proceso generó constantemente la implantación de nuevos planes de acción y labores a realizar para el cumplimiento de las obligaciones.

## 7. CONCLUSIONES.

- El desarrollo de los diferentes comparativos permitió encontrar algunas diferencias sustanciales de cada uno de los ensayos, detectándose en los nuevos procedimientos una serie de principios, competencias e instrucciones que permiten de una forma más fácil el entendimiento del proceso, de su fin y de la teoría asociada a los mismos. Identificándose en cada una de las normativas vigentes elementos que amplían la visión del proceso, como es el caso de la no reutilización de las muestras de suelos para el ensayo de proctor, o la necesidad del uso de agua destilada para los ensayos de límites, y la mayor exactitud del procedimiento de permeabilidad con el uso de los tubos manométricos, entre otros.
- La realización de los ensayos como análisis experimental de las normativas permitió conocer las diferencias en los comportamientos de los procesos llevados a cabo en los cuales se evidencio la misma situación que en los comparativos desarrollados, es decir los ensayos con mayores variaciones fueron límites y compactación modificada, esto en cuanto a los procesos de preparación de muestras; pero el ensayo de determinación de los tamaños de las partículas anteriormente conocido como granulometría por tamizado fusiono el procedimiento por tamizado e hidrometría permitiendo conocer las características de las partículas pasantes al tamiz No.200 que generalmente son omitidas en las investigaciones de suelos.
- El proceso de socialización de los nuevos procedimientos al personal operativo del laboratorio, posibilito el conocimiento e interiorización de los mismos por parte de los funcionarios, la retroalimentación de cada uno de los procesos y resultados, genero un análisis de las diferencias prácticas de los métodos realizados hasta el momento; y así mismo la familiarización de estos, e incentivó a su vez la postura crítica por parte del personal asistente. La revisión de la versión 7 de los PTS (Procedimientos Técnicos de suelos) y PTSC (Procedimientos Técnicos de suelos Contaminados) permitió detectar algunos elementos que se encontraban en disconformidad con la normativa INVIAS 2013, componentes que fueron corregidos y planteados para una octava versión de los mismos.
- La adaptación de un laboratorio a una fase de acreditación resulta dispendiosa, ya que exige la actualización, certificación, calibración y/o cambios de una serie de equipos y herramientas, identificados a través de una inspección minuciosa de los mismos, teniendo como referencia los parámetros establecidos para tal fin en la normativa evaluadora; pero el objetivo de lograr dicho proceso abre las puertas para un trabajo de mayores y mejores características.

- La generación de los diferentes formatos desarrollados e implementados en el laboratorio dio a conocer la importancia de manejar dentro de la documentación interna de la organización, presentaciones en común que permitan a las diferentes dependencias conocer los aspectos básicos del archivo estipulado, así facilitar la comunicación interna y mantener además una única presentación empresarial para cada archivo generado.
- Los videos desarrollados durante la práctica buscaron compartir los procedimientos de ensayo a la comunidad académica en general y permitirá que diferentes personas puedan tener acceso a la investigación realizada, así como a las innovaciones encontradas en el proceso.
- La serie de actividades desarrolladas en el transcurso de la práctica empresarial denominada **PARAMETRIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS PARA ANÁLISIS DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBURO** han permitido el desarrollo de nuevas competencias en el área de suelos y geotecnia, los diferentes procedimientos han logrado a su vez el fomento de liderazgo y control de situaciones por parte del pasante.
- El desarrollo de un proceso de acreditación obliga a la adaptación de no solo los laboratorios, los formatos y los procedimientos sino también del personal que en ellos laboran, ya que implica no solo el cambio de algunas herramientas u equipos, sino de los conocimientos que han sido adquiridos por sus operarios a través del tiempo.
- Aunque no se logró el cabal cumplimiento de todos los objetivos planteados, dado que se buscó dar prioridad al proceso de acreditación y por ende de capacitación y realización de ensayos por parte del personal, así como de las demás actividades propias del proceso, no se dejó a un lado las intenciones iniciales ya que a través de actividades suplementarias que dieran un mayor beneficio a las fases de acreditación se buscó indirectamente lograr un parcial cumplimiento de uno de los objetivos no realizados, como fue el desarrollo de los videos como método de capacitación alterno y de mayor difusión para la comunidad académicas, claro está, estos apoyados para la facilidad de consecución de las normas desarrolladas por la UPB para el trabajo con suelos contaminados con hidrocarburos.

## 8. RECOMENDACIONES

- Los logros efectuados durante el proceso preparatorio para la acreditación fueron amplios, realizados a través de un trabajo arduo de los diferentes participantes en el proceso, es primordial y fundamental que los diferentes resultados obtenidos sean permanentes y permanezcan en el tiempo, permitiendo que este apoyo y organización mancomunados sean persistentes y no efímeros.
- Se recomienda que las labores de acreditación, aunque sean arduas se extiendan a los demás laboratorios de ingeniería civil con el fin de lograr certificar los procedimientos realizados como ensayos de alta calidad, reconociendo así la excelencia característica de la universidad.
- Es adecuado que el trabajo con calidad particular de un laboratorio acreditado sea adoptado no solo para las labores de venta de servicios, sino también para las actividades de clase, tesis e investigación, realizando una inducción en los procesos básicos de calidad en los ensayos y trabajos dentro del laboratorio a todos y cada uno de los participantes de las tareas desarrolladas en las instalaciones del mismo, con el fin de mantener una labor común con calidad.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación, Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá. ICONTEC, 2008. 14h. (NTC 1486)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Historia. [en línea]. <[http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,31059593,1134\\_55397061&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,31059593,1134_55397061&_dad=portal&_schema=PORTAL)> [citado en 25 de noviembre de 2014]

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Acreditación. [en línea]. <[http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,31185365,1134\\_55397067&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,31185365,1134_55397067&_dad=portal&_schema=PORTAL)> [citado en 25 de noviembre de 2014]

LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL UPB. Historia. [en línea]. <<http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/historia>> [citado en 10 de diciembre de 2014]

LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL UPB. Acreditación. [en línea]. <<http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/acreditacion>> [citado en 10 de diciembre de 2014]

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Preparación en seco de muestras de suelo y suelo-agregado para ensayo. Bogotá. INVIAS, 2007. 5h. (I.N.V.E-106-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Determinación en laboratorio del contenido de agua (Humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. Bogotá. INVIAS, 2007. 8h. (I.N.V.E-122-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Análisis granulométrico de suelos por tamizado. Bogotá. INVIAS, 2007. 6h. (I.N.V.E-123-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Determinación del límite líquido de los suelos. Bogotá. INVIAS, 2007. 13h. (I.N.V.E-125-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Bogotá. INVIAS, 2007. 7h. (I.N.V.E-126-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Permeabilidad de suelos granulares (Cabeza constante). Bogotá. INVIAS, 2007. 10h. (I.N.V.E-130-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Relaciones de humedad-masa unitaria seca en los suelos (Ensayo modificado de compactación). Bogotá. INVIAS, 2007. 12h. (I.N.V.E-142-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Corrección por partículas gruesas en el ensayo de compactación de suelos. Bogotá. INVIAS, 2007. 6h. (I.N.V.E-228-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Consolidación unidimensional de los suelos. Bogotá. INVIAS, 2007. 17h. (I.N.V.E-151-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Compresión inconfiada en muestras de suelos. Bogotá. INVIAS, 2007. 11h. (I.N.V.E-152-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Determinación de la resistencia al corte método de corte directo (CD) (Consolidado Drenado). Bogotá. INVIAS, 2007. 10h. (I.N.V.E-154-07)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Conservación y transporte de muestras de suelos. Bogotá. INVIAS, 2013. 16h. (INV E-103-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Preparación en seco de muestras de suelo por vía seca para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas. Bogotá. INVIAS, 2013. 4h. (INV E-106-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Determinación en laboratorio del contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. Bogotá. INVIAS, 2013. 12h. (INV E-122-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos. Bogotá. INVIAS, 2013. 22h. (INV E-123-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Determinación del límite líquido de los suelos. Bogotá. INVIAS, 2013. 20h. (INV E-125-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. Bogotá. INVIAS, 2013. 10h. (INV E-126-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Permeabilidad de suelos granulares (Cabeza constante). Bogotá. INVIAS, 2013. 12h. (INV E-130-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Relaciones de humedad - peso unitario seco en los suelos (Ensayo modificado de compactación). Bogotá. INVIAS, 2013. 26h. (INV E-142-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Corrección del peso unitario y del contenido de agua de suelos que contienen sobretamaños. Bogotá. INVIAS, 2013. 6h. (INV E-143-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Consolidación unidimensional de los suelos. Bogotá. INVIAS, 2013. 34h. (INV E-151-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Compresión inconfiada en muestras de suelos. Bogotá. INVIAS, 2013. 12h. (INV E-152-13)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (CD). Bogotá. INVIAS, 2013. 22h. (INV E-154-13)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Determinación en laboratorio del contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. Bucaramanga. UPB, 2014. 14h. (PTS-1)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos. Bucaramanga. UPB, 2014. 26h. (PTS-2)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Determinación del límite líquido de los suelos. Bucaramanga. UPB, 2014. 26h. (PTS-3)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. Bucaramanga. UPB, 2014. 14h. (PTS-4)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Permeabilidad de suelos granulares (Cabeza constante). Bucaramanga. UPB, 2014. 14h. (PTS-5)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Relaciones de humedad - peso unitario seco en los suelos (Ensayo modificado de compactación). Bucaramanga. UPB, 2014. 34h. (PTS-6)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Corrección del peso unitario y del contenido de agua de suelos que contienen sobretamaños. Bucaramanga. UPB, 2014. 7h. (PTS-6-1)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Consolidación unidimensional de los suelos. Bucaramanga. UPB, 2014. 46h. (PTS-7)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Compresión inconfiada en muestras de suelos. Bucaramanga. UPB, 2014. 16h. (PTS-8)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (CD). Bucaramanga. UPB, 2014. 38h. (PTS-9)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Determinación en laboratorio del contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo contaminado con

hidrocarburo, roca y mezclas de suelo contaminado con hidrocarburo-agregado. Bucaramanga. UPB, 2014. 14h. (PTSC-1)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos contaminados con hidrocarburo. Bucaramanga. UPB, 2014. 26h. (PTSC-2)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Determinación del límite líquido de los suelos contaminados con hidrocarburo. Bucaramanga. UPB, 2014. 26h. (PTSC-3)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Límite plástico e índice de plasticidad de suelos contaminados con hidrocarburo. Bucaramanga. UPB, 2014. 14h. (PTSC-4)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Permeabilidad de suelos contaminados con hidrocarburo (Cabeza constante). Bucaramanga. UPB, 2014. 14h. (PTSC-5)

UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA. Relaciones de humedad - masa unitaria seca en los suelos para suelos contaminados con hidrocarburo (Ensayo modificado de compactación). Bucaramanga. UPB, 2014. 34h. (PTSC-6)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Corrección del peso unitario y del contenido de agua y contaminante de suelos que contienen sobretamaños. Bucaramanga. UPB, 2014. 7h. (PTSC-6-1)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Consolidación unidimensional de los suelos contaminados con hidrocarburo. Bucaramanga. UPB, 2014. 46h. (PTSC-7)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Compresión inconfiada en muestras de suelos contaminados con hidrocarburos. Bucaramanga. UPB, 2014. 16h. (PTSC-8)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (CD) en suelos contaminados con hidrocarburo (Consolidado Drenado). Bucaramanga. UPB, 2014. 38h. (PTSC-9)

**Anexo 1 Comparativo INVIAS 122 (Humedad)**

	<b>I.N.V.E-122-07</b>	<b>INV E-122-13</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Nombre</b>	<b>DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO</b>	<b>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO</b>	Se evidencia un cambio de sintaxis en el título
<b>Objeto</b>	El contenido de agua es definido como la relación entre la masa de agua que llena los poros de la muestra y la masa de partículas sólidas del material. Se establece el significado del término material sólido como las partículas minerales que se forman naturalmente y no se disuelven fácilmente en agua. Por lo tanto los suelos con materias extrañas como cemento o semejante requieren un tratamiento especial o una definición calificada del contenido de agua. La temperatura normal de secado es de 110°C, pero para reducir la deshidratación del yeso u otros compuestos con agua hidratada, y la descomposición de	No se incluye una definición para contenido de agua o humedad. El término material sólido significa partículas minerales de suelo y roca que se forman naturalmente y no son fácilmente solubles en agua. La humedad en suelos con materias extrañas como cemento requiere una definición calificada. La temperatura normalizada de secado es de 110°C, pero para reducir la deshidratación del yeso u otros compuestos con agua hidratada, y la descomposición de materiales orgánicos, el secado se debe hacer a 60°C (140°F) o en un desecador a temperatura natural. En los casos en que se use una temperatura de secado diferente a	Se elimina la definición para contenido de agua o humedad en la normativa 2013. Se aclara con mayor precisión el término material sólido en la INV E-13, pero se reduce la aclaratoria de los suelos con materias extrañas. Se cambia el término temperatura normal de secado por temperatura normalizada de secado y adicionalmente se incluye la conversión a grados Fahrenheit para la temperatura de secado de materiales orgánicos o con compuestos con agua hidratada. Se menciona la posibilidad de la reducción de tiempos de secado con ayuda de un horno microondas y un adecuado

	<p>materiales orgánicos, el secado se debe hacer a 60°C o en un desecador a temperatura natural. Cuando se usa una temperatura diferente a 110°C la humedad resultante puede variar a la obtenida con la temperatura normal. Los materiales que contienen sólidos solubles al ser ensayados por este método incluyen en la masa de sólidos secos las partículas solubles, razón por la cual requieren un procedimiento para retirar o cuantificar los sólidos precipitados en la masa seca, o debe usarse una definición calificada del contenido de agua. Dado que la toma de humedades por este método implica varias horas se establece la norma INV E-135 para secado en horno microondas, lo cual reduce el tiempo del proceso. No se debe usar esta norma para determinar la humedad en suelos contaminados ya que requiere el secado a altas temperaturas,</p>	<p>la normalizada, la humedad puede ser diferente al determinado a 110 °C. Se aclara que cuando los materiales contienen grandes cantidades de sólidos solubles en el agua, estos se incluyen en la masa seca final y que requieren un tratamiento especial para retirar o determinar su contenido. Se indica la posibilidad de secado en horno microondas según el procedimiento de la norma INV E-135 con el fin de reducir tiempos. Ya que el procedimiento a realizar implica el uso de altas temperaturas, este no se debe usar para secar muestras contaminadas, a menos de que se empleen las medidas de precaución pertinentes. Se introducen dos metodologías para la determinación del contenido de agua las cuales se diferencian por el número de cifras significativas necesarias, en caso de que no se indique que</p>	<p>procedimiento. Se resalta la importancia de tomar medidas preventivas para el uso del procedimiento en suelos contaminados. Se implementa una nueva metodología de toma de datos para la normativa 2013, la cual viene regida por el número de cifras significativas, lo cual resulta importante si los datos se usaran para la implementación de otros procedimientos. Se elimina en la INVIAS 2013 la cláusula que responsabiliza al usuario de la normativa por el establecimiento de adecuadas medidas de seguridad y salubridad además de la aplicación las limitaciones regulatorias.</p>
--	---	--	--

	<p>excepto en los casos en que se tomen las medidas preventivas adecuadas. Es responsabilidad de quien aplique la norma el establecimiento de prácticas de seguridad y salubridad adecuadas además de la determinación de la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su uso.</p>	<p>metodología usar, se aplicara por defecto la metodología A. Método A - El contenido de agua, por masa se registra al 1%. Método B - El contenido de agua, por masa se registra con aproximación a 0,1%. Se incluye la aclaratoria de revocamiento de la normativa 2007 y la implementación de la 2013.</p>	
<b>Definiciones</b>		<p>Se implementa un nuevo apartado donde se incluyen las definiciones aplicables a la norma, Contenido de agua por masas - Es la relación porcentual entre la masa de agua que llena los poros del material y la masa propia de las partículas de este. Masa seca Constante - Es el estado en el que con un calentamiento adicional la pérdida de masa adicional es inferior a 1% o 0,1% según el método usado.</p>	<p>Se amplían los elementos teóricos de la norma.</p>

<b>Resumen del método</b>	Se busca conocer la masa de agua removida al secar la muestra a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) hasta peso constante, donde este sería el valor de masa de agua del espécimen, y la masa de las partículas sólidas es la masa del material remanente. La humedad o contenido de agua se calcula relacionando la masa del agua de la muestra humedad con la más de la muestra seca.	Se seca la muestra a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) hasta masa constante. Se considera que la masa perdida en el secado es agua y el remanente es la muestra seca. El contenido de agua se calcula relacionando la masa de agua en la muestra húmeda con la masa en la muestra seca.	Se estable un resumen similar del procedimiento en ambas normativas, aunque el procedimiento básico es el mismo cambia la sintaxis.
<b>Uso y Significado / Importancia y Uso</b>	Uso y Significado	Importancia y Uso	Cambia el título del numeral aunque sus ítems presentan el mismo significado.
<b>Equipos</b>	<b>Horno</b> - Controlado termostáticamente y de temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . <b>Balanzas</b> - con precisión de $\pm 0,01$ g para muestras con masa igual o inferior a 200 g, y $\pm 0,1$ g para muestras con masa mayor a 200 g. <b>Recipientes</b> - resistentes a la corrosión y a cambios de masa, para muestras inferiores a 200 g se usan recipientes	<b>Horno</b> - Control termostático y temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . <b>Balanzas</b> - con legibilidad de 0,1 g para muestras de menos de 200 g y de 0,1 g para muestras de masa mayor. <b>Recipientes para la muestra</b> - resistentes a la corrosión, cambios de masa; herméticos a menos de que se use desecador para muestras de hasta 200 g y sin tapa para	Se introducen nuevas herramientas y equipos en la normativa 2013 como el desecador, el aparato de manejo de muestras y los elementos misceláneos.

	herméticos.	masas mayores. <b>Desecador (opcional)</b> - Con gel de sílice o sulfato de calcio anhidro. <b>Aparato de manejo de muestras</b> - Para manejar los recipientes calientes. <b>Elementos misceláneos</b> - Guantes, cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuartear, seguetas, etc.	
<b>Muestras</b>	Las muestras que están almacenadas antes del ensayo en recipientes herméticos se deben mantener a temperaturas de entre 3° y 30°C y sin contacto directo con luz solar; las que se encuentran en otros recipientes deben ser almacenadas de manera de prevenir o minimizar la condensación en las paredes del recipiente. La determinación de la humedad se debe hacer tan pronto sea posible especialmente cuando se usan elementos oxidables o bolsas plásticas.	Se debe realizar el almacenamiento de las muestras a una temperatura entre 3 y 30 °C (37 a 86 °F) y sin contacto con la luz, el procedimiento de determinación del contenido de agua se debe hacer tan pronto como sea posible, especialmente si el contenedor es potencialmente corrosible o son bolsas plásticas.	El procedimiento para el manejo de muestras es el mismo, aunque en el 2013 se incluyen las temperaturas de almacenamiento en grados Fahrenheit.

<p><b>Espécimen de ensayo</b></p>	<p>Cuando se realiza la determinación de la humedad en conjunto con otro ensayo se puede tomar la cantidad necesaria para la realización del mismo, siempre y cuando no se ha menor que el establecido en el numeral 6,2 de la INV E-122-07. Cuando se usen muestras de menor tamaño que la mínima se debe dejar constancia de esto en los formatos, igualmente en los casos en que se encuentren gravas relativamente grandes en muestras de menos de 200 g. Cuando se ensayan muestras de roca intacta la masa mínima debe ser de 500 g, pero se pueden partir porciones representativas de hasta 200 g.</p>	<p>Cuando se realice la determinación de la humedad con el fin de usar el material para la realización de otro ensayo, se deberá usar la cantidad de masa de muestra indicada en la norma del otro ensayo, si no se estipulan cantidades se deberán usar las establecidas en el numeral 7,2 de la INV E-122-13. Cuando se usan muestras de tamaño inferior a la mínima establecida se debe dejar constancia e igualmente cuando se encuentran gravas relativamente grandes en muestras de menos de 200 g. En el caso de rocas la masa mínima es de 500 g pero se permite dividir porciones representativas en partículas más pequeñas, de masa 200 g.</p>	<p>No se evidencia ningún cambio en lo mostrado en los artículos.</p>
-----------------------------------	--	---	---

<p><b>Selección de especímenes para prueba / Selección de especímenes para ensayo</b></p>	<p>Selección de especímenes para prueba. El espécimen proveniente de una porción mayor de material debe ser representativo de la totalidad del mismo. La manera de seleccionar el material puede variar, en el caso de las muestras alteradas si el material puede ser manipulado sin pérdidas significativas de humedad y segregación, este se debe mezclar, y seleccionar una porción representativa con una pala de tamaño que no requiera muchas paladas, pero si el material no puede ser mezclado completamente, se forma una pila mezclando tanto como sea posible, y se toman por lo menos 5 porciones de material de lugares aleatorios; si aun así no es posible formar una pila se toman tantas porciones como sean posibles de lugares que representen las condiciones de</p>	<p>Selección de especímenes para ensayo. El espécimen proveniente de una porción mayor de material debe ser representativo de la totalidad del mismo. La manera de seleccionar el material puede variar, en el caso de las muestras alteradas si el material puede ser manipulado sin pérdidas significativas de humedad y segregación, este se debe mezclar, y seleccionar una porción representativa con una pala de tamaño que no requiera muchas paladas, pero si el material no puede ser mezclado completamente, se forma una pila mezclando tanto como sea posible, y se toman por lo menos 5 porciones de material de lugares aleatorios; si aun así no es posible formar una pila se toman tantas porciones como sean posibles de lugares que representen las condiciones de</p>	<p>Cambian palabras técnicas en el título de la sección y en algunos otros ítems, pero el procedimiento establecido es el mismo.</p>
---	---	---	--

	<p>humedad. En el caso de muestras intactas, empleando un cuchillo o cualquier aparato cortante se desbasta el exterior de la muestra hasta retirar el material más seco o mojado y comprobar si el material es estratificado, si la existencias de estratos es cuestionable la muestra se debe partir a la mitad; en el caso de que el material no sea estratificado, la muestra se debe obtener tomando todo o la mitad de la porción probada, cortando una porción representativa de material o desbastando la superficie expuesta de la mitad o de la porción probada siempre cumpliendo con la masa mínima establecida por la norma en el numeral 6,2. En caso de que el material sea estratificado o se encuentren más de un material, se selecciona un espécimen promedio o individual o ambos, se identifica su ubicación o lo que representan y se</p>	<p>humedad. En el caso de muestras intactas, empleando un cuchillo o cualquier aparato cortante se desbasta el exterior de la muestra hasta retirar el material más seco o mojado y comprobar si el material es estratificado, si la existencias de estratos es cuestionable la muestra se debe partir a la mitad; en el caso de que el material no sea estratificado, la muestra se debe obtener tomando todo o la mitad de la porción probada, cortando una porción representativa de material o desbastando la superficie expuesta de la mitad o de la porción probada siempre cumpliendo con la masa mínima establecida por la norma en el numeral 6,2. En caso de que el material sea estratificado o se encuentren más de un material, se selecciona un espécimen promedio o individual o ambos, se identifica su ubicación o lo que representan y se</p>	
--	---	---	--

	incluyen los comentarios adecuados en las hojas de prueba.	incluyen los comentarios adecuados en las hojas de prueba.	
<b>Procedimiento</b>	Se pesa y registra la masa de un recipiente limpio y seco con tapa de ser necesario, se toma la muestra representativa en base a lo establecido en la selección de especímenes para prueba, se introduce en el recipiente, se tapa firmemente y se pesa; se registra el valor, se quita la tapa y se introduce la muestra al horno a una temperatura de	Se pesa y registra la masa de un recipiente limpio y seco con tapa si es necesario, se toma una muestra representativa en base a la sección de selección de especímenes de ensayo se tapa y se pesa, posteriormente se introduce al horno sin tapa, si esta se usó, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ), salvo se especifique otra cosa. En la	Se introduce en la INVIAS 2013 un rango de tiempo en el que el material puede estar seco (12 a 16 horas) en comparación con las 16 horas establecidas en la INVIAS 2007, igualmente se establece un procedimiento de verificación opcional de secado con una tira de papel para muestras grandes, y se elimina el pesado en

	<p>110 ± 5 °C hasta masa constante, a no ser que se especifique otra cosa. El secado de una muestra por 16 horas suele ser suficiente, pero en el caso de que exista duda el secado debe continuar hasta que después de 2 periodos de secamiento de 1/2 hora consecutivos la diferencia de masa sea menor del 0,1%. Después del secado se tapa la muestra de ser necesario, se deja enfriar y se pesa en la misma balanza usada para el pesado previo, en los casos en los que el recipiente no tenga tapa, el material se pesa inmediatamente.</p>	<p>mayoría de los casos son suficientes entre 12 a 16 horas de secado para llegar a masa constante en caso de presentarse dudas se debe verificar la definición de masa constante y verificar las pérdidas. Se puede usar un periodo mínimo de 2 horas, incrementando el tiempo de secado a medida que la masa del espécimen es mayor, igualmente se puede verificar cuando una masa relativamente grande (Mayor de 100 g) está seca colocando una pequeña tira de papel sobre esta mientras esta en el horno, o justo después de sacarlo de él; si esta se enrolla el material aún está húmedo. Una vez seco el material se tapa si es necesario, y se pesa una vez este frío o sea fácilmente manipulable.</p>	<p>caliente para recipientes sin tapa.</p>
<b>Cálculos</b>			<p>No se realizaron cambios en los procedimientos de cálculo</p>

<p><b>Informe</b></p>	<p>La hoja de datos debe incluir la identificación de la muestra desde varios aspectos. El contenido de agua aproximado a 0,1 % o 1 % dependiendo del propósito del ensayo, si el contenido de agua se va a usar en conjunto con otro método, este se debe reportar de acuerdo al valor requerido por el método para el cual se está estableciendo la humedad. Se dejan anotaciones cuando el espécimen tiene una muestra inferior al mínimo indicado, si contiene diferentes tipos de suelos o capas, Si la temperatura de secado fue diferente y si se excluyó algún material (tamaño y cantidad) del espécimen de prueba. Si se reporta la humedad con ayuda de tablas o graficas se deben incluir anotaciones sobre cualquier elemento que no cumpla con esta normativa.</p>	<p>La hoja de resultados debe incluir la identificación de la muestra desde diferentes aspectos. La humedad en base al método utilizado (A o B), en los caso de establecerse el contenido de agua como insumo para otra norma, la humedad se debe reportar en conformidad con aquella norma. Se indica si el espécimen tuvo una masa inferior a la mínima establecida, si contenía diferentes tipos de suelo, si se empleó una temperatura diferente de secado y si se excluyeron materiales (tamaño y cantidad) del espécimen de ensayo. Si se informa la humedad a través de figuras o tablas se debe señalar todo dato que no se haya obtenido en conformidad con esta normativa.</p>	<p>Se realiza el cambio de la denominación del informe de hoja de datos a hoja de resultado, y se debe establecer la humedad en base a la metodología escogida para la normativa 2013.</p>
-----------------------	--	--	--

<p><b>Precisión y Tolerancia / Precisión y sesgo</b></p>	<p>No se establece valor de tolerancia, pero en el caso de la precisión se encuentra una precisión de un solo operador (Repetitividad) con un coeficiente de variación de 2,7 %, por lo cual los resultados de dos pruebas realizadas por el mismo operador no son sospechosas sino exceden de 7,8% de su valor medio; y otra precisión entre varios laboratorios (Reproducibilidad) en la cual el coeficiente de variación entre varios laboratorios es del 5%, por lo cual los valores de dos pruebas realizadas por dos operarios y equipos diferentes no son sospechosos a menos de que se diferencien en más de 14% de su valor medio.</p>	<p>No se establecen valores de precisión y sesgo.</p>	<p>Se realiza un cambio en la sintaxis del título del capítulo. Se eliminan los valores establecidos en la normativa 2013 de la precisión tanto para un solo operador, como para varios laboratorios.</p>
<p><b>Normas de referencia</b></p>	<p>ASTM D 2216-98</p>	<p>ASTM D 2216-10</p>	<p>Se usa la versión 2010 de la ASTM D 2216, en la INV E 2013</p>

**Anexo 2 Comparativo INVIAS 123 (Determinación de los Tamaños de las Partículas)**

	<b>I.N.V.E-123-07</b>	<b>INV E-123-13</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Nombre</b>	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS</b>	Se observa un completo cambio en la sintaxis del título de la norma.
<b>Objeto</b>	El objeto del análisis granulométrico es la determinación cuantitativa de la distribución de las partículas de suelo, el método presentado por la norma INV E-123-07 determina los porcentajes de las partículas retenidas hasta el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (No. 200).	La norma se refiere a la distribución cuantitativa de las partículas de suelo donde las partículas mayores a 75 $\mu\text{m}$ (No.200) se analizan por tamizado y las menores a estas por un proceso de sedimentación con hidrómetro. La separación de la muestra se puede hacer con el tamiz No.4 (4.75 mm), el No.40 (425 $\mu\text{m}$ ) o el No.200 (75 $\mu\text{m}$ ) en lugar del No.10; la agitación se puede hacer por un mezclador mecánico de alta velocidad o por dispersión de aire, donde se recomienda el uso de esto último. Esta norma reemplaza las normas INV E-123-07 e INV E-124-07.	La nueva versión de la norma INV E-123-13 une las normas INV E-123-07 e INV E-124-07, mezclando los dos procedimientos tan por tamizado como con hidrómetro para una determinación más completa del tamaño de las partículas del suelo analizado.

<p><b>Equipo</b></p>	<p><b>Dos balanzas</b> - Con sensibilidades de 0.01 g para el material que pasa el tamiz de 2 mm (No.10) y de 0.1% del peso de la muestra para el material retenido en el anterior tamiz. <b>Tamices de malla cuadrada</b> - de 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm(1-1/2"), 25 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.00 mm (No.10), 850 μm (No.20), 425 μm (No.40), 250 μm (No.60), 106 μm (No.140) y 75 μm (No.200); opcionalmente se pueden usar los tamices de 75 mm (3"), 37.5 mm (1 1/2"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.36 mm (No.8), 1.10 mm (No.16), 600 μm (No.30), 300 μm (No.50), 150 μm (No.100) y 75 mm (No.200) con el fin de que se obtenga una separación uniforme en la gráfica de la gradación. <b>Horno</b> - Capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 ± 5 ° C (230 ± 9 °F).</p>	<p><b>Dos balanzas</b> - Con sensibilidades de 0.01 g para el material que pasa el tamiz de 2 mm (No.10) y de 0.1% del peso de la muestra para el material retenido en el anterior tamiz. <b>Tamices de malla cuadrada</b> - de 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm(1-1/2"), 25 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.00 mm (No.10), 850 μm (No.20), 425 μm (No.40), 250 μm (No.60), 106 μm (No.140) y 75 μm (No.200); opcionalmente se pueden usar los tamices de 75 mm (3"), 37.5 mm (1 1/2"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.36 mm (No.8), 1.10 mm (No.16), 600 μm (No.30), 300 μm (No.50), 150 μm (No.100) y 75 mm (No.200) con el fin de que se obtenga una separación uniforme en la gráfica de la gradación. <b>Aparato agitador: Aparato A-</b> Agitador mecánico con motor eléctrico de velocidad no menor a</p>	<p>Los cambios de la actualización con la anterior versión de la norma INVIAS, INV E-123-07, no son apreciables dado que en esta última se hacia el análisis por tamizado con los mismos elementos, la diferencia principal radica en la inclusión de los equipos y herramientas utilizadas en el ensayo del hidrómetro, dado el nuevo objeto del procedimiento estipulado en la norma INV E-123.</p>
----------------------	--	---	---

	<p><b>Envases</b> - adecuados para el manejo y secado de la muestra.</p> <p><b>Cepillo y Brocha</b> - para limpieza de tamices.</p>	<p>10000 rev/min sin carga, con un eje con paleta agitadora plástica, de caucho o metálica reemplazable según figura 123-1 de la INV E-123-13, el eje con longitud tal que la paleta opere a una distancia del fondo del recipiente de entre 19 mm (3/4") y 38.1 mm (1 1/2"). El recipiente de dispersión basado en la figura 123-2 de la norma INV E-123-13. <b>Aparato B</b> - recipiente de dispersión de chorro de aire conforme con la figura 123-3 de la norma INV E-123-13, para este equipo la cantidad de aire requerida es del orden de 0.06 m<sup>3</sup>/min (2 pies<sup>3</sup>/min) y algunos compresores no tiene la capacidad de satisfacer esta demanda. Fue desarrollado por Chu y Davidson en el Iowa State Collage un aparato de dispersión de aire conocido como tubo de dispersión con resultados equivalentes a los del aparato B el cual permite operarse directamente en el</p>	
--	---	--	--

		<p>cilindro de sedimentación, El uso de este equipo debe ser mencionado en el informe. El agua se puede condensar en los tubos de aire cuando no se encuentra el equipo en operación, esta debe ser eliminada o usando una trampa de agua en la tubería o soplándola antes del uso. <b>Hidrómetro</b> - hidrómetros 151 H o 152 H, graduado ya sea para leer la gravedad específica de la suspensión de 0.995 a 1.1038 y calibrado para marcar 1 en agua destilada a 20°C (68 °F), o los gramos por litro de suspensión desde -5 a 60 g/l y calibrado para marcar 1 a 20°C (68°F), según sea el caso; con las dimensiones de la figura 123-4 de la norma INV E-123-13.</p> <p><b>Cilindro de vidrio para sedimentación</b> - De unos 457 mm (18") de alto y 63.5 mm (2 1/2") de diámetro, y marcado para un volumen de 1000 ml a 20°C (68°F). El diámetro interior</p>	
--	--	--	--

		<p>debe ser tal que la marca de 1000 ml se encuentre a <math>360 \pm 20</math> mm (<math>14 \pm 1</math>" ) del fondo en el interior del cilindro.</p> <p><b>Termómetro de inmersión</b> - con apreciación de <math>0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> (<math>0.9 \text{ }^{\circ}\text{F}</math>). <b>Cronometro o reloj. Horno</b> - capaz de mantener la temperatura uniforme hasta <math>110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9 \text{ }^{\circ}\text{F}</math>). <b>Baño de agua o cuarto de temperatura constante</b> - Se usa mantener la suspensión de suelo a temperatura constante durante el análisis del hidrómetro, para evitar corrección por temperaturas, un tanque de aislamiento capaz de mantener la temperatura a <math>20 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> (<math>68 \text{ }^{\circ}\text{F}</math>) es un baño de agua adecuado (figura 123-6; Norma INV E-123-13); este equipo no es necesario cuando el ensayo se realiza en un cuarto de temperatura constante controlada automáticamente.</p> <p><b>Vaso de Precipitados (Beaker)</b> - capacidad de 250 ml. <b>Recipientes</b></p>	
--	--	--	--

		<p>- Hechos de materiales no corrosibles, ni sujetos a cambios de masa o desintegración; con tapa de cierre hermético para la toma de humedad.</p> <p><b>Varilla de vidrio</b> - para agitar la muestra.</p> <p><b>Cepillo y brocha</b> - para la limpieza de los tamices.</p>	
<b>Reactivos</b>		<p>Agente dispersante - Solución de hexametáfosfato de sodio en proporción de 40 g por litro de agua destilada o desmineralizada; esta solución se prepara frecuentemente o se le ajusta el pH de 8 a 9 con bicarbonato de sodio, se debe indicar la fecha de preparación en el</p>	<p>Se incluye un nuevo capítulo llamado reactivos en el que se establece la preparación de la solución de hexametáfosfato de sodio para el ensayo del hidrómetro.</p>

		envase. Agua- toda el agua debe ser destilada o desmineralizada y se debe llevar a la temperatura que prevalece durante el ensayo.	
<b>Muestra</b>	El análisis granulométrico se puede hacer con la muestra entera o una parte de ella obtenida con el lavado, dependiendo de las características del material fino. Si la necesidad de lavado no se puede establecer visualmente, se introduce una porción de suelo al horno y se examina su resistencia en seco rompiéndola con la mano, si esto fácil y los finos se pulverizan con esta presión el análisis se puede hacer en seco; la norma INV E-106-07 describe la preparación de las dos fracciones de ensayo. El tamaño de la porción retenida en el tamiz de 2 mm (No. 10) depende del tamaño máximo de la	Se preparan las fracciones de ensayo según la norma INV E-106-13, de las cuales una es la porción retenida en tamiz de 2 mm (No. 10) y otra la pasante, Las cantidades de material secado al aire y seleccionado para el ensayo según la norma INV E-106-13, para el material retenido en el tamiz de 2mm (No. 10) depende del tamaño máximo de la partícula según el numeral 4.1.1 de la norma INV E-106-13, y la fracción que pasa el anterior tamiz será de aproximadamente 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos. La norma INV E-106-07 indica el procedimiento de pesado del material	La norma invita INV E-123-13, elimina en su capítulo denominado Muestra, la señalación que definía el uso de una parte de la muestra obtenida después del lavado o de la muestra entera y el establecimiento de forma visual de la necesidad de lavado o con un proceso de secado con posterior disgregado con la mano para identificar el mismo; por lo demás, el proceso es el mismo respetándose las cantidades de material necesario para las fracciones gruesa y fina.

	<p>partícula (Tabla 1 Norma INV E-123-07) y la de la porción aproximada del material pasante del tamiz de 2 mm (No. 10), es de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos. La norma INV E-106-07 indica el procedimiento de pesado del material seleccionado y secado al aire, así como el de la separación en el tamiz No. 10, y el lavado y secado de la fracción retenida en este tamiz, los porcentajes de material pasante y retenido se calculan más adelante. Se puede tener la comprobación de los pesos pesando la porción pasante del tamiz No. 10 y sumándola a la porción lavada y secada al horno, retenida en el mismo tamiz.</p>	<p>seleccionado y secado al aire, así como el de la separación en el tamiz No. 10, y el lavado y secado de la fracción retenida en este tamiz, los porcentajes de material pasante y retenido se calculan más adelante. Se puede tener la comprobación de los pesos pesando la porción pasante del tamiz No. 10 y sumándola a la porción lavada y secada al horno, retenida en el mismo tamiz.</p>	
--	--	--	--

<p><b>Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 2.00 mm (No. 10)</b></p>	<p>Se separa la porción retenida en el tamiz de 2 mm (No. 10) en los tamices de 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm (1 ½"), 25.0 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4) y 2.00 mm (No.10) o los que sea necesario según el material o las especificaciones; durante el tamizado manual se sacuden los tamices con un movimiento lateral y vertical acompañado de vibración y recorriendo circunferencias manteniendo el movimiento continuo de las partículas, en ningún caso se permite girar o manipular los fragmentos de la muestra en el tamiz con la mano. Se comprueba el fin del proceso revisando que no pase más del 1% de lo retenido en el tamiz, procesando cada uno individualmente durante 1 minuto, las partículas atrapadas en la malla se separan con un cepillo o pincel y se reúnen con lo</p>	<p>Se separa la porción retenida en el tamiz de 2 mm (No. 10) en los tamices de 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm (1 ½"), 25.0 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4) y 2.00 mm (No.10) o los que sea necesario según el material o las especificaciones; durante el tamizado manual se sacuden los tamices con un movimiento lateral y vertical acompañado de vibración y recorriendo circunferencias manteniendo el movimiento continuo de las partículas, en ningún caso se permite girar o manipular los fragmentos de la muestra en el tamiz con la mano. Se comprueba el fin del proceso revisando que no pase más del 1% de lo retenido en el tamiz, procesando cada uno individualmente durante 1 minuto, las partículas atrapadas en la malla se separan con un cepillo o pincel y se reúnen con lo</p>	<p>El procedimiento establecido para el análisis por tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 2.0 mm (No. 10), no varía significativamente entre ambas versiones de la norma INV E-123 ya que la única diferencia radica en la eliminación del tiempo de tamizado cuando se usa la tamizadora mecánica, establecido esto en la versión 2013.</p>
--	--	--	---

	<p>retenido en el mismo. Al usar la tamizadora mecánica se tamiza por diez minutos y se realiza el proceso de comprobación. Se determinan las masa de cada fracción en una balanza con sensibilidad de 0.1%, la diferencia de la suma de las masa no debe ser mayor a 1%.</p>	<p>retenido en el mismo. Al usar la tamizadora mecánica se realiza el proceso de comprobación. Se determinan las masa de cada fracción en una balanza con sensibilidad de 0.1%, la diferencia de la suma de las masa no debe ser mayor a 1%.</p>	
<p><b>Análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10)</b></p>	<p>La fracción que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10), se analiza por tamizado y/o por hidrómetro según las características de la muestra y la información requerida. Se pueden tamizar en seco los materiales con muy poco limo o arcilla cuyos terrones se desintegran con facilidad; los materiales limo arcillosos cuyos terrones secos no se desintegran con facilidad se procesan por vía húmeda. Cuando se requiera la granulometría con la fracción menor al tamiz de 75 <math>\mu\text{m}</math> (No. 200) se realiza el proceso con el hidrómetro según la</p>	<p><b><i>Determinación de la corrección compuesta para la lectura del hidrómetro</i></b> - Los cálculos para los porcentajes de suelo que permanecen en suspensión están basados en el uso de agua destilada o desmineralizada, pero dado que se usa un agente dispersante la gravedad específica del agua es mayor. Los hidrómetros se deben calibrar a 20°C (68°F), las imprecisiones en las lecturas del hidrómetro aumentan con las variaciones de la temperatura; aunque los hidrómetros son graduados por los fabricantes para medir las lecturas en la parte inferior del menisco,</p>	<p>Como se ha evidenciado en el desarrollo de la comparación, la principal diferencia del proceso es la inclusión del procedimiento para el análisis por hidrometría, durante este proceso se encuentra que el material analizado con ayuda del hidrómetro será posteriormente lavado y usado para obtener el material para el tamizado de la porción fina. En general el procedimiento de tamizado de la fracción fina no presenta grandes cambios, pero si se observa la eliminación del fragmento de párrafo que describe</p>

	<p>norma INV E-124-07. Se pueden usar procedimientos simplificados para la determinación de partículas menores de cierto tamaño, si se requiere. El tamizado de la fracción de tamaño superior al tamiz de 75 <math>\mu\text{m}</math> (No. 200) se realiza en seco con material previamente lavado sobre el mismo; preparando por cuarteo 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos limosos o arcillosos pesados con precisión de 0.01 g, de los cuarteos anteriores se toman de 10 a 15 g y se secan al horno a <math>110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}</math> (<math>230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}</math>) y se pesan de nuevo para</p>	<p>estas se realizaran en la parte superior del mismo ya que no se puede garantizar que se realicen en la parte inferior con la suspensión de suelo, por lo cual se aplica una corrección. La magnitud de la corrección por estas tres razones llamada "Corrección Compuesta" se determina de manera experimental; se puede elabora y utilizar una tabla o grafico para temperaturas dentro del rango esperado con diferencias de <math>1^\circ\text{C}</math>, Se pueden medir a dos temperaturas extremas que abarquen el rango de temperaturas</p>	<p>la posibilidad de realizar esta parte del ensayo tamizando en seco los materiales con muy poca arcilla o limo.</p>
--	--	---	---

	<p>determinar la humedad higroscópica. Se coloca la muestra en un recipiente y se cubre con agua, se deja en remojo hasta que los terrones se ablanden y se lava sobre el tamiz de 75 <math>\mu\text{m}</math> (No. 200) evitando frotarla contra el tamiz y también la pérdida de material; se seca al horno a <math>110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}</math> (<math>230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}</math>), se pesa y se tamiza al igual que en la fracción gruesa.</p>	<p>esperados, donde las correcciones a temperaturas intermedias se calculan asumiendo una variación lineal recta entre los dos valores observados. El proceso se realiza preparando un litro de la mezcla de agua y dispersante a las proporciones del ensayo del hidrómetro, se introduce el líquido en el cilindro de sedimentación y este dentro de baño de agua a temperatura constante, una vez el líquido alcance la temperatura del baño se introduce el hidrómetro y se espera a que este alcance la temperatura del líquido, se toma la lectura en la parte superior del menisco; la corrección para el hidrómetro 151 H es la diferencia entre la lectura y uno (1), mientras que la del hidrómetro 152 H es la diferencia entre la lectura y cero (0), luego se lleva el líquido a la otra temperatura y se</p>	
--	--	--	--

		<p>repite el proceso.</p> <p><b>Humedad higroscópica</b> - Cuando se pesa la muestra secada al aire para el ensayo, se pesa una segunda porción de 10 a 15, la cual se seca en el horno a <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>) hasta masa constante, se pesa de nuevo y se calcula la humedad higroscópica (w) según la INV E-122-13.</p> <p><b>Dispersión de la muestra de suelo</b> - Si las partículas predominantes son el limo y la arcilla se pesan 50 g de muestra secada al aire y si el material predominante es la arena se toman 100 g. Se introduce la muestra en el vaso de vidrio de 250 ml y se cubre con 125 ml de solución de hexametáfosfato de sodio (40 g/l), se agita completamente el suelo y se satura por mínimo 16 horas, después se dispersa utilizando los agitadores (A o B), cuando se usa el aparato A se transfiere la lechada al recipiente de</p>	
--	--	---	--

		<p>dispersión y se lavan los residuos del vaso, si se requiere se agrega agua para llenar el recipiente más arriba de la mitad y se agita durante un minuto. Cuando se usa el aparato B, se remueve la tapa de cubierta y se conecta el recipiente a la fuente de aire comprimido, se abre la válvula de tal forma que el manómetro ubicado entre el recipiente y esta marque una presión de 7 kPa (1 lbf/pg2) para evitar que la lechada penetre a la cámara de dispersión cuando se pasa al recipiente para tal fin, después se transfiere la lechada del vaso al recipiente de dispersión; si se requiere se añade agua hasta un volumen máximo de 250 ml. Se tapa el recipiente y se abre la válvula de control de aire hasta una presión de 140 kPa (20 lb/pg2) y se dispersan dependiendo de su plasticidad según el numeral 6.3.5 de la norma INV E-123-13,</p>	
--	--	--	--

		<p>después de este periodo se reduce la presión a 7 kPa (1 lb/pg<sup>2</sup>). <b>Ensayo del hidrómetro</b> - Cuando se termina la dispersión se transfiera la lechada al cilindro para sedimentación y se añada agua destilada y desmineralizada hasta el volumen de 1000 ml, se coloca el tapón de caucho o se pone la palma de la mano y se gira el cilindro patas arriba y viceversa durante un minuto dándose 60 vueltas, donde se cuenta cada movimiento como una vuelta. Se coloca el cilindro sobre una superficie plana y se indican lecturas desde el comienzo de la sedimentación a los 2, 5, 15, 30, 60, 250 y 1440 minutos, u otros tiempos si se requiere. Cuando se usa el baño de agua el cilindro se introduce en este durante el intervalo de los 2 y 5 minutos. Para tomar la lectura se introduce el hidrómetro a la suspensión unos 20 a 25 segundos antes de</p>	
--	--	--	--

		<p>estas hasta una profundidad cercana a la que se tendrá al realizar la lectura; cuando se toma la lectura (en la parte superior del menisco) se retira inmediatamente el hidrómetro y se coloca en la probeta con agua y se agita, después de retirar el hidrómetro se introduce el termómetro y mide la lectura de la temperatura. <b>Análisis por tamizado</b> - terminadas las lecturas del hidrómetro se lleva la suspensión al tamiz de 75 <math>\mu\text{m}</math> (No. 200) y se lava con agua potable, se traslada a un recipiente para el secado a <math>110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^\circ\text{C}</math>) y se realiza el análisis por tamizado con tantos tamices como se desee o los que se establezcan en las especificaciones.</p>	
--	--	---	--

<p><b>Cálculos</b></p>	<p><b>Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 2 mm (No. 10)</b>- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) al dividir la masa que pasa por este tamiz por la del suelo originalmente tomado, se multiplica el resultado por 100; para obtener la masa de la porción retenida en dicho tamiz, se resta de la masa original la masa pasante por el tamiz de 2 mm (No.10). Para comprobar la masa del suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4), se agrega a la masa del material que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10), la masa que</p>	<p><b>Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 2 mm (No. 10)</b>- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) al dividir la masa que pasa por este tamiz por la masa del suelo originalmente separada a través de él, se multiplica el resultado por 100; para obtener la masa de la porción pasante por dicho tamiz, se resta de la masa original la masa retenida en este tamiz. Para comprobar la masa del suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4), se agrega a la masa del material que pasa el tamiz de 2 mm</p>	<p>La norma 2013 presenta en sus procedimientos de cálculos la misma situación que en el resto del documento al compararlo con su anterior versión, se incluye entonces el procedimiento de cálculo para la determinación del porcentaje y el diámetro de las partículas presentes en el proceso con el hidrómetro; adicionalmente el procedimiento de cálculo del porcentaje de humedad higroscópica es reemplazado por el factor de corrección por humedad higroscópica el cual es menor que uno y es la</p>
------------------------	--	--	--

	<p>pasa el tamiz de 4.75 mm ( No.4) y que queda retenida en el tamiz de 2 mm (No.10). Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8"), se agrega a la masa del total de suelo que pasa por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) la masa de la fracción que pasa el tamiz de 9.5 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4.75 mm (No.4), para los demás tamices se calcula igual. El porcentaje que pasa cada tamiz se obtiene dividiendo la masa total que pasa por la masa total de la muestra, multiplicando esto por cien. <b>Valores del</b></p>	<p>(No. 10), la masa que pasa el tamiz de 4.75 mm ( No.4) y que queda retenida en el tamiz de 2 mm (No.10). Para comprobar la masa del material que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8"), se agrega a la masa del total de suelo que pasa por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) la masa de la fracción que pasa el tamiz de 9.5 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4.75 mm (No.4), para los demás tamices se calcula igual. El porcentaje total que pasa cada tamiz se obtiene dividiendo la masa total que pasa ese tamiz por la masa total de la muestra,</p>	<p>relación entre la masa del suelo secada al horno y la masa del suelo secada al aire. En cuanto al cálculo de las partículas pasantes del tamiz de 2 mm (No.10), el nuevo procedimiento de cálculo establece un proceso que permite correlacionar las cantidades retenidas en cada tamiz en el proceso de tamizado de la fracción fina, con la masa total u original, es decir que se establece el material representativo escogido para el análisis de la fracción fina como los porcentajes correspondientes al tamizado de la</p>
--	---	--	--

	<p><b>análisis por tamizado de la porción que pasa el tamiz de 2 mm (No.10)</b> - El material que pasa por el tamiz de 75 <math>\mu</math>m (No. 200) se calcula restando la masa retenida en el tamiz de 75 <math>\mu</math>m de la masa total y dividiéndola entre esta última. El porcentaje retenido en cada tamiz se calcula dividiendo la masa retenida en el tamiz entre la masa total y multiplicándola por 100; el porcentaje más fino se calcula restando de forma acumulativa de 100% el porcentaje retenido en cada tamiz.</p> <p><b>Porcentaje de humedad higroscópica</b> - considera como la masa de agua perdida por un material secado al aire, después de introducirse al horno. Se calcula restando de la masa del suelo seco al aire, la masa del suelo seco al horno, dividiendo esto entre la masa del suelo seco al horno y multiplicándolo por 100.</p>	<p>multiplicando esto por cien. <b>Factor de corrección por humedad higroscópica</b> - Es la relación entre la masa del suelo secado al horno y la masa del suelo seco al aire (antes del horno), es un valor menor que uno (1), excepto cuando no hay humedad higroscópica.</p> <p><b>Porcentajes de suelo en suspensión</b> - La masa seca al horno del suelo se calcula multiplicando la masa del suelo seco al aire por el factor de corrección por humedad higroscópica. Se calcula la masa de una muestra total representada por la masa de suelo usada en el ensayo del hidrómetro, dividiendo la masas seca utilizada por el porcentaje pasante del tamiz de 2.0 mm (No. 10) y multiplicando el resultado por cien el cual corresponde a <b>W</b> en la ecuación sobre el porcentaje de suelo que permanece en</p>	<p>porción original o de ensayo, dejando de ser elementos aislados y haciéndose parte del material total de la muestra representativa original. Se incluye así también el dibujo de una gráfica granulométrica la cual preferiblemente contendrá los datos del análisis por tamizado y por hidrómetro.</p>
--	---	--	--

		<p>suspensión. Los porcentajes de suelo que permanecen en suspensión se calculan dependiendo del hidrómetro utilizado y según el numeral 7.3 de la norma INV E-123-13. <b><i>Diámetro de las partículas de suelo</i></b></p> <p>- El diámetro de las partículas de los porcentajes indicados con la lectura del hidrómetro, se calcula con la ley de Stokes, basándose en el supuesto de que una partícula de este diámetro se encontraba en la superficie al inicio de la sedimentación y se asentó al nivel marcado en el hidrómetro dentro de la suspensión. El numeral 7.4 de la norma INV E-123-13 presenta el procedimiento de cálculo para determinar estos diámetros. <b><i>Valores del análisis de tamizado para la porción que pasa el tamiz de 2.00 mm (No.10)</i></b></p> <p>- El cálculo de los porcentajes que pasan los diferentes tamices usados para tamizar la</p>	
--	--	--	--

		<p>porción de la muestra del ensayo del hidrómetro empieza determinando la masa de la fracción que debía haber sido retenida en el tamiz de 2.0 mm (No. 10) si no se hubiera removido. Esta masa es igual al porcentaje total retenido en el tamiz de 2.0 mm (No. 10) (100 menos el porcentaje que pasa), multiplicado por la masa de la muestra total representada por la masa de suelo usada y dividiendo el resultado por 100. Se calcula la masa total pasante del tamiz de 75 <math>\mu\text{m}</math> (No. 200) sumando las masas de todas las fracciones retenidas en los diferentes tamices, incluyendo el de 2.0 mm (No. 10), y restando esta suma de la masa de la muestra total como en el ítem llamado Porcentajes de suelo en suspensión, las masas de los otros tamices se calculan según el procedimiento descrito para la fracción retenida en el tamiz No.10;</p>	
--	--	--	--

		<p>finalmente se calculan los porcentajes totales que pasan, dividiendo la masa total pasante por cada tamiz por la masa total y multiplicando el resultado por 100.</p> <p><b>Grafica</b> - Se realiza la gráfica del ensayo del hidrómetro colocando los diámetros de las partículas en las abscisas en escala logarítmica y los porcentajes menores que los diámetros correspondientes en escala aritmética en las ordenadas; si el análisis con el hidrómetro no se ha realizado sobre una porción del suelo, la gráfica es opcional, por lo que los valores se obtiene de los resultados tabulados. Se recomienda expresar los resultados con una gráfica granulométrica que contenga los resultados del ensayo por tamizado y con el hidrómetro.</p>	
--	--	--	--

<p><b>Observaciones / Informe</b></p>	<p>El informe debe incluir el tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra, los porcentajes retenidos y/o pasantes de cada tamiz. La información adicional de interés, los resultados se presentan tabulados o graficados, siendo esta ultima la forma de entrega cuando se realiza el ensayo completo de sedimentación. Los siguientes comprenden errores que producen imprecisión en el ensayo; Las aglomeraciones de partículas que no se disgregaron completamente antes del tamizado. Los tamices sobrecargados, el cual es el error más común y serio asociado al análisis ya que tiende a indicar que el material es más grueso de lo real, por lo cual estas muestras grandes deben ser tamizadas en varias porciones. El tamizado por poco tiempo y con movimientos inadecuados evitando</p>	<p>El informe debe incluir el tamaño máximo de las partículas de la muestra. Los porcentajes retenidos y/o pasantes de los tamices, los resultados se presentan tabulados o graficados, si se removieron partículas de mayor tamaño se debe indicar en el informe la cantidad y el tamaño máximo de material descartado para la prueba. Descripción de las partículas de grava y arena (forma y dureza según INV E-102-13). Gravedad especifica si es inusualmente baja o alta. Dificultades al dispersar el material, indicando cambio en el tipo y cantidades de dispersante. Dispositivo de dispersión utilizado. Si el ensayo se realiza para verificar una especificación, se informan los porcentajes que pasan en los tamices indicados en ella; las fracciones menores a 2 mm se deben leer en la gráfica. Si el material no debe cumplir el requisito</p>	<p>El informe a presentarse en la versión 2013, al igual que con los anteriores capítulos, incluye el análisis por hidrómetro adicionalmente a los cálculos del proceso por tamizado, en la nueva versión se muestra de forma precisa los elementos a incluirse en el informe de ensayo, así como la forma de presentación de los resultados. La nueva versión eliminó de lo establecido en la 2007 las fuentes de error indicadas para el proceso de tamizado.</p>
---------------------------------------	---	--	---

	<p>que las partículas se ubiquen con diferentes orientaciones sobre el tamiz y tengan mayor oportunidad de pasar a través de él. Las mallas rotas o perforadas, los tamices se deben inspeccionar para descartar las perforaciones y las aberturas de tamaños diferentes al especificado. Perdidas de material al sacar el retenido de los tamices. Errores en el pesado y los cálculos.</p>	<p>granulométrico de ninguna especificación y está compuesto por partículas de menos de 4.75 mm, los resultados se pueden leer en la gráfica y reportar según el numeral 8.3 de la norma INV E-123-13; pero si el material contiene suficiente material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No.10) como para requerir el análisis granulométrico los resultados se representan según el numeral 8.4 de la norma INV E-123-13.</p>	
<b>Normas de referencia</b>	<p>ASTM D 422-63 (Reaprobada 1998), AASHTO T 88 00 (2004)</p>	<p>ASTM D 422-63 (reaprobada2007)</p>	<p>Se observa una reducción de la bibliografía.</p>

### Anexo 3 Comparativo INVIAS 124 (Limite Liquido)

	I.N.V.E-125-07	INV E-125-13	Comentarios
<b>Nombre</b>	<b>DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS</b>	<b>DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS</b>	Se evidencia un cambio de sintaxis en el titulo
<b>Objeto</b>	Se define el límite líquido como la humedad en porcentaje de suelo secado en el horno, cuando este se halla entre el estado líquido y plástico. Cualquier valor observado y calculado se debe aproximar al valor más cercano. Es responsabilidad de quien use la norma el establecer las prácticas de seguridad y salubridad adecuadas, así como la aplicación de limitaciones regulatorias.	La preparación de la muestra se realiza a través de dos métodos, el método multipunto o A y el método de un solo punto o B, no se recomienda este último cuando el operador es inexperto, también resulta invalido este en los suelos orgánicos y marinos. El ensayo se debe realizar sobre la fracción que pasa el tamiz No. 40 (425 µm). Los valores medidos y calculados se deben redondear al dígito significativo más cercano; Esta norma reemplaza la norma INV E-125-07.	En la normativa 2013 se elimina la definición de límite líquido y la cláusula de responsabilidad; además se incluyen dos métodos para realizar el ensayo.
<b>Definiciones</b>		Se crea el apartado definiciones, donde se incluyen las siguientes palabras, Límites de Atterberg - establecidos inicialmente los 6 límites Albert Atterberg, en la actualidad se usan principalmente los límites líquido,	Se introduce un apartado con las definiciones de algunas palabras técnicas utilizadas en el ensayo.

		<p>plástico y en ocasiones el de contracción, conocidos estos tres como límites de Atterberg.</p> <p>Consistencia - Facilidad relativa con la cual se deforma un suelo. Limite líquido - Contenido de humedad del suelo cuando está entre los estados líquido y plástico.</p>	
<b>Resumen del método</b>		<p>Se procesa el suelo para remover la porción retenida en el tamiz de 425 <math>\mu\text{m}</math> (No. 40). Se determina el límite líquido mediante tanteos, en los cuales una porción de la muestra se esparce sobre la cazuela y se divide en dos partes con el ranurador, permitiendo que con ayuda de las caídas de la cazuela sobre la base esta fluya. El método multipunto requiere de 3 o más tanteos con diferentes humedades, mientras el de un solo punto utiliza dos tanteos con la misma humedad.</p>	<p>Se introduce el capítulo que resume el método en la INVIAS 2013.</p>
<b>Importancia y uso</b>		<p>El limite Interviene en varios sistemas de</p>	<p>Se incluye un apartado que contiene la</p>

		<p>clasificación de suelos ya que contribuye a la caracterización de la fracción fina; el límite líquido o en conjunto con el plástico y el índice de plasticidad se usan en conjunto con otras propiedades para establecer una correlación sobre el comportamiento ingenieril del suelo, como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactabilidad, la expansión y contracción y la resistencia al corte. El límite líquido, el límite plástico y la humedad permiten calcular la consistencia relativa o índice de fluidez, igualmente el índice de plasticidad con las partículas menores a 2 <math>\mu\text{m}</math> dan una idea aceptable de la actividad de la fracción fina del suelo. Cuando un suelo con materia orgánica es secado al horno antes del ensayo su límite líquido baja dramáticamente, de ahí que se puede emplear la comparación de los límites líquidos de una</p>	<p>importancia y el uso del ensayo de límite líquido.</p>
--	--	---	---

		muestra seca y sin secar como medida cualitativa de materia orgánica.	
<b>Equipos</b>	<p><b>Vasija de evaporación</b> - con un diámetro de 115 mm o 4 1/2".</p> <p><b>Espátula</b> - de hoja flexible de entre 75 mm a 100 mm o 3" a 4" de longitud y 20 mm (3/4") de ancho.</p> <p><b>Aparato de límite líquido</b>, el cual consiste en una cazuela de bronce, puede ser manual o mecánico con las características especificadas en la figura 1 de la INVE-125-07.</p> <p><b>Ranurador</b> - se establece el uso de un ranurador curvo y se indica que no debe ser usado el ranurador plano ya que aumenta el límite líquido levemente.</p> <p><b>Calibrador</b> - de un espesor de 10 ± 2 mm y de 50 mm (2") de longitud aproximadamente.</p> <p><b>Recipientes</b> - con tapa y resistente a la</p>	<p><b>Aparato de límite líquido</b> - Dispositivo mecánico o manual que consiste en una cazuela de bronce suspendida sobre una base recipiente con las especificaciones del numeral 5,1 y la figura 125-1 de la INV E-125-13.</p> <p><b>Ranurador</b> - plano plástico o metálico, con las dimensiones de la fig. 125 -3, se establece que el ranurador curvo no ofrece la precisión obtenida por el plano.</p> <p><b>Calibrador</b> - Bloque metálico de 10 ± 0,05 mm de ancho y sin biseles o curvatura en la cara de contacto con la cazuela durante la calibración.</p> <p><b>Recipientes para la determinación de humedad</b> - con tapas y resistentes a la corrosión.</p> <p><b>Balanza</b> - con legibilidad de 0,01</p>	<p>Se elimina el uso del ranurador curvo en la INV E 13 ya que reduce la resistencia el límite líquido. El rango de altura permisible para el ranurador en la INV E 13 es inferior a la establecida en la INV E 07, de igual caso en la vasija de evaporación o recipiente de mezclado donde se reduce el diámetro en mm del mismo pero su valor en pulgadas permanece igual, adicionalmente se introduce el uso de una bolsa plástica para cubrir el recipiente de mezclado y almacenar la muestra. Para el caso del aparato de límite líquido se cambian algunas de las especificaciones y características requeridas en el mismo.</p>

	<p>corrosión. <b>Balanza</b> - con sensibilidad de 0,01 g. <b>Horno</b> - termostáticamente controlado con capacidad de mantener <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>).</p>	<p>g. <b>Recipiente para mezclar y almacenar las muestras preparadas</b> - recipiente plástico, de vidrio o porcelana de 114 mm (4 1/2") de diámetro y una bolsa plástica para envolverlo. <b>Espátula</b> - de hoja flexible con longitud de 75 a 100 mm (3" a 4") y 20 mm (3/4") de ancho. <b>Horno</b> - termostáticamente controlado, capaz de mantener <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>).</p>	
<b>Materiales</b>		<p><b>Agua</b> - esta puede ser destilada o desmineralizada.</p>	<p>Se incluye un apartado en la INVIAS 2013 para materiales donde se aclara el tipo de agua a usar durante el ensayo.</p>

<p><b>Muestra / Muestreo y Elaboración del espécimen de ensayo</b></p>	<p>La obtención de la muestra se realiza de dos formas: <b>Método A</b> - Consiste en pesar aproximadamente 100 g de material mezclado que pase el tamiz de 0,425 mm (No. 40), según los métodos de las normas INV E-106-07 e INV E-107-07. <b>Método B</b> - Se toman 50 g de la misma forma en que se tomaron para el método A.</p>	<p>Se escoge una muestra representativa del suelo de 130 a 200 g que pase el tamiz de 425 <math>\mu</math>m (No. 40), las muestras que fluyen libremente se escogen por cuarteo, en el caso de las que no fluyen libremente como los suelos cohesivos se mezcla el suelo completamente y se toma una porción representativa con un cucharón. Si se va a preparar la muestra por el método húmedo el suelo se debe conservar con el contenido de agua con que se tomó la muestra. En los casos de las muestras estratificadas, se deberán mantener los estratos separados y realizar los ensayos sobre el estrato de interés con un espécimen con la menor contaminación posible, si se va a usar una mezcla de suelos, la muestra se deberá obtener combinando muestras parciales en las mismas proporciones.</p>	<p>Se encuentra un cambio en el nombre de la sección además se evidencia un cambio en la metodología de obtención de muestras en ambas normativas, en el caso de la INVIAS 2007 se dan dos métodos de selección con dos masas diferentes, 50 g y 100g, en cuanto a la INVIAS 2013 se presenta un solo método de obtención, de muestras con masa establecida entre un rango de 130 a 200 g.</p>
--	---	---	--

<p><b>Ajuste del aparato del límite líquido / Calibración del equipo</b></p>	<p>El equipo de límite líquido se deberá inspeccionar para verificar sus condiciones de trabajo , se revisara que el pin que conecta la cazuela no este desgastado pero que tenga juego lateral, que los tornillos de conexión entre la cazuela y el soporte estén ajustados, que los puntos de contacto entre la cazuela y la base no estén desgastados excesivamente y que el borde de la cazuela y la zona donde se realiza el ranurado no se encuentren desgastadas, además de verificar las dimensiones del ranurador.</p>	<p>Se comprueba que el aparato de límite líquido se encuentre limpio y en buen estado, se verifica lo siguiente: El <b>desgaste de la base</b> donde golpea la cazuela el cual no debe ser de más de 10 mm (3/8") de diámetro, si es mayor se debe maquinar para remover los rastros de desgaste respetándose las especificaciones del equipo del numeral 5,1 de la INV E-125-13, el <b>desgaste de la cazuela</b> la cual se debe reemplazar cuando la depresión realizada por el ranurador alcance 0,1 mm (0,004") o cuando su espesor original se reduzca a la mitad, el <b>desgaste del soporte de la cazuela</b> donde el pivote no debe apretar y estar desgastado al punto de permitir un juego de más de 3 mm (1/8") en el punto más bajo del aro, el <b>desgaste de la leva</b> la cual no debe permitir que la cazuela golpee la base antes de que el soporte de la misma</p>	<p>Se observa un cambio en el nombre del capítulo. El procedimiento de calibración para la norma INVIAS 2013 se hace más preciso y específico que el establecido en la INVIAS 2007.</p>
--	---	---	---

		<p>pierda contacto con la cazuela y las <b>patas de caucho</b> se reemplazan cuando se vuelven duras, agrietadas o quebradizas. En el <b>ranurador</b> se verifica su desgaste frecuentemente. Para el <b>ajuste de la altura de caída libre</b> se debe ajustar para que la cazuela se eleve a una altura de <math>10 \pm 2</math> mm.</p>	
<p><b>Preparación del espécimen</b></p>		<p><b>Método de preparación por vía húmeda</b> - Si no hay especificación del método de preparación de la muestra, esta se deberá preparar por vía húmeda. El <b>material que pasa en</b></p>	<p>Se presentan los métodos para la preparación por vía húmeda y seca del espécimen del ensayo, los pasos descritos en el procedimiento son claros y precisos.</p>

		<p><b>su totalidad el tamiz de 425 <math>\mu\text{m}</math> (No. 40)</b> se inspecciona manual y visualmente para establecer si tiene poco o ningún material retenido en el tamiz No. 40, si es así se mezclan entre 150 y 200 g de suelo con agua, si se desea se puede mojar el material con agua para ablandarlo; se ajusta la humedad del suelo para llevarlo a una consistencia en que se requiera entre 25 a 35 golpes para el Método A o entre 20 y 30 para el Método B. Si se encuentran partículas mayores a 425 <math>\mu\text{m}</math> se retiran manualmente, de ser posible, si este procedimiento no es factible se retira el pequeño porcentaje siempre y cuando no supere el 15% trabajando el material en el tamiz No. 40 con ayuda de una lámina de caucho o material que no dañe el tamiz ni las partículas de suelo, si el porcentaje es mayor a 15% o no es practico realizar este procedimiento se debe hacer como se explica a continuación</p>	
--	--	---	--

		<p>(Material que contiene partículas retenidas en el tamiz de 425 mm (No. 40)), Si las partículas detectadas son frágiles se remueven manualmente o por lavado, cuando se tenga la muestra preparada se verifica y ajusta la consistencia, se cubre para evitar pérdidas de humedad y se deja en reposo por 16 horas, terminado este tiempo se remezcla.</p>	
--	--	--	--

		<p><b>Material que contiene partículas retenidas en el tamiz de 425 mm (No. 40)</b>, se toma el espécimen, se humedece el material para ablandar los terrones y eliminar las partículas finas adheridas a los gruesos. Se realiza el lavado sobre el tamiz No. 40 ubicado sobre el fondo de un recipiente limpio, alternativamente se puede hacer el lavado usando el tamiz No. 10 sobre el No. 40, se agrega agua hasta que se supere la altura de la malla del tamiz No. 40 en al menos 13 mm (1/2") se agita la mezcla revolviéndola con los dedos y formando remolinos mientras el tamiz se mueve hacia arriba y abajo disgregando terrones y separando finos de gruesos. Finalmente se levanta el tamiz y se enjuaga con poca agua el material retenido y se descarta. Se reduce la humedad del material exponiéndolo a corrientes de aire a temperatura ambiente, con un</p>	
--	--	--	--

		<p>secador de pelo (aire tibio), por decantación, filtrando con un embudo Büchner o filtros de vela, drenándolo en un colador y/o en un plato de yeso de parís con papel filtro. El material debe ser agitado a menudo para evitar el sobresecado de bordes y picos. Los materiales con sales solubles deben ser secados solamente exponiéndolos a corrientes de aire o con un secador de pelo. Se mezcla el material con ayuda de la espátula y se lleva a la humedad adecuada dependiendo del método a usar (A o B). De ser necesario, se coloca el material sobre el recipiente de almacenamiento, se cubre y se deja en reposo por no menos de 16 horas, tiempo después del cual se remezcla.</p>	
--	--	---	--

		<p><b>Método de preparación por vía seco:</b> el espécimen se seca a temperatura ambiente o en un horno a 60 °C (140°F), hasta que se seque y los terrones se disgreguen con facilidad, se pulveriza el material en un mortero con maja forrada de caucho o con otro procedimiento que no dañe el material. Los materiales frágiles no se deben triturar, esto se remueven manualmente o por otro medio como el lavado para el cual se empleara el método de lavado anteriormente expuesto, después de pulverizada la muestra se pasa por el tamiz No. 40, se repite el procedimiento con el material retenido en el tamiz No. 40 hasta que la mayor parte de las partículas finas se hayan desagregado y el material retenido este compuesto solo por partículas individuales. Se sumergen en agua las partículas retenidas en el tamiz No. 40 y se</p>	
--	--	--	--

		<p>pasan por el mismo capturando el agua y los finos suspendidos los cuales son mezclados con la fracción seca tamizada, se reduce la humedad por cualquiera método de los establecidos en el apartado llamado Material que contiene partículas retenidas en el tamiz de 425 mm (No. 40), y se continua desde allí con el procedimiento ahí descrito.</p>	
<p><b>Procedimiento cuando se utiliza el ranurador curvo</b></p>	<p><b>Método A</b> - Se coloca la muestra en la vasija de evaporación y se mezcla con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con la espátula de forma alternada y repetida, se hacen adiciones de 1 a 3 ml de agua y se mezcla completamente antes de adicionar más agua. Cuando la mezcla tiene una consistencia de pasta uniforme dura, se coloca sobre la cazuela, se comprime y extiende con la espátula y el menor</p>		<p>La norma INV E-125-13 elimina el procedimiento usando el ranurador curvo para la determinación del límite líquido de los suelos.</p>

	<p>número posible de pasadas hasta tener una altura de 10 mm en su punto más profundo, el suelo excedente se retira y tapa con el fin de mantener la humedad. Se divide el suelo con una pasada firme del ranurador curvo a través de la línea central de la cazuela formando una ranura limpia y de dimensiones apropiadas, se permite hacer hasta seis pasadas de adelante hacia atrás o de atrás adelante, con cada pasada el ranurador debe penetrar más, se debe hacer la ranura con el menor número de pasadas posibles.</p>		
	<p>Se levanta y golpea la cazuela con la manija a razón de dos revoluciones por segundo hasta que se unan las dos mitades de la pasta en una distancia cercana a 13 mm (0,5"), si el suelo se desliza de la cazuela se debe mezclar con más agua la muestra y repetir el procedimiento, si el problema persiste el</p>		

	<p>ensayo no es aplicable, y se informa que limite liquido no puede ser determinado. Una vez finalizado el ensayo se saca una tajada del ancho de la espátula de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura incluyendo la porción donde hizo contacto, se coloca en un recipiente adecuado, se pesa y anota el valor y se introduce al horno a <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>) hasta masa constante y se vuelve a pesar. Se retira el material y se lavan y secan la cazuela y el ranurador para el siguiente tanteo, se realizan por lo menos dos ensayos adicionales con el suelo de la vasija de porcelana agregándole agua al material. Al menos uno de los sondeos debe hallarse en cada uno de los intervalos (25-35,20-30,15-25 golpes). <b>Método B</b> -El procedimiento es igual al anterior con las excepciones que la humedad añadida inicialmente será de 8 a 10 ml, se deben</p>		
--	---	--	--

	<p>observar al menos dos cierres de la ranura antes de aceptarse una de ellas, con el fin de verificar que el número de golpes es característicos del suelo. El rango de golpes debe restringirse entre 22 y 28 golpes; una vez se obtiene el cierre preliminar de la ranura en el rango, se devuelve el material de la cazuela a la para mezclado sin adición de agua, se realiza el segundo cierre y si este ocurre dentro del rango se y no difiere en más de dos golpes del primero se toma el espécimen para determinación del contenido de agua. Se aceptarán cierres de la ranura que requieran de 15 a 40 golpes, siempre y cuando que se toleren variaciones de <math>\pm 5\%</math> en relación con el verdadero Limite Liquido.</p>		
--	--	--	--

<p><b>Procedimiento cuando se utiliza ranurador plano</b></p>	<p>El procedimiento para el ensayo con un ranurador plano es similar al descrito para el ranurador curvo, la única diferencia radica en el ranurado, en el cual se introduce el ranurador plano hundiéndolo sobre la muestra con la cara biselada hacia adelante en una línea recta desde el punto más alto de la cazuela hasta el más bajo de forma perpendicular a la misma; cuando el ranurado no se puede hacer en una sola</p>	<p><b>Método A - Determinación del límite líquido con varios puntos de ensayo.</b> Se remezcla el espécimen y se ajusta su contenido de agua para que sean necesarios entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura, se coloca la mezcla sobre la misma, se comprime y extiende con la espátula para nivelarla y dejarla con una profundidad de 10 mm en su punto de máximo espesor, con el menor número de</p>	<p>Se puede determinar si el suelo es No Plástico sin hacer límite plástico</p>
---	---	--	---

	<p>pasada se corta la ranura en varias pasadas o se puede hacer una ranura ligeramente menor con la espátula usando luego el ranurador para completar la dimensión deseada.</p>	<p>pasadas con la espátula posibles para no atrapar burbujas de aire, el excedente debe ser devuelto al recipiente y tapado. Se divide el suelo con el ranurador plano hundiendo el lado biselado hacia adelante en una línea recta desde el punto más alto hacia el más bajo y de forma perpendicular a la superficie de la cazuela, si no es posible hacer la ranura en una sola pasada, se puede cortar la ranura con varias pasadas o hacer una ranura con la espátula para completarla con el ranurador, se debe evitar que la pasta de suelo se deslice sobre la cazuela. Una vez verificado que no haya suelo ni en la base ni en la parte inferior de la cazuela se gira el equipo a una velocidad entre 1,9 y 2,1 revoluciones por minuto hasta que las dos mitades se unan en una distancia cerca de 13 mm; durante este procedimiento no se puede sostener la base con la mano. Se</p>	
--	---	---	--

		<p>verifica que el suelo no se haya cerrado prematuramente por una burbuja revisando que ambos lados hayan fluido de manera similar, en caso contrario se debe repetir el ensayo agregándole una pequeña cantidad de suelo para recuperar el suelo perdido durante el ranurado. Si el suelo se desliza de la cazuela se emplea mayor humedad y se repite el procedimiento, si después de varios ensayos con contenidos de agua mayores el suelo se continua deslizando o el número de golpes para cerrar la ranura siempre es menor de 25 se informa que el suelo es NP (No plástico) sin hacer el ensayo de limite plástico.</p>	
--	--	---	--

		<p>Se registra el número de golpes necesarios para cerrar la ranura y se toma una muestra del ancho de la espátula de uno y otro lado y en Angulo recto con la ranura, incluyendo la porción que hizo contacto y se coloca en un recipiente de masa conocida. Se transfiere la muestra a la vasija de mezclado y se lava y seca el ranurador y la cazuela; se remezcla la muestra agregándole agua para que tenga mayor fluidez y se repite el proceso; se realiza el ensayo hasta obtener las consistencias para que al menos una de las determinaciones del número de golpes necesarios para cerrar la ranura este en cada intervalo (25-35, 20-30 y 15-25). Se toma el recipiente con la porción de suelo, se pesa y se anota el mismo, se lleva al horno a <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>) una vez seco se deja enfriar y se pesa para obtener la masa de agua perdida.</p> <p><b>Método B - Determinación del</b></p>	
--	--	--	--

		<p><b><i>límite líquido a partir de un solo punto de ensayo.</i></b> El procedimiento es similar al método de varios puntos de ensayo, su diferencia radica en que la humedad inicial será la adecuada para que la ranura cierre entre 20 y 30 golpes, si son mayores o menores se deberá ajustar y repetir el ensayo. Una vez tomada la muestra para el contenido de agua, se recupera esta cantidad perdida añadiendo suelo a la cazuela; si el cierre de la segunda ranura se hace al mismo número de golpes o no hay más de dos de diferencia, se toma la porción para verificar la humedad. Si la cantidad es de más de dos golpes se repetirá este proceso hasta que la diferencia entre los dos ensayos no sea mayor que dos.</p>	
--	--	--	--

<p><b>Cálculos (Método A)</b></p>	<p>Se calcula <b>la humedad</b> dividiendo la masa del agua en la masa del suelo y multiplicándola por cien, <b>la curva de fluidez</b> que representa la relación entre la humedad y el número de golpes de la cazuela (es una línea recta promedio que pasa tan cerca como sea posible de los tres o más puntos) dibujada en un gráfico semilogartimico, con la humedad como abscisa y el número de golpes como ordenada sobre la escala logarítmica y <b>el limite liquido</b> corresponde a la humedad de la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes.</p>	<p>Se calcula <b>la humedad</b> dividiendo la masa del agua en la masa del suelo y multiplicándola por cien, <b>la curva de fluidez</b> que representa la relación entre la humedad y el número de golpes de la cazuela (es una línea recta promedio que pasa tan cerca como sea posible de los tres o más puntos) dibujada en un gráfico semilogartimico, con la humedad como abscisa y el número de golpes como ordenada sobre la escala logarítmica y <b>el limite liquido</b> corresponde a la humedad de la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes. Igualmente se pueden usar métodos de cómputo sustitativos del método gráfico, para ajustar los datos a una línea recta y determinar el límite líquido.</p>	<p>Los cálculos se realizan de la misma manera para ambas normativas, adicionalmente la norma 2013 permite el uso de métodos de cómputo sustitativos al método gráfico.</p>
-----------------------------------	--	---	---

<p><b>Cálculos (Método B)</b></p>	<p>El <b>contenido de agua</b> se calcula de la misma forma que para el método A y el <b>limite liquido</b> se determina mediante el nomograma, la curva de fluidez múltiple o cualquier otro método que de valores de limite liquido con igual precisión; también se puede calcular usando el factor de corrección K.</p>	<p>El <b>contenido de humedad</b> se calcula con el mismo procedimiento establecido para el método A y el <b>limite liquido</b> se calcula a partir de una de las formulas (125,2 y 125,3) para determinar el <b>limite liquido a partir de un punto, por tanteo</b> las cuales se aplican a cada porción, el limite liquido es el promedio de los dos tanteos aproximado al entero más cercano.</p>	<p>Se elimina la determinación por los métodos gráficos para el procedimiento del Método B.</p>
<p><b>Ensayos de Comprobación</b></p>	<p><b>Métodos que se pueden usar.</b> En caso de desacuerdos importantes se hace la comprobación usando el Método A. Los resultados pueden verse afectados por el tiempo requerido para hacerlo, el contenido de agua con el que se inicia, la adición de suelo seco a la muestra preparada. <b>Procedimiento.</b></p>		<p>La norma INVIAS 2007 implementaba unos ensayos de comprobación basados en el método A y con una programación de los diferentes tiempos necesarios para realizar el mismo, estos ensayos de comprobación fueron eliminados en la norma INVIAS 2013</p>

	<p>Cuando se decida hacer la prueba de límite líquido para comprobar resultados o decidir sobre alguna controversia, se deben seguir las siguientes programaciones.</p> <p><b>Mezclado con agua:</b> 5 a 10 minutos, usando el periodo más largo para los suelos plásticos. <b>Curado en el humedecedor:</b> 30 minutos. <b>Remezclado antes de colocar el material en la cazuela de bronce:</b> Agregar 1 ml de agua y mezclar durante 1 minuto. <b>Colocación de la cazuela de bronce, ensayo y pesada:</b> 3 minutos. <b>Adición de agua y remezclado:</b> 3 minutos. No se debe reportar ningún ensayo que haya requerido más de 35 golpes y menos de 15 golpes de la cazuela de bronce, bajo ningún caso se debe agregar material seco para reducir la humedad.</p>		
--	--	--	--

<p><b>Precisión y Sesgo</b></p>	<p>Es aplicable a suelos con límites líquidos entre 21 y 67.</p> <p><b>Repetibilidad (Un solo operador)</b> - dos resultados obtenidos por el mismo operador, con la misma muestra, en el mismo laboratorio y usando los mismos equipos, y en días diferentes deben cuestionarse si los resultados difieren en más de 7% de su promedio.</p> <p><b>Reproducibilidad (Varios laboratorios)</b> - Dos resultados obtenidos por diferentes operadores, en diferentes laboratorios, deben cuestionarse si ellos difieren de uno a otro en más del 13% de su promedio.</p>		<p>Se elimina el capítulo relacionado con la precisión y el sesgo en la norma INVIAS 2013</p>
<p><b>Normas de Referencia</b></p>	<p>AASHTO T 89-02, ASTM D 4318 - 00</p>	<p>ASTM D 4318-10</p>	<p>La bibliografía se reduce en la norma INV E-13</p>

<p><b>Anexo A</b></p>	<p>El aparato para medir la resiliencia consiste en un tubo y su tapa de acrílico transparente, una bola pulida de acero de 8 mm de diámetro y una barra pequeña imantada, el cilindro debe estar fijado a la tapa o atornillado a esta, la bola de acero fijada a la barra pequeña imantada está dentro de la tapa; se coloca el cilindro sobre la base a probar, sosteniendo el tubo hasta tocar ligeramente la base del límite líquido con la mano, se suelta la bola retirando el imán fuera de la tapa, se usan las medidas exteriores del cilindro para determinar el punto más alto alcanzado por la parte inferior de la bola al rebotar. Se repite la caída alimentos 3 veces en diferentes posiciones para cada caída. El promedio del rebote de la bola de acero en porcentaje del total de caída es la resiliencia del equipo. La prueba se realiza a temperatura ambiente.</p>	<p>El aparato para medir la resiliencia consiste en un tubo y su tapa de acrílico transparente, una bola pulida de acero de 8 mm de diámetro y una barra pequeña imantada, el cilindro debe estar fijado a la tapa o atornillado a esta, la bola de acero fijada a la barra pequeña imantada está dentro de la tapa; se coloca el cilindro sobre la base a probar, sosteniendo el tubo hasta tocar ligeramente la base del límite líquido con la mano, se suelta la bola retirando el imán fuera de la tapa, se usan las medidas exteriores del cilindro para determinar el punto más alto alcanzado por la parte inferior de la bola al rebotar. Se repite la caída alimentos 3 veces en diferentes posiciones para cada caída. El promedio del rebote de la bola de acero en porcentaje del total de caída es la resiliencia del equipo. La prueba se realiza a temperatura ambiente.</p>	<p>No hay cambios en los procedimientos de la prueba de resiliencia de la base del equipo del límite líquido.</p>
-----------------------	---	---	---

**Anexo 4 Comparativo INV E-126 (Limite Liquido)**

<b>Norma</b>	<b>I.N.V.E. - 126 - 06</b>	<b>INV E-126-12</b>	<b>Comentario</b>
<b>Nombre</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b>	No se evidencia cambio en el nombre de la norma.
<b>Objeto</b>	El límite plástico de un suelo es el contenido de agua más bajo para el cual el suelo está en estado plástico y en el cual se pueden formar rollos de 3/8" o 3 mm de diámetro rodando el suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa. El índice de plasticidad corresponde al intervalo de contenido de agua, expresado en porcentaje de masa seca dentro del cual el material están en estado plástico, coincide este a la diferencia numérica entre el límite líquido y plástico redondeado a la unidad más cercana.	Corresponde este ensayo a la determinación del límite plástico y el índice de plasticidad del suelo; El método descrito en esta norma se debe aplicar solo a la porción del suelo que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40), por lo tanto se debe considerar la contribución relativa de esta fracción en las propiedades de la muestra como conjunto cuando se usen para evaluar las propiedades del suelo. El ensayo se realiza sobre el material utilizado en el ensayo del límite líquido. El límite plástico del suelo puede cambiar cuando el material es secado previamente en horno, estufa o aire. La estimación calculada u obtenida con el ensayo se deberá aproximar al dígito significativo más cercano.	Se eliminan (INV - 13) las definiciones de límite plástico e índice de plasticidad de suelos e igualmente se introducen algunas características técnicas del ensayo como el tamaño de la porción usada para el mismo, así mismo las posibles incidencias en el ensayo de los materiales secados en horno, estufa o al aire.

<b>Definiciones</b>		<p>Las definiciones aplicadas a esta norma son las siguientes: límites de Atterberg - Originalmente se definieron seis límites por Atterberg. En la ingeniería actual se conocen como límites de Atterberg solo a los límite líquido y plástico, en algunas referencias también al límite de contracción.</p> <p>Consistencia - Facilidad relativa en la cual se puede deformar el suelo. Límite Plástico (LP. WP) - Humedad del suelo, expresada en porcentaje, cuando se halla entre los límites líquido y plástico. Índice de Plasticidad (IP) - Rango de contenidos de agua dentro del cual el suelo se comporta plásticamente, corresponde a la diferencia aritmética entre el límite líquido y el plástico.</p>	<p>Se introduce el apartado en el cual se definen algunas palabras aplicadas a la normativa INV E-13.</p>
<b>Resumen del método</b>		<p>Se determina el límite plástico presionando de manera repetida una pequeña porción de suelo formando rollos de 1/8" o 3,2 mm, hasta que se reduce su humedad y se produce el agrietamiento y/o desmoronamiento de</p>	<p>Se incluye el resumen del método en la norma INVIAS 2013.</p>

		los rollos. El índice de plasticidad se obtiene sustrayendo el límite plástico del límite líquido.	
<b>Importancia y uso</b>		El límite líquido interviene en varios sistemas de clasificación del suelo ya que contribuye con la caracterización de la fracción fina. Este en conjunto solo o con el límite líquido y el índice de plasticidad permite establecer correlaciones con el comportamiento ingenieril del suelo, tales como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactabilidad, los procesos de expansión y contracción y la resistencia al corte. Los límites líquido y plástico junto la humedad se usan para establecer la consistencia relativa o índice de liquidez. Además el índice de plasticidad junto al porcentaje de partículas menores de 2 $\mu\text{m}$ permite estimar la actividad de la fracción fina del suelo.	Se presenta una descripción de la importancia y uso de la norma INV E-126-13.
<b>Equipos y materiales</b>	<b>Espátula</b> - de hoja flexible, longitud de 76,2 mm (3") y 20 mm	<b>Placa de vidrio esmerilado</b> - de tamaño suficiente para formar	Se realizan tres modificaciones principales a los

	<p>de ancho (3/4"). <b>Cápsula para evaporación</b> - de porcelana o similar, con un diámetro de 115 mm (4 1/2"). <b>Balanza</b> - de 100 g con aproximación a 0,01 g. <b>Aparato de enrollamiento</b> - aparato de acrílico de conformidad con las dimensiones mostradas (opcional). <b>Papel para aparato de enrollamiento</b> - papel adhesivo no satinado que no añada materias ajenas al suelo (Opcional). <b>Recipientes</b> - recipientes apropiados para la determinación de la humedad con tapa de cierre a presión y resistentes a la corrosión y que no estén sujetos al cambio de masa o a desintegración. <b>Horno</b> - capaz de mantener temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), controlado termostáticamente. <b>Tamiz</b> - de 425 µm (No. 40). <b>Agua Destilada</b>. <b>Superficie lisa</b> - para amasado y enrollamiento, usualmente vidrio grueso esmerilado.</p>	<p>cilindros de suelo. <b>Aparato de enrollamiento para determinación del límite plástico (Opcional)</b> - aparato de acrílico con las características mostradas en las figuras. <b>Papel para el aparato de enrollamiento (Opcional)</b> - Papel mate que impida la adhesión de materias extrañas al suelo durante el enrollado, se debe adherir firmemente a las placas superior e inferior del aparato. <b>Espátula</b> - de 10 a 13 cm (4" a 5") de longitud y 2 cm o (3/4") de ancho. <b>Cápsula para evaporación</b> - de porcelana o similar de 115 mm (4 1/2") de diámetro. <b>Balanza</b> - de 100 g con legibilidad de 0,01g. <b>Capsula para determinación de humedad</b>. <b>Botella plástica</b> - Con dispositivo para aplicar agua en forma de rocío. <b>Horno</b> - Controlado termostáticamente, regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9°F). <b>Tamiz</b> - de 425 µm (No. 40). <b>Agua destilada</b>.</p>	<p>equipos y materiales del ensayo con la norma INVIAS 2013 en los cuales se establece la placa de vidrio esmerilado como única opción para superficie de enrollamiento, mientras que en la INVIAS 2007 se señala la posibilidad de usar cualquier superficie lisa y solo se sugería el vidrio esmerilado; otro cambio evidente es el aumento de la longitud de la espátula la cual paso de ser de 76,2 mm a estar en el rango de 10 a 13 cm; adicionalmente se introdujo en los materiales y equipos el uso de una botella que aplique el agua en forma de rocío.</p>
--	--	---	--

<p><b>Muestreo y elaboración del espécimen</b></p>		<p>Se realiza el muestreo y la elaboración del espécimen según los procedimientos descritos en la norma INV E-125-13</p>	<p>Se establece una aclaración llamada muestreo y elaboración del espécimen donde se relaciona la elaboración del espécimen con los procedimientos del ensayo de límite líquido.</p>
<p><b>Preparación de la muestra / Preparación del espécimen del ensayo</b></p>	<p>Preparación de la muestra. Si se requiere realizar solo el límite plástico se toman aproximadamente 20g de material que pase el tamiz de 425 <math>\mu\text{m}</math> (No. 40) obtenidos según la INV E-106 o INV E-107; se amasa el material con agua destilada hasta que se pueda formar fácilmente una esfera, se toman unos 6 g como porción de muestra para el ensayo. Cuando se requiere el límite líquido y el plástico se toman unos 15 g de porción humedecida y amasada, preparada según la INV E -125; Se deben tomar en una etapa donde se pueda formar fácilmente una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla, cuando se toma el material del límite</p>	<p>Se toma una porción de 20 g de suelo preparados para el ensayo de límite líquido, ya sea después del segundo mezclado antes del ensayo o del suelo sobrante al terminar la prueba de límite líquido. Se reduce el contenido de agua hasta que se pueda enrollar sin que se pegue a las manos extendiéndolo o mezclándolo continuamente sobre la placa o el recipiente de mezcla y almacenamiento, exponiéndolo a una corriente de aire con un ventilador o aplicándole un papel secante que no añada fibras.</p>	<p>Se encuentra en la normativa 2013 el <b>método para la preparación del espécimen de ensayo</b> en el cual se establece que la muestra debe ser tomada del ensayo de limite líquido, mientras que en la <b>preparación de la muestra</b> de la norma 2007 se permitía la preparación de la misma directamente para el ensayo de limite plástico, adicionalmente se establece (INV 2013) que la muestra debe ser tomada del material para limite liquido en dos momentos ya sea en el segundo mezclado antes del ensayo o del material sobrante del mismo, mientras</p>

	líquido y este se ha secado se debe humedecer la muestra.		que en la INV 07 se establecía que el material se debía tomar en la etapa donde se formara fácilmente una esfera.
<b>Procedimiento</b>	Se selecciona una porción de 1,5 a 2,0 g de suelo, se forma una sección elipsoidal. Se debe emplear uno de los siguientes métodos para formar un rollo de masa de 3 mm de diámetro, a razón de 80 a 90 rotaciones por minuto contando el movimiento de la mano hacia adelante y hacia atrás como una rotación. <b>Método de moldeado de rollos manual</b> - Se rueda la masa de suelo entre la mano o los dedos y el plato de vidrio (o un papel que este en la superficie horizontal y lisa) con la presión necesaria para formar	Se toman de 1,5 a 2 g de suelo con los que se forma una masa elipsoidal, a continuación se forman rollos de suelo con uno de los siguientes métodos: <b>Mediante el método manual</b> - Se rueda la masa entre la palma de los dedos y el vidrio formando un rollo uniforme, este se debe adelgazar hasta que su diámetro sea 3,2 mm (1/8") en no más de dos minutos; la presión se debe incrementar a medida que la plasticidad del suelo es mayor (la velocidad normal de enrollado es de 80 a 90 recorridos por minutos,	La actualización de la normativa en el 2013 propone un procedimiento con algunos elementos aclaratorios con respecto a la versión 2007, igualmente se evidencian algunas diferencias como el cambio en la conversión del diámetro de los rollos en milímetros el cual paso de 3,0 mm a 3,2 mm pero el mismo permanece constante en pulgadas (1/8"), se presenta a sí mismo la eliminación de las cantidades de pedazos en los que

	<p>un rollo uniforme, el rollo se debe adelgazar hasta 3 mm en no más de dos minutos.</p> <p><b>Procedimiento alternativo: método con aparato de enrollamiento</b> - Se coloca la masa en la bandeja inferior y se pone la bandeja superior, se aplica una ligera presión y se mueve la bandeja hacia adelante y atrás durante dos minutos, no se debe permitir que el suelo toque los rieles laterales. Una vez el</p>	<p>entendiéndose como recorrido completo un movimiento hacia adelante y atrás).</p> <p><b>Empleando el aparato de enrollamiento-</b> Se adhieren las hojas de papel mate a las placas, se coloca la masa en la placa inferior sobre la mitad entre los rieles, se ubica la placa superior y simultáneamente se aplica presión y un movimiento de vaivén, la muestra no debe tocar los rieles laterales. Cuando el</p>	<p>se debía dividir la masa para realizar nuevamente la forma elipsoidal una vez hecho el rollo de 3,2 mm.</p>
--	---	---	--

	<p>diámetro sea de 3 mm se divide el rollo en seis u ocho trozos y se juntan de nuevo apretándolos entre los pulgares y dedos formando una masa uniforme elipsoidal y se enrolla otra vez, se repite el procedimiento hasta que el rollo se desmorone; el desmoronamiento puede ocurrir cuando el rollo tenga un diámetro mayor de 3 mm, lo cual es un punto satisfactorio siempre y cuando el suelo haya podido ser enrollado previamente. El desmoronamiento puede ocurrir de varias formas en los distintos tipos de suelos, algunos se desbaratan en numerosas agregaciones pequeñas de partículas, otros forman una capa tubular que se comienza a romper en ambos extremos continuando el resquebrajamiento en el centro y finalmente se desbarata en muchas y pequeñas partículas lajasas, y por ultimo otros como los arcillosos se parten en una serie de segmentos</p>	<p>diámetro llegue a 3,2 mm se parte en varios trozos, se juntan estos y se comprimen con los dedos formando una masa elipsoidal y se enrolla nuevamente. Cuando la masa se parte en rollos cortos estos se deben enrollar por individual hasta los 3,2 mm, lo único necesario para continuar con el ensayo es que se puede hacer nuevamente una masa elipsoidal. No se debe intentar producir rotura a un diámetro exacto de 3,2 mm formando un rollo de este tamaño y reduciendo la velocidad y/o la presión y continuando el procedimiento sin más deformación hasta producir la desintegración. Por otro lado está permitido reducir la cantidad total de deformación en los suelos débilmente plásticos, haciendo la masa elipsoidal de un diámetro cercano a 3,2 mm. El desmoronamiento puede producirse a un diámetro mayor y puede ser considerado satisfactorio el punto si</p>	
--	--	--	--

	<p>en forma de barril. No se puede inducir el fallo de la muestra a los 3 mm reduciendo la velocidad o la presión, o ambos; sin embargo se puede reducir la deformación en suelos plásticos débiles formando una masa elipsoidal cercana a los 3 mm. Para finalizar se reúnen las fracciones de suelo, se introducen a un recipiente pesado y se tapan. El procedimiento se repite hasta que el espécimen de 8 g quede completamente ensayado, se determina la humedad y se anotan los resultados.</p>	<p>previamente se pudieron realizar rollos de 3,2 mm. El desmoronamiento puede ser diferente en los distintos tipos de suelo. Algunos se desintegran en numerosas partículas pequeñas, otros desarrollan una capa exterior tubular que comienza a separarse desde los bordes hacia el centro para finalmente desintegrarse, y otros como las arcillas pesadas se parten en segmentos con forma de barril de aproximadamente 3,2 mm a 9,5 mm (1/8" a 3/8") de longitud. A continuación se toman las porciones de suelo desmoronado y se colocan en un recipiente con tapa de masa conocida hasta el pesado, se repite el procedimiento hasta obtener como mínimo 6 g de suelo en el recipiente. Finalmente se realiza el procedimiento de nuevo para obtener otro recipiente con al menos 6 g de suelo.</p>	
--	--	--	--

<p><b>Cálculos</b></p>	<p>Se expresa el límite plástico del suelo como el contenido de agua en porcentaje de la más de suelo seca y se calcula dividiendo la masa de agua en la masa de suelo seco al horno y multiplicándolo por cien. El índice de plasticidad se define como la diferencia entre el límite líquido y plástico y se obtiene restando el límite plástico al líquido. En los casos en los que el límite líquido o plástico no se puedan determinar o en los que el segundo sea igual o mayor al primero, el índice de plasticidad se reporta como NP (No Plástico).</p>	<p>El límite plástico <b>LP</b>, se obtiene calculando el promedio de las dos humedades del tanteo de límite plástico y redondeando el resultado al entero más cercano, cuando la diferencia es mayor a la Tabla 126-1 el ensayo se debe repetir. El Índice de plasticidad <b>IP</b> se obtiene sustrayendo el límite plástico al límite líquido.</p>	<p>Se destacaron nuevamente las definiciones de Límite plástico e Índice de plasticidad en la INVIAS 2007, elemento que se omitió en la versión 2013, así mismo se introdujo en la INV - 13 una tabla en la que se establecen unos rangos de aceptabilidad para los resultados de los ensayos para un solo operador y para ensayos multilaboratorio.</p>
<p><b>Precisión / Precisión y Sesgo</b></p>	<p>El planteamiento de precisión aplica a los suelos con límite plástico de entre 15 y 32, en ensayo con enrollamiento manual. <b>Repetibilidad (Un solo operador)</b> - la diferencia no puede ser mayor a 10% cuando dos ensayos son realizados por el mismo operador, con la misma muestra, en el mismo laboratorio y con los mismos aparatos. <b>Reproducibilidad (En</b></p>	<p><b>Precisión</b> - se establece la Tabla 126-1 y Tabla 126-2 para juzgar la aceptabilidad de los resultados obtenidos por el método húmedo de la INV E-125 de ensayo en un amplio rango de suelos. <b>Sesgo</b> - No existe un valor de referencia aceptable</p>	<p>La norma INVIAS 2013 en su capítulo <b>Precisión y Sesgo</b> crea dos tablas para juzgar la aceptabilidad de los resultados para diferentes tipos de suelos y el método de preparación por vía húmeda. Elementos que reemplazaron los porcentajes establecidos en la INVIAS 2007 para la <b>Precisión</b> como</p>

	<b>múltiples laboratorios)</b> - dos resultados obtenidos por diferentes operadores en diferentes laboratorios son cuestionables si difieren en más del 18%.		diferencia máxima permitida.
<b>Informe</b>	El informe debe incluir, al menos lo siguiente: Identificación del proyecto. Procedencia de la muestra. Fecha y lugar de muestreo. Fecha de ensayo. Valores del límite líquido, plástico e índice de plasticidad. Cualquier información adicional al respecto del ensayo o el suelo. La referencia a este método.	El informe debe incluir al menos lo siguiente: Identificación del proyecto, Procedencia y descripción de la muestra, Procedimiento de ensayo (manual o con el aparato de enrollamiento), Valores del límite líquido, plástico e índice de plasticidad, Cualquier información adicional sobre el ensayo o el suelo. La referencia a este método de ensayo.	La información que debe contener el informe para ambas versiones de la norma es similar; en la normativa 2013 se incluyen la descripción de la muestra, Procedimiento de ensayo (manual o con el aparato de enrollamiento) y se eliminaron la fecha y lugar de muestreo y la fecha del ensayo.
<b>Normas de Referencia</b>	AASHTO T 90-00 (2004), ASTM D 4318-00, NORMA CHILENA 8102,4	ASTM D 4318-10	Se reduce la bibliografía.

**Anexo 5 Comparativo INVIAS 130 (Permeabilidad Cabeza Constante)**

<b>Norma</b>	<b>I.N.V.E-130-07</b>	<b>INV E-130-13</b>	<b>Comentario</b>
<b>Nombre</b>	<b>PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (CABEZA CONSTANTE)</b>	<b>PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (CABEZA CONSTANTE)</b>	No se evidencia cambio del título de la norma
<b>Objeto</b>	El procedimiento descrito por el ensayo permite determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua para suelos granulares. Para limitar la consolidación el procedimiento está limitado a suelos granulares alterados con menos del 10% de partículas que pasen el tamiz de 75 µm (No. 200). La norma no considera los problemas de seguridad asociados a su uso, por lo cual es responsabilidad de quien la emplee la aplicación de prácticas de seguridad, salubridad y limitaciones regulatorias antes de su uso.	El procedimiento descrito por el ensayo permite determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua para suelos granulares. Para limitar la consolidación el procedimiento está limitado a suelos granulares alterados con menos del 10% de partículas que pasen el tamiz de 75 mm (No. 200). Esta norma reemplaza la norma INV E-130-07.	El objetivo principal de la normativa de determinar el coeficiente de permeabilidad mediante el método de cabeza constante en suelos granulares no fue modificado, pero se elimina la aclaración sobre los problemas de seguridad asociados a la utilización de la misma en la actualización del 2013.
<b>Condiciones Fundamentales de Ensayo / Condiciones Fundamentales</b>	Las siguientes condiciones son prerrequisito para las condiciones de flujo laminar de agua a	Las siguientes condiciones son prerrequisito para las condiciones de flujo laminar de agua a	Se realiza un cambio en la sintaxis del título del capítulo; las condiciones allí descritas permanecen

<p><b>del Ensayo.</b></p>	<p>través de suelos granulares bajo condiciones de cabeza constante:</p> <p><b>Continuidad de flujo</b> sin cambios en el volumen del suelo durante el ensayo, <b>Flujo con los vacíos del suelo saturados con agua</b> y sin burbujas de aire dentro, <b>Flujo uniforme</b> sin cambios en el gradiente hidráulico y <b>Proporcionalidad directa</b> de la velocidad de flujo con gradientes hidráulicos por debajo de ciertos valores críticos, en los cuales se inicia el flujo turbulento. Todos los flujos que involucran saturación parcial de los vacíos de suelo, flujo turbulento y flujo no uniforme son transitorios y producen coeficientes variables y dependientes del tiempo por lo cual requieren procedimientos y condiciones especiales de ensayo.</p>	<p>través de suelos granulares bajo condiciones de cabeza constante:</p> <p><b>Continuidad de flujo</b> sin cambios en el volumen del suelo durante el ensayo, <b>Flujo con los vacíos del suelo saturados con agua</b> y sin burbujas de aire dentro, <b>Flujo uniforme</b> sin cambios en el gradiente hidráulico y <b>Proporcionalidad directa</b> de la velocidad de flujo con gradientes hidráulicos por debajo de ciertos valores críticos, en los cuales se inicia el flujo turbulento. Todos los flujos que involucran saturación parcial de los vacíos de suelo, flujo turbulento y flujo no uniforme son transitorios y producen coeficientes variables y dependientes del tiempo por lo cual requieren procedimientos y condiciones especiales de ensayo.</p>	<p>iguales.</p>
---------------------------	--	--	-----------------

<p><b>Equipo</b></p>	<p><b>Permeámetros</b> - Como se indica en la figura 1 de la norma I.N.V.E-130-07, y con diámetros mínimos de 75 mm (3"), 115 mm (4,5"), 150 (6") y 230 mm (9") dependiendo del diámetro de las partículas según la tabla 1 de la anterior norma; debe tener un disco poroso o malla para el fondo, tomas de manómetros y un disco poroso o malla reforzada por un resorte adherido a la parte superior o cualquier otro dispositivo para aplicar una presión de resorte de 22 a 44 N (5 a 10 lbf). <b>Tanque de cabeza constante</b> - Con filtro como el mostrado en la figura 1 de la presente norma y con válvulas de control. <b>Embudos amplios</b> - Con canales cilíndricos de 25 mm (1") para partículas de tamaño máximo de 9,5 mm (3/8") y 12.7 mm (1/2") de diámetro para partículas de tamaño de 2,00 mm (No. 10). La longitud del canalón debe ser mayor a la longitud de</p>	<p><b>Permeámetros</b> - Como se indica en la figura 130-1 de la norma INV E-130-13, y con diámetros mínimos de 76 mm (3"), 114 mm (4,5"), 152 (6") y 229 mm (9") dependiendo del diámetro de las partículas según la tabla 1 de la anterior norma; debe tener un disco poroso o malla para el fondo, tomas de manómetros y un disco poroso o malla reforzada por un resorte adherido a la parte superior o cualquier otro dispositivo para aplicar una presión de resorte de 22 a 44 N (5 a 10 lbf). <b>Tanque de cabeza constante</b> - Con filtro como el mostrado en la figura 1 de la presente norma y con válvulas de control. <b>Embudos amplios</b> - Con canales cilíndricos de 25 mm (1") para partículas de tamaño máximo de 9,5 mm (tamiz 3/8") y 12.7 mm (1/2") de diámetro para partículas de tamaño de 2,00 mm (tamiz No. 10). La longitud del conducto debe ser</p>	<p>Los equipos necesarios en la actualización de la norma INVIAS del 2013 coinciden con los establecidos para la versión del 2007, los cambios se basaron en algunas conversiones de unidades que se incluyeron o cambiaron y la sustitución de algunas palabras como es el caso del conducto de los embudos anteriormente llamado canalón.</p>
----------------------	---	---	---

	<p>la cámara en al menos 152 mm (6"). <b>Equipo para la compactación del espécimen</b>- Se puede emplear el equipo de compactación que se considere deseable, se sugiere un pisón vibratorio provisto de un pie de compactación con diámetro de 51 mm (2"), un pisón de impacto con peso deslizante consistente en un pie apisonador de 2" diámetro o una varilla para pesas deslizante de 100 g (0,22 lb) para arenas y una caída de 102 mm (4") o 1 kg (2,25 lb) y una caída de 203 mm (8") para suelos con contenido apreciable de grava. <b>Bomba de vacío</b> - o aspirador de chorro de agua, con grifo para evacuar y saturar muestras de suelo con vacío completo. <b>Tubos manométricos</b> - Con escalas métricas. <b>Balanza</b>- de capacidad de 2 kg y sensibilidad de 1 g. <b>Cucharón</b> - Con una capacidad de alrededor de 100 g (0,22 lb) de suelo. <b>Equipos misceláneos</b> -</p>	<p>mayor a la longitud de la cámara en al menos 150 mm (6"). <b>Equipo para la compactación del espécimen</b>- Se puede emplear el equipo de compactación que se considere deseable, se sugiere un pisón vibratorio provisto de un pie de compactación con diámetro de 51 mm (2"), un pisón de impacto con un pie apisonador de 2" diámetro o una varilla para pesas deslizante de 100 g (0,22 lb) para arenas y una caída de 102 mm (4") o 1 kg (2,25 lb) y una caída de 203 mm (8") para suelos con contenido apreciable de grava. <b>Bomba de vacío</b> - o aspirador de chorro de agua, con grifo para evacuar y saturar muestras de suelo bajo vacío completo. <b>Tubos manométricos</b> - Con escalas métricas. <b>Balanza</b>- de capacidad de 2 kg (4,4 lb) y sensibilidad de 1 g (0,002 lb). <b>Cucharón</b> - Con una capacidad de alrededor de 100 g (0,25 lb) de suelo. <b>Equipos misceláneos</b> -</p>	
--	---	--	--

	Termómetros, reloj con apreciación de segundos, vaso graduado de 250 ml, jarra de 1 litro, cubeta para mezclar, cucharas y otros.	Termómetros, reloj con apreciación de segundos, vaso graduado de 250 ml, jarra de 1 litro, cubeta para mezclar, cucharas y otros.	
<b>Muestra</b>	Se escoge por cuarteo una muestra de suelo granular secado al aire que contenga menos del 10% del suelo pasante por el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (No. 200) en cantidades suficientes para lo hacer los ensayos de granulometría (I.N.V.E-123-07) e hidrómetro (I.N.V.E-124-13), donde las cantidades mayores a 19 mm (3/4") separadas por tamizado no se emplearan para el ensayo de permeabilidad pero se deberán anotar sus	Se escoge por cuarteo una muestra de suelo granular secado al aire que contenga menos del 10% del suelo pasante por el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (No. 200) en cantidades suficientes para lo hacer el análisis granulométrico de acuerdo con la norma INV E-123-13, donde las cantidades mayores a 19 mm (3/4") separadas por tamizado no se emplearan para el ensayo de permeabilidad pero se reportaran sus porcentajes; del	El procedimiento base de toma de muestra es el mismo, la única variación radica en que el ensayo granulométrico por tamizado e hidrómetro se establece en una sola norma para la versión 2013.

	<p>porcentajes; del material del cual se removieron los sobretamaños se tomara por cuarteo una cantidad igual al doble necesaria para llenar la cámara del permeámetro.</p>	<p>material del cual se removieron los sobretamaños se escoge por cuarteo una cantidad igual al doble necesaria para llenar la cámara del permeámetro.</p>	
<p><b>Preparación</b></p>	<p>Se realizan las siguientes medidas iniciales en milímetros o milímetros cuadrados y se anotan en el informe: el <b>diámetro interno (D)</b> del permeámetro, la <b>longitud (L)</b> entre las salidas de los manómetros, la <b>profundidad (H1)</b> medida en cuatro puntos simétricamente espaciados desde el tope del cilindro de permeabilidad hasta la parte superior de la piedra porosa superior o de la malla, colocada temporalmente sobre la piedra o malla inferior. Se calcula el <b>área de la sección</b></p>	<p>Se realizan las siguientes medidas iniciales en centímetros o centímetros cuadrados y se anotan en el informe: el <b>diámetro interno (D)</b> del permeámetro, la <b>longitud (L)</b> entre las salidas de los manómetros, la <b>profundidad (H1)</b> medida en cuatro puntos simétricamente espaciados desde el tope del cilindro de permeabilidad hasta la parte superior de la piedra porosa superior o de la malla, colocada temporalmente sobre la piedra o malla inferior. Se calcula el</p>	<p>La normativa 2013 realiza un cambio en la simbología de las masas (W por M), así mismo se realizaron algunos cambios de unidades (mm por cm). Se introduce el término Densidad como sustituto del termino Peso unitario y se implementan algunos cambios de sintaxis y términos técnicos, pero la forma del procedimiento permanece igual.</p>

**transversal (A).** Se toma una muestra para humedad y se pesa el remanente del material secado al aire para la determinación del peso unitario **W1**. Se coloca el suelo preparado en capas aproximadamente iguales al espesor del tamaño máximo de las partículas pero no menor de 15 mm (0,60"), como se muestra a continuación: para **suelos con un tamaño máximo de 9.5 mm (3/8")** se coloca el embudo de tamaño adecuado dentro del aparato en contacto con la piedra, la malla del fondo o la capa previa, se vierte el material suficiente para realizar una capa tomando de diferentes partes de la bandeja, se levanta el embudo aproximadamente a 15 mm del fondo o igual a la capa no consolidada a formarse y se distribuye la muestra en forma de espiral desde el perímetro al centro lentamente. La bandeja se vuelve a

**área de la sección transversal (A).** Se toma una muestra para humedad y se pesa el remanente del material secado al aire para la determinación del peso unitario **M1**. Se coloca el suelo preparado en capas aproximadamente iguales al espesor del tamaño máximo de las partículas pero no menor de 15 mm (0,60"), como se muestra a continuación: para **suelos con un tamaño máximo de 9.5 mm (3/8")** se coloca el embudo de tamaño adecuado dentro del aparato en contacto con la piedra, la malla del fondo o la capa previa, se vierte el material suficiente para realizar una capa tomando de diferentes partes de la bandeja, se levanta el embudo aproximadamente a 15 mm del fondo o igual a la capa no consolidada a formarse y se distribuye la muestra en forma de espiral desde el perímetro al centro lentamente, la

	<p>mezclar para cada capa. Para los <b>suelos con un tamaño máximo mayor de 9,5 mm (3/8")</b> con ayuda de un cucharón se distribuye el suelo evitando la segregación, se puede lograr deslizando el cucharón de forma casi horizontal hasta llegar al fondo y levantándolo lentamente mientras se lleva al centro, se gira el permeámetro para la siguiente cucharada. Se compactan capas sucesivas al peso unitario relativo deseado mediante los siguientes procedimientos hasta una altura de alrededor de 20 mm (0,8") por encima de la salida del manómetro superior.</p> <p><b>Peso unitario mínimo (Densidad relativa del 0%)</b> - se colocan capas sucesivas mediante los procedimientos anteriormente descritos hasta que el aparato este lleno al nivel apropiado.</p>	<p>bandeja se vuelve a mezclar para cada capa. Para los <b>suelos con un tamaño máximo mayor de 9,5 mm (3/8")</b> con ayuda de un cucharón se distribuye el suelo evitando la segregación, se puede lograr deslizando el cucharón de forma casi horizontal hasta llegar al fondo y levantándolo lentamente mientras se lleva al centro, se gira el permeámetro para la siguiente cucharada. Se compactan capas sucesivas a la densidad relativa deseada mediante los siguientes procedimientos hasta una altura de alrededor de 2 cm (0,8") por encima de la salida del manómetro superior.</p> <p><b>Densidad mínima (Densidad relativa del 0%)</b> - se colocan capas sucesivas mediante los procedimientos anteriormente descritos hasta que el aparato este lleno al nivel apropiado.</p>	
--	--	---	--

	<p><b>Peso unitario máximo (Densidad relativa del 100%)</b> - La compactación se puede hacer mediante <b>el pisón vibratorio</b> - se compacta la capa con el pisón vibratorio mediante golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie con una trayectoria regular, la presión de contacto y la duración de la acción vibratoria en cada punto no debe hacer que el suelo escape por debajo de los bordes de la pata de compactación, tendiendo así a que se afloje la capa. Se deben realizar las capas suficientes para producir un peso unitario máximo lo que queda evidenciado cuando no haya movimiento visible de las partículas superficiales adyacentes al pisón. La <b>compactación mediante el pisón de peso deslizante</b> sucede compactando completamente cada capa con golpes uniformemente distribuidos. Se ajusta</p>	<p><b>Densidad máxima (Densidad relativa del 100%)</b> - La compactación total se puede hacer mediante <b>el pisón vibratorio</b> - se compacta la capa con el pisón vibratorio mediante golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie con una trayectoria regular, la presión de contacto y la duración de la acción vibratoria en cada punto no debe hacer que el suelo escape por debajo de los bordes de la pata de compactación, tendiendo así a aflojar la capa. Se deben realizar las capas suficientes para producir la densidad máxima lo que queda evidenciado cuando no haya movimiento visible de las partículas superficiales adyacentes al pisón. La <b>compactación mediante el pisón de peso deslizante</b> sucede compactando completamente cada capa con golpes uniformemente distribuidos. Se ajusta la altura de caída y se</p>	
--	---	---	--

	<p>la altura de caída y se proporciona cobertura suficiente para producir el peso unitario máximo. La <b>Compactación mediante otros métodos</b> se puede hacer por otros métodos aprobados como los equipos de empaque vibratorios, en los cuales se debe tener cuidado de obtener un espécimen uniforme sin segregaciones.</p> <p><b>Densidad relativa intermedia entre 0 y 100%</b> - mediante tanteos en un recipiente del mismo diámetro que el cilindro de permeabilidad, se ajusta la compactación para obtener valores que puedan repetirse para la densidad relativa. Se compacta el suelo en el cilindro de permeabilidad con estos procedimientos hasta una altura alrededor de 20 mm (0,80") por encima de la salida del manómetro superior. Para relacionar sistemáticamente y de manera</p>	<p>proporcionan coberturas suficientes para producir la densidad máxima. La <b>Compactación mediante otros métodos</b> se puede cumplir por otros métodos aprobados como los equipos vibratorios para empaque, con los cuales se debe tener cuidado de obtener un espécimen uniforme sin segregaciones.</p> <p><b>Densidad relativa intermedia entre 0 y 100%</b> - en un recipiente del mismo tamaño que el cilindro del permeámetro, mediante tanteos se ajusta la compactación para obtener valores reproducibles de la densidad relativa. Se compacta el suelo en el cilindro de permeabilidad con estos procedimientos hasta una altura alrededor de 20 mm (0,80") por encima de la salida del manómetro superior. Para relacionar sistemáticamente y de manera representativa las</p>	
--	---	---	--

	<p>representativa las condiciones de densidad relativa del terreno natural o un terraplén compactado, se efectúan ensayos de permeabilidad para el rango de las diferentes densidades relativas.</p>	<p>condiciones de densidad relativa del terreno natural o un terraplén compactado, se efectúan ensayos de permeabilidad para el rango de las diferentes densidades relativas.</p>	
	<p><b>Preparación del espécimen para ensayo de permeabilidad.</b> Se nivela la altura del suelo colocando la piedra porosa o la malla y rotándola suavemente de derecha a izquierda. Se mide <b>H2</b> en cuatro puntos desde la superficie de la placa tope perforada hasta el tope de la malla o piedra porosa superior después de comprimir con el resorte y se resta a la altura <b>H1</b> para obtener la altura final de la muestra, el peso de la muestra se obtiene restando a la masa seca inicial <b>W1</b> la masa del suelo remanente en la</p>	<p><b>Preparación del espécimen para ensayo de permeabilidad.</b> Se nivela la altura del suelo colocando la piedra porosa o la malla y rotándola suavemente hacia adelante y atrás. Se mide <b>H2</b> en cuatro puntos desde la superficie de la placa tope perforada hasta el tope de la malla o piedra porosa superior después de comprimir con el resorte y se resta a la altura <b>H1</b> para obtener la altura final de la muestra; el peso de la muestra se obtiene restando a la masa seca inicial <b>M1</b> la masa del suelo remanente en la</p>	

	<p>bandeja <b>W2</b>. Se calculan las masas unitarias, la relación de vacíos, y la densidad relativa de la muestra de ensayo. Se coloca el empaque, se presiona la placa superior contra el resorte y se fija al cilindro del permeámetro con el fin de conservar la primera condición descrita de mantener el peso unitario inicial. Con ayuda de una bomba de vacío o una aspiradora adecuada, se aspira por 15 minutos bajo mínimo 500mm (20") de mercurio. Se continua saturando la muestra de abajo hacia arriba, bajo vacío total; la saturación se puede hacer con agua desaireada, agua mantenida a una temperatura de flujo alta para causar una disminución del gradiente de temperatura, agua natural (agua presente in-situ) o agua con bajo contenido de minerales, lo cual se debe reportar en el formato, esto con el</p>	<p>bandeja <b>M2</b>. Se calculan las masas unitarias, la relación de vacíos, y la densidad relativa de la muestra de ensayo. Se coloca el empaque, se presiona la placa superior contra el resorte y se fija al cilindro del permeámetro con el fin de conservar la primera condición descrita de mantener el peso unitario inicial. Con ayuda de una bomba de vacío o una aspiradora adecuada, se aspira por 15 minutos bajo mínimo 500mm (20") de mercurio. Se continua saturando la muestra de abajo hacia arriba, bajo vacío total; la saturación se puede hacer con agua desaireada, agua mantenida a una temperatura de flujo alta para causar una disminución del gradiente de temperatura, agua natural (agua presente in-situ) o agua con bajo contenido de minerales, lo cual se debe reportar en el formato, esto con el</p>	
--	--	--	--

	<p>fin de cumplir con la saturación de los vacíos. Después de saturado el espécimen y lleno el permeámetro se cierra la válvula del fondo, se desconecta el vacío, se constata que el sistema de flujo de permeabilidad y el sistema de manómetros estén libres de aire y trabajando satisfactoriamente. Se llena el tubo de admisión de agua abriendo ligeramente la llave del filtro del tanque, se conecta al permeámetro, y se abre la válvula y los grifos de los manómetros de salida, se conectan los tubos manométricos y se llenan de agua, se cierra la válvula de admisión y se abre la del desagüe para que el agua alcance un nivel constante con cabeza cero en los tubos.</p>	<p>fin de cumplir con la saturación de los vacíos. Después de saturado el espécimen y lleno el permeámetro se cierra la válvula del fondo, se desconecta el vacío, se constata que el sistema de flujo de permeabilidad y el sistema de manómetros estén libres de aire y trabajando satisfactoriamente. Se llena el tubo de admisión de agua abriendo ligeramente la llave del filtro del tanque, se conecta al permeámetro, y se abre la válvula y los grifos de los manómetros de salida, se conectan los tubos manométricos y se llenan de agua, se cierra la válvula de admisión y se abre la del desagüe para que el agua alcance un nivel constante con cabeza cero en los tubos.</p>	
<b>Procedimiento</b>	<p>Se abre ligeramente la válvula del tanque para lograr las condiciones fundamentales sin tomar lecturas hasta</p>	<p>Se abre ligeramente la válvula del tanque para lograr las condiciones fundamentales sin tomar lecturas hasta</p>	<p>Se presenta un cambio de unidades en la normativa 2013 para la cual se establecen las medidas de los</p>

	<p>que se alcance una cabeza estable, Se miden y anotan el tiempo <math>t</math>, la cabeza <math>h</math> (diferencia de niveles de manómetros), el gasto <math>Q</math> y la temperatura del agua <math>T</math>. Se repiten las pruebas con incrementos de cabeza de 5 mm para establecer la zona de flujo laminar con velocidad <math>v</math> directamente proporcional al gradiente <math>i</math>. Cuando se hagan patentes las desviaciones de la relación lineal, indicando con ello la iniciación del flujo turbulento se pueden emplear intervalos de 10 mm para llevar el ensayo suficientemente dentro de las condiciones de flujo turbulento. Se requieren valores más bajos del gradiente hidráulico <math>h/L</math> para asegurar condiciones de flujo laminar, se sugieren los siguiente valores: para compactación suelta relaciones <math>h/L</math> de 0,2 a 0,3 y compactación densa 0,3 a 0,5. Los</p>	<p>que se alcance una cabeza estable, Se miden y anotan el tiempo <math>t</math>, la cabeza <math>h</math> (diferencia de niveles de manómetros), el gasto <math>Q</math> y la temperatura del agua <math>T</math>. Se repiten las pruebas con incrementos de cabeza de 0,5 cm para establecer la zona de flujo laminar con velocidad <math>v</math> directamente proporcional al gradiente <math>i</math>. Cuando se hagan patentes las desviaciones de la relación lineal, indicando con ello la iniciación del flujo turbulento se pueden emplear intervalos de 1 cm para llevar el ensayo suficientemente dentro de las condiciones de flujo turbulento. Se requieren valores más bajos del gradiente hidráulico <math>h/L</math> para asegurar condiciones de flujo laminar, se sugieren los siguiente valores: para compactación suelta relaciones <math>h/L</math> de 0,2 a 0,3 y compactación densa 0,3 a 0,5. Los</p>	<p>incrementos de la cabeza hidráulica en cm, anteriormente establecidas en mm.</p>
--	---	--	---

	valores menores de gradiente hidráulico se aplican a suelos gruesos y los mayores a suelos finos. Al finalizar se drena la muestra y se examina para determinar si era homogénea y de carácter isotrópico o establecer evidencia de segregación de finos.	valores menores de gradiente hidráulico se aplican a suelos gruesos y los mayores a suelos finos. Al finalizar se drena la muestra y se examina para determinar si era homogénea y de carácter isotrópico o establecer evidencia de segregación de finos.	
<b>Cálculos</b>	Se calcula el coeficiente de permeabilidad $k$ multiplicando el gasto $Q$ por la distancia entre los manómetros $L$ y dividiendo estos entre el área de la sección transversal del espécimen $A$ multiplicada por el tiempo $t$ y la diferencia de cabeza $h$ (altura) sobre los manómetros. Se corrige la permeabilidad multiplicando $k$ por la relación de viscosidad de agua a la temperatura del	Se calcula el coeficiente de permeabilidad $k$ multiplicando el gasto $Q$ por la distancia entre los manómetros $L$ y dividiendo estos entre el área de la sección transversal del espécimen $A$ multiplicada por el tiempo $t$ y la diferencia de cabeza $h$ (altura) sobre los manómetros. Se corrige la permeabilidad multiplicando $k$ por la relación de viscosidad de agua a la temperatura del	El cálculo del coeficiente de permeabilidad $k$ , no varía en la actualización de la norma INVIAS, como tampoco lo hace el procedimiento de la corrección de la permeabilidad por temperatura. En la norma 2013 se introduce una tabla base para la corrección por temperatura.

	ensayo.	ensayo.	
<b>Informe</b>	El informe del ensayo de permeabilidad debe contener la siguiente información: proyecto, fecha, número de la muestra, sitio y cualquier información pertinente; análisis granulométrico, clasificación, tamaño máximo de partícula y porcentaje de sobretamaño no utilizado; Masa unitaria seca, relación de vacíos, densidad relativa a la cual se colocó el material, pesos unitarios máximo y mínimo; relación de cualquier desviación de las condiciones de ensayo, de manera que los resultados puedan ser evaluados y empleados. Datos completos del ensayo (Según el formato	El informe del ensayo de permeabilidad debe contener la siguiente información: proyecto, fecha, número de la muestra, sitio y cualquier información pertinente; análisis granulométrico, clasificación, tamaño máximo de partícula y porcentaje de sobretamaño no utilizado; Masa unitaria seca, relación de vacíos, densidad relativa a la cual se colocó el material, densidad máxima y mínima; declaración de cualquier desviación de las condiciones de ensayo, de manera que los resultados puedan ser evaluados y empleados. Datos completos del ensayo (Según el formato	Las pautas para el informe son las mismas en ambas normas, pero se presentan algunas diferencias de sintaxis como el cambio de la palabra peso unitario por densidad.

	adjunto en la norma) y las curvas de ensayo que representan velocidad ( $Q/At$ ), contra gradiente hidráulico ( $h/L$ ), que cubran los rangos de las identificaciones del suelo y de las densidades relativas.	adjunto en la norma) y las curvas de ensayo que representan velocidad ( $Q/At$ ), contra gradiente hidráulico ( $h/L$ ), que cubran los rangos de las identificaciones del suelo y de las densidades relativas.	
<b>Normas de Referencia</b>	AASTHTO T 215-70(2003), ASTM D 2434-68(2000)	ASTM D 2434-68(2006)	La bibliografía se ve reducida.

### Anexo 6 Comparativo INVIAS 142 (Proctor Modificado)

Norma	I.N.V.E-142-07	INV E-142-13	Comentario
<b>Nombre</b>	<b>RELACIONES DE HUMEDAD-MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)</b>	<b>RELACIONES DE HUMEDAD-PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)</b>	Se observa el cambio del termino Masa Unitaria seca por Peso Unitario Seco en la actualización de la norma INVIAS 2013
<b>Objeto</b>	Este método determina la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en los moldes especificados con un martillo de 4,54 Kg (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18"). Se han previsto los siguientes cuatro procedimientos alternativos: <b>Método A</b> - molde de 101,6 mm (4"), material de suelo que pasa el tamiz de 4,75 mm (No.4); <b>Método B</b> - molde de 152,4 mm (6"), material de suelo que pasa el tamiz de 4,75 mm (No.4). <b>Método C</b> - molde de 101,6 mm (4"), material de suelo que pasa el tamiz de 19 mm (3/4"). <b>Método C</b> - molde de 152,4 mm (6"), material de suelo que pasa el tamiz de 19 mm (3/4"). Las especificaciones deben incluir el método por el que se va a ensayar el	Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos (Curva de compactación) compactados en un molde 101,6 o 152,4 mm (4 o 6") de diámetro, con un martillo de 44,8 N (10 lbf) que cae desde una altura de 457,2 mm (18"), produciendo una energía de compactación de 2700kN-m/m <sup>3</sup> (56000 lbf-pie/pie <sup>3</sup> ). Los métodos aplican para suelos con el 30% o menos de su masa con tamaño mayor a 19 mm y que no se hayan compactado previamente, a los cuales se les deberá aplicar la corrección de la norma INV E-143-13. El método a utilizar se debe indicar en las especificaciones, de lo	La normativa 2013 realiza el cambio de la unidad de la masa del martillo e incluye la energía de compactación del mismo tanto en kN-m/m <sup>3</sup> como en lbf-pie/pie <sup>3</sup> . Los métodos <b>A, B, C y D</b> de la norma 2007 son modificados por la nueva versión tanto en porcentajes para su uso, como en diámetros y en el tamiz usado para el método <b>C</b> , se elimina además el método D con la resiente norma. Se amplía la corrección por sobretamaños ya que la versión 2013 incluye la corrección al peso unitario y al contenido de agua de moldeo de la muestra no solo a la densidad seca máxima. Se elimina la cláusula que responsabiliza a quien use la norma por el uso de prácticas de seguridad y salubridad

	<p>suelo, de lo contrario se realiza por el <b>método A</b>. Aplican los <b>Métodos A y B</b> para los suelos con el 40% o menos retenido en tamiz de 4,75 mm (No. 4) y los <b>Métodos C y D</b> para los suelos con el 30% o menos retenidos en el tamiz de 19 mm (3/4). El material retenido en los tamices se considera como sobretamaños, si este porcentaje de sobretamaños es superior al 5% y el resultado es usado para el control de compactación de suelos se deben hacer correcciones a la densidad seca máxima según la norma INV E-228; si la tolerancia de sobretamaños se excede se debe usar otro método de control de compactación como la realización de un relleno de prueba. Las unidades establecidas para la norma son el SI (Sistema Internacional) y la masa unitaria seca</p>	<p>contrario se hará en función de la granulometría de la siguiente forma: <b>Método A</b> - Se usa cuando el 25% o menos queda retenido en el tamiz de 4,75 mm (No.4), si este porcentaje está en el rango de 5 a 25% se deberá hacer corrección por sobretamaños, lo cual no reportara ventajas por lo cual si el requisito de granulometría no se cumple entonces se deberán usar los métodos B o C; <b>Método B</b> - Se usa si el 25% o menos queda retenido en el tamiz de 9,5 mm (3/8"), si este porcentaje está en el rango del 5 al 25% se debe hacer corrección por sobretamaños, lo cual no representa ventajas adicionales al uso del molde pequeño, si el requisito de granulometría no se cumple se debe usar el método C;</p>	<p>apropiadas además de la implementación de las regulaciones pertinentes. Se introduce un párrafo acerca de los problemas de la utilización del método con los suelos con drenaje libre.</p>
--	--	--	---

	<p>dada en Kg/m<sup>3</sup>. La norma no considera los problemas de seguridad asociados a su uso por lo cual es responsabilidad de quien la aplica el establecer las prácticas de seguridad y salubridad apropiadas, además de determinar las limitaciones regulatorias.</p>	<p><b>Método C</b> - Se usa si el 30% o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 19 mm (3/4"). Para los métodos A y B se usa el molde de 101,6 mm (4") con 5 capas y 25 golpes por capa; para el método C se usa el molde de 152,4 mm (6") con 5 capas y con 56 golpes por capa. Si el material tiene más del 5% en masa de sobretamaños y estos no se van a usar se debe corregir el peso unitario y el contenido de agua de la muestra de laboratorio o el peso unitario del ensayo de densidad en el terreno con la norma INV E-143. Cuando el suelo presenta drenaje libre el peso unitario máximo no se puede definir con precisión, mientras que en suelos sin drenaje libre el método produce una curva de compactación con un peso unitario máximo bien definido. Esta norma reemplaza la norma INV E-142-07.</p>	
--	--	--	--

<p style="text-align: center;"><b>Definiciones</b></p>		<p><b>Humedad de Moldeo</b> - Humedad con la que se prepara la muestra para compactarla.</p> <p><b>Energía del ensayo modificado de compactación</b>- Energía de 2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 lbf-pie/pie<sup>3</sup>) aplicada con el equipo y procedimiento de esta norma. <b>Peso unitario seco máximo del ensayo modificado de compactación (yd, máx)</b>- Máximo valor definido en la curva de compactación.</p> <p><b>Humedad óptima del ensayo modificado de compactación (wópt)</b> - Humedad de moldeo con la cual el suelo alcanza el peso unitario máximo.</p> <p><b>Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG)</b>- Porción de la muestra que no se utiliza en la compactación según cada método. <b>Fracción de ensayo (PFE)</b>- Porción de la muestra que se emplea en el ensayo en cada método.</p>	<p>Se instauró un nuevo aparte en la actualización de la norma INVIAS 2013 con las definiciones de las palabras técnicas representativas del ensayo.</p>
--	--	---	--

<p><b>Resumen del Método</b></p>		<p>Una muestra de suelo con humedad seleccionada se compacta en 5 capas de 25 o 56 golpes cada una según el método con un martillo de 44,48 N (10 lbf) desde una altura de 457,2 mm (18") produciendo 2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 lbf-pie/pie<sup>3</sup>) de energía de compactación, se determina el peso unitario seco y se repite el procedimiento con diferentes humedades de moldeo para establecer una curva de compactación que relacione la humedad con los pesos específicos, donde el vértice de esta representa la humedad óptima y el peso específico seco máximo.</p>	<p>Se introduce un nuevo numeral con el resumen del método de ensayo.</p>
<p><b>Importancia y Uso</b></p>		<p>Los rellenos y las fundaciones se compactan a menudo para mejorar sus propiedades de ingeniería; los ensayos de compactación en laboratorio suministran</p>	<p>Se incluyen dentro de la nueva normativa la importancia y el uso del ensayo de compactación además de algunos de los suelos problemáticos para su aplicación y su</p>

	<p>la base para determinar el porcentaje de compactación y la humedad de moldeo para que el suelo alcance el comportamiento requerido, así mismo durante los ensayos de diseño de una obra de ingeniería se requiere preparar muestras con una humedad y un peso específico establecidos, comúnmente se determina primero la humedad óptima y el peso específico máximo a través de un ensayo de compactación, luego se elaboran los especímenes de ensayo para el diseño empleando humedades por encima y por debajo de la óptima y pesos específicos expresados en porcentaje del máximo, produciéndose errores o siendo estos difíciles de implementar en ciertos suelos, a continuación se describen algunos de ellos. Los suelos con <b>presencia de partículas mayores de 3/4"</b> superior al 30%</p>	<p>posible solución.</p>
--	--	--------------------------

		<p>constituyen un problema y no existe norma invias para estos, el procedimiento de reemplazar esta fracción por una fracción fina es inapropiada para determinar la humedad óptima y el peso unitario seco máximo; un forma para diseñar y controlar la compactación de estos suelos es la creación de un relleno de prueba para determinar el grado requerido de compactación y el método para obtenerla acompañados por una especificación del método para controlar la compactación (Numeral 4,3,1,1 INV E-141). Otro método es la utilización de los factores de corrección de densidad del USDI Bureau of Reclamation y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de USA, los cuales se pueden aplicar a suelos con sobretamaños hasta de 50 y 70%.</p>	
--	--	--	--

		<p><b>Degradación</b> - resultan problemáticos los suelos que tienen partículas que se degradan, especialmente cuando esto es mayor en el laboratorio que en el terreno; situación que es típica en la compactación de material granular residual haciendo que el peso específico en el laboratorio sea mayor que en campo e imposibilitando alcanzar en el terreno el máximo peso unitario seco.</p> <p><b>Gradación discontinua</b> - los suelos con bastantes partículas grandes y pocas pequeñas representan un problema ya que este contendrá más vacíos de lo usual; para manejar esta problemática se ha aplicado el juicio ingenieril y se han venido modificando los métodos tradicionales de laboratorio y campo.</p>	
<b>Equipos</b>	<b>Moldes</b> - moldes	<b>Moldes</b> - moldes	La versión de la norma

	<p>cilíndricos, metálicos, de paredes sólidas y de dimensiones y capacidades mostradas más adelante, con collares ajustables de 60 mm (2,373") de altura, construido el conjunto cuerpo-collar de tal manera que se puedan acoplar firmemente a una base del mismo material. Se pueden usar otros tipos de moldes similares pero los resultados se deben correlacionar con los moldes de pared sólida. El molde de 101,6 mm (4") debe tener una capacidad de <math>0,000943 \pm 0,000008</math> m<sup>3</sup> (<math>1/30 \pm 0,0003</math> pie<sup>3</sup>), diámetro interior de <math>101,6 \pm 0,41</math> mm (<math>4,000 \pm 0,016</math>") y altura de <math>116,43 \pm 0,127</math> mm (<math>4,584 \pm 0,005</math>") según la figura 1. El molde de 152,4 mm (6"), con capacidad de <math>0,002124 \pm 0,000021</math> m<sup>3</sup> (<math>1/13,33 \pm 0,00075</math> pie<sup>3</sup>), con diámetro interior de <math>152,4 \pm 0,6604</math> mm (<math>6 \pm 0,026</math>") y altura <math>116,43 \pm 0,13</math> mm (<math>4,584 \pm 0,005</math>") según figura 2. Los moldes que no cumplen con las</p>	<p>cilíndricos, metálicos, de paredes sólidas y de dimensiones y capacidades mostradas más adelante, con collares ajustables de 60 mm (2,373") de altura, construido el conjunto cuerpo-collar de tal manera que se puedan acoplar firmemente a una base del mismo material. <i>El molde de 101,6 mm (4")</i> debe tener una capacidad de <math>943 \pm 14</math> cm<sup>3</sup> (<math>1/30 \pm 0,0005</math> pie<sup>3</sup>), diámetro interior de <math>101,6 \pm 0,4</math> mm (<math>4,000 \pm 0,016</math>") y altura de <math>116,4 \pm 0,5</math> mm (<math>4,584 \pm 0,018</math>") según la figura 142-1. <i>El molde de 152,4 mm (6")</i>, con capacidad de <math>2124 \pm 25</math> cm<sup>3</sup> (<math>1/13,33 \pm 0,0009</math> pie<sup>3</sup>), con diámetro interior de <math>152,4 \pm 0,7</math> mm (<math>6 \pm 0,026</math>") y altura <math>116,4 \pm 0,5</math> mm (<math>4,584 \pm 0,018</math>") según figura 142-2. Los moldes que no cumplen con las tolerancias debido al uso se deben pueden seguir en servicio siempre y cuando las tolerancias no sean excedidas en más del 50% y que se use el volumen real del molde</p>	<p>INV E-142 del 2013 elimina la posibilidad de usar otros moldes diferentes a los establecidos en la misma, de igual modo cambia ligeramente los valores para volumen, diámetro y altura de ambos moldes. También aumenta la precisión en de la apreciación de la masa del martillo, disminuye el radio del mismo y realiza un leve cambio en la altura de caída. Se introduce igualmente que el martillo mecánico de cara sector circular debe ser usado con el molde de 6" y que su radio obedece a un rango establecido dentro de la norma. Así mismo se cambia el nombre del equipo extractor de muestras y la sensibilidad de las balanzas se aumenta. Se establece el espesor máximo de la regla para que la misma no tenga borde biselado y finalmente se elimina el tamiz de 2 " y se introduce el de 3/8".</p>
--	---	--	--

	<p>tolerancias debido al uso se deben pueden seguir en servicio siempre y cuando las tolerancias no sean excedidas en más del 50% y que se use el volumen real del molde para los cálculos.</p> <p><b>Martillo - De operación manual-</b> martillo metálico con masa de <math>4,536 \pm 0,009</math> kg (<math>10 \pm 0,02</math> lb), con cara plana circular de <math>50,80 \pm 0,25</math> mm (<math>2,000 \pm 0,01</math>" ), diámetro real de servicio no menor de <math>50,42</math> mm (<math>1,985</math>" ) y con una camisa guía que controle la caída desde una altura libre de <math>457 \pm 2</math> mm (<math>18 \pm 0,06</math>" ) por encima de la altura del suelo provista de 4 agujeros de ventilación de diámetro mínimo de <math>9,5</math> mm (<math>3/8</math>" ) espaciados a <math>90^\circ</math> (<math>1,57</math> rad) y <math>19</math> mm (<math>3/4</math>" ) de cada extremo con suficiente luz para no tener restricciones.</p>	<p>para los cálculos.</p> <p><b>Martillo</b> - martillo metálico con masa de <math>4,5364 \pm 0,009</math> kg (<math>10 \pm 0,02</math> lb), con cara plana circular (o de sector circular) de <math>50,80 \pm 0,13</math> mm (<math>2,000 \pm 0,005</math>" ), diámetro real de servicio no menor de <math>50,42</math> mm (<math>1,985</math>" ) y con una camisa guía que controle la caída desde una altura libre de <math>457,2 \pm 1,3</math> mm (<math>18 \pm 0,05</math>" ) por encima de la altura del suelo; el reemplazado del martillo se hará si su cara se deforma o acampana saliéndose del rango de diámetro de <math>50,80 \pm 0,25</math> mm (<math>2,000 \pm 0,01</math>" ).</p>	
--	---	---	--

	<p><b>De operación mecánica</b> - martillo metálico que distribuya uniformemente los golpes con dispositivo para controlar la caída desde una altura libre de <math>457 \pm 2</math> mm (<math>18 \pm 0,06</math>" ) por encima de la altura del suelo, con cara plana circular de <math>50,80 \pm 0,25</math> mm (<math>2,000 \pm 0,01</math>" ), diámetro real de servicio no menor de <math>50,42</math> mm (<math>1,985</math>" ) y con masa de <math>4,536 \pm 0,009</math> kg (<math>10 \pm 0,02</math> lb). El martillo mecánico se debe calibrar con varios tipos de suelos ajustar su peso para que los resultados de masa humedad sean iguales al martillo de operación manual. Resulta impráctico ajustar la caída del martillo mecánico cada vez que caiga el martillo, el ajuste del martillo se deberá hacer estableciendo el punto de impacto</p>	<p><b>Martillo de operación manual</b>- con una camisa guía provista de 4 agujeros de ventilación (en cada extremo, 8 en total) a <math>19 \pm 2</math> mm (<math>3/4</math>" <math>\pm 3/16</math>" ) de cada extremo espaciados a <math>90^\circ</math> (<math>1,57</math> rad) y de diámetro mínimo de <math>9,5</math> mm (<math>3/8</math>" ), se pueden incorporar más agujeros o ranuras.</p> <p><b>Martillo con cara circular, de operación mecánica</b> - martillo metálico de cubrimiento completo y uniforme, que tenga una luz libre entre el mismo y el interior del molde de <math>2,5 \pm 0,8</math> mm (<math>0,10 \pm 0,03</math>" ).</p> <p><b>Martillo de cara sector circular, de operación mecánica</b> - se puede usar con el molde de <math>152,4</math> mm (<math>6</math>" ) de diámetro. Su cara de compactación debe ser un sector circular de radio de <math>73,7 \pm 0,5</math> mm (<math>2,90 \pm 0,02</math>" ) y área</p>	
--	--	---	--

	<p>inicial de cada capa y corrigiendo la altura a 18", los golpes subsiguientes se pueden hacer dejando caer a 18" el martillo desde la altura inicial de asentamiento; cuando el aparato está diseñado con ajuste de altura para cada golpe, todos los golpes deberán tener una altura de caída libre de 457 mm (18") medidos desde la altura del suelo del golpe previo.</p> <p><b>Cara del martillo</b> - con cara circular de 50,8 mm (2") o de sector circular con área igual a la del martillo circular.</p> <p><b>Dispositivo para extrusión de las muestras</b> - gato, extractor o dispositivo adecuado para extrusión de muestras.</p> <p><b>Balanzas</b>- de 11,5 kg de capacidad y 5g de sensibilidad para suelos compactados en moldes de 6" y para los moldes de 4" se pueden usar balanzas de menor capacidad pero con 5g de sensibilidad, adicionalmente se usa una balanza de 1 kg de capacidad con 0,1 g de sensibilidad. <b>Horno-</b></p>	<p>aproximadamente igual al martillo de cara circular, en su operación el vértice debe quedar posicionado en el centro de la muestra.</p> <p><b>Extractor de muestras</b> - gato con marco u dispositivo adecuado para extraer muestras.</p> <p><b>Balanzas</b> - de 11,5 kg de capacidad y 1g de sensibilidad para suelos compactados en moldes de 6" y para los moldes de 4" se pueden usar balanzas de menor capacidad pero con 1g de sensibilidad, adicionalmente se usa una balanza de 1 kg de capacidad con 0,1 g de sensibilidad. <b>Horno-</b> Controlado termostático y capaz de mantener la temperatura a <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>). <b>Regla metálica-</b> de acero endurecido no tan flexible, longitud mínima de 250 mm (10"), con borde recto y biselado si su espesor es superior a 3 mm (1/8"). <b>Tamices-</b> de 19,0, 9,5 y 4,75 mm (3/4", 3/8" y No.4).</p> <p><b>Herramientas misceláneas-</b> cazuelas</p>	
--	---	--	--

	<p>Controlado termostático y capaz de mantener la temperatura a <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>). <b>Regla metálica</b>- de acero endurecido no tan flexible, longitud mínima de 250 mm, con borde recto y biselado y al menos una cara horizontal plana. <b>Tamices</b>- de 50, 19 y 4,75 mm (2", 3/4" y No.4). <b>Herramientas misceláneas</b>- cazuelas de</p>	<p>mezclado, espátulas, etc. o dispositivo mecánico para mezclar. <b>Recipientes</b> - Metálico o de otro material con cierre hermético.</p>	
--	--	--	--

<p><b>Muestra / Muestra de Ensayo</b></p>	<p><b>Método A-</b> Si la muestra esta húmeda cuando se recibe del terreno se pone a secar al aire o en un aparato de secado a una temperatura inferior a 60°C (140 °F) hasta que sea friable con una espátula, después se rompen los terrones sin afectar las partículas individuales de la muestra; se tamiza este material sobre el tamiz de 4,75 mm (No.4) y se descarta el material retenido en él, del material pasante se seleccionan una muestra representativa de 3kg (7lb) o más.</p> <p><b>Método B-</b> Con el procedimiento anterior se escoge una cantidad de 7 kg (16 lb) en lugar</p>	<p>La cantidad de material mínimo para los métodos <b>A</b> o <b>B</b> es de 16 kg y para el <b>C</b> 29 kg, por lo tanto son necesario 23 kg y 45 kg respectivamente de muestra de campo; si el material contiene sobre tamaños o es necesario hacer puntos adicionales se puede requerir mayor masa. Si no se dispone de la granulometría se estiman los porcentajes retenidos en el tamiz de 4,75 mm (No. 4) para el <b>Método A</b>, en el tamiz de 9,5 mm (3/8") para el <b>Método B</b> y en el de 19 mm (3/4") para el <b>Método C</b>. Si estos porcentajes están muy cerca al límite admitido se escoge una de las siguientes</p>	<p>Se realiza un cambio en la sintaxis del título del capítulo. Con la actualización de la norma INVIAS del año 2013 se hizo una modificación completa del procedimiento de preparación de la muestra de ensayo para la relación de humedad y peso unitario seco (ensayo modificado), eliminándose características propias de la norma 2007 como el reemplazo de los materiales en el método C y D de la misma y el procedimiento de secado previo.</p>
---	---	--	---

	<p>de los 3kg. <b>Método C-</b> Si la muestra esta húmeda cuando se recibe del terreno se pone a secar al aire o en un aparato de secado a una temperatura inferior a 60°C (140 °F) hasta que sea friable con una espátula, después se rompen los terrones sin afectar las partículas individuales de la muestra; se tamiza este material sobre el tamiz de 19 mm (3/4") y se descarta el material retenido; si es aconsejable mantener el mismo porcentaje de la muestra de campo que pasa el tamiz de 50 mm (2") y se retiene en el de 4,75 mm (No. 4"), el material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4") se reemplaza tomando una cantidad adecuada de material y pasándolo sobre los tamices de 50 mm (2") y 19 mm (3/4"), se pesa este suelo y se sustituye por una cantidad igual de material pasante del tamiz de 19 mm (3/4") y retenido en el de 4,75 mm (No. 4), el material de sustitución se</p>	<p>opciones: <b>1</b> Se elige el método que permita un mayor porcentaje retenido (B, C en lugar del A, si es el caso). <b>2</b> Usando el método de interés se realiza el procedimiento de ensayo determinando el porcentaje retenido para dicho método, si resulta aceptable se procede, de lo contrario se pasa al siguiente método. o <b>3</b> Se determinan los porcentajes retenidos en el tamiz o tamices deseados usando una muestra representativa en el ensayo de la norma INV E-213-13.</p>	
--	--	--	--

	<p>selecciona del sobrante; posteriormente se toman 5 Kg (11 lb) o más de muestra representativa.</p> <p><b>Método D-</b> Se toman 11 kg (25 lb) según el procedimiento del método C.</p>		
<b>Procedimiento</b>	<p><b>Método A</b> - Se mezcla la muestra con agua aproximadamente hasta un 4% por debajo del contenido óptimo de humedad; se compacta el suelo en el molde 101.6 mm (4") de diámetro con el collar ajustado en 5 capas (altura final compactada de 125 mm (5")) de 25 golpes distribuidos uniformemente con un</p>	<p><b>Suelos:</b> No se permite la reutilización de suelos compactados en laboratorio, ya que darían valores mayores de peso unitario seco. Cuando el suelo contenga halosita hidratada o en los casos donde se puedan ver afectados los resultados por el secado al aire, se deberá emplear el método de preparación</p>	<p>La normativa INV E-142-13 establece que no se permite la reutilización del suelo compactado ya que esto genera pesos unitarios secos mayores, mientras que la norma INV E-142-07 incluía dentro de sus procedimientos la reutilización de material para los puntos subsiguientes de compactación. De la</p>

	<p>martillo de caída libre de 457 mm (18"). Proceso en el cual el molde debe permanecer firme sobre un soporte denso, uniforme, rígido y estable como pueden ser un bloque de concreto de 90 kg (200 lb), un piso sano de concreto, los box-culverts o alcantarillas de cajón, los puentes o los pavimentos. Terminada la compactación se remueve el collar se recorta el excedente de suelo con la regla metálica, se pesa la muestra y se le resta el peso del molde, resultado que se multiplica por 1060,44 (1/0,000943m<sup>3</sup>) para obtener el valor de masa unitaria húmeda del suelo, cuando la tolerancia del molde no cumple se hacen los cálculos con el volumen calibrado. Se saca la muestra del molde, se parte por la mitad y se toma la muestra de humedad de no menos de 300 g según la norma INV E-122, se introduce al horno a 110 ± 5°C (230 ±9 °F) por mínimo 12</p>	<p>por vía húmeda. <b>Preparación por vía húmeda (Preferida)</b> - Sin secado previo se pasa el material por los tamices de 4,75 mm (No.4), de 9.5 mm (3/8") o de 19 mm (3/4") dependiendo del método a usar (A, B o C), se determina el porcentaje pasante y retenido en el tamiz para determinar la fracción de ensayo y la fracción gruesa, respectivamente. Se seca esta fracción y se pesa con aproximación a 1 g. Si más del 0,5% de la masa seca total está adherida a la fracción gruesa, esta se deberá lavar y se determina y registra la masa seca. Se determina la humedad de la fracción fina con la cual se determina la masa seca al horno de esta fracción. Con estas masas se determinan los porcentajes de fracción con sobretamaños y fracción de ensayo (si no se realizó la granulometría). Se preparan cuatro o preferiblemente cinco submuestras con humedades que</p>	<p>misma forma la versión 2007 de la norma estudiada manejaba 4 métodos diferentes de elaboración en los cuales se preparaba la muestra con diferentes tamices bajo un método similar al seco de la norma 2013; esta última norma por su parte, acondiciona el material por dos métodos, el húmedo y el seco, siendo el húmedo el preferido para la realización del ensayo; estos métodos adicionalmente incluyen un tiempo de curado para el suelo dependiendo de su clasificación.</p>
--	--	---	--

	<p>horas o hasta masa constante. Se desmenuza el suelo compactado hasta que se observe que la muestra pase por el tamiz de 4,75 mm (No.4); se reúne con la porción restante de ensayo y se aumenta la humedad del suelo en 1 % o 2% y se repite el procedimiento hasta que la masa unitaria disminuya o no cambie. En algunos suelos frágiles o en arcillas grasosas se debe emplear una muestra diferente para cada punto de compactación, estos deberán mezclarse con variaciones de agua del 2% que encierren el valor de contenido óptimo de agua; Las muestras deberán permanecer en reposo por lo menos 12 horas antes de realizar la compactación. <b>Método B</b> - El procedimiento a seguir es el mismo</p>	<p>abarquen la óptima, empezando con una cercana a esta e incrementando entre el 2% y 4% de la misma, buscando tener dos por encima y dos por debajo de la óptima. Se mezcla completamente la fracción de ensayo y se seleccionan porciones para constituir las submuestras de 2,3 kg para el método A y B o 5,9 kg para el método C. Se obtiene las humedades mencionadas atomizando agua durante el mezclado o secando el suelo a temperatura ambiente o a 60 °C (140°F) en un aparato y mezclándolo constantemente; cuando se téngala húmeda apropiada la muestra se coloca en un recipiente con tapa y se somete a curado por el tiempo establecido en la tabla 142-2 de esta norma.</p>	
--	---	--	--

	<p>descrito para el método A con la excepción de que la muestra se preparará en el molde de 152,4 mm (6") de diámetro, con el collar ajustado, en cinco capas aproximadamente iguales de 56 golpes de martillo. Igualmente la masa de la muestra de suelo compactado se multiplica por 470,80 (1/0,002124) y se anota como masa</p>	<p><b>Preparación por vía seca</b> - Si el suelo está muy húmedo se seca al aire o en un aparato que no lo lleve a una temperatura superior a 60 °C (140°F). Se desintegran las agregaciones sin romper partículas y se procesa sobre el tamiz adecuado para el método a usar. Cuando se prepara material pasante del tamiz de 19 mm (3/4") se deben</p>	
--	---	--	--

	unitaria húmeda.	<p>romper las segregaciones para que pasen el tamiz de 9.5mm (3/8") con el fin de facilitar la distribución de la humedad. Se determina el contenido de agua de la fracción de ensayo y se preparan cuatro, preferiblemente cinco submuestras con el procedimiento de Preparación por vía húmeda pero cuarteando mecánica o manualmente para obtener las submuestras.</p> <p><b>Compactación-</b> Después del curado, si este se necesita, se pesa el molde o el molde y la placa base, según corresponda, se ensambla con el collar</p>	
--	------------------	--	--

	<p><b>Método C</b> - Se mezcla la muestra con agua aproximadamente hasta un 4% por debajo del contenido óptimo de humedad; se compacta el suelo en el molde 101.6 mm (4") de diámetro con el collar ajustado en 5 capas (altura final compactada de 125 mm (5")) de 25 golpes distribuidos uniformemente con un martillo de caída libre de 457 mm (18"). Proceso en el cual el molde debe permanecer firme sobre un soporte denso, uniforme, rígido y estable como se explicó en el método A. Terminada la compactación se remueve el collar se recorta el excedente de suelo con la regla metálica y los huecos generados deben ser rellenados, se pesa la muestra y se le resta el peso del molde, resultado que se multiplica por 1060,44 (1/0,000943m<sup>3</sup>) para obtener el valor de masa unitaria húmeda del suelo, cuando la tolerancia del molde no cumple se hacen los</p>	<p>y se ajusta el molde sobre una fundación firme con un bloque de concreto de 91 kg (200 lbf); resulta ventajoso pero no indispensable determinar la humedad de moldeo de cada punto. Se debe compactar el suelo en cinco capas más o menos iguales, colocando una quinta parte de la submuestras uniformemente dentro del molde y oprimiéndolo suavemente con el martillo manual o un cilindro de 50 mm (2") de diámetro hasta que no esté suelto o esponjoso, se continua con la compactación; después de la cuarta capa cualquier porción del suelo que no haya quedado compactada debe ser escarificada y descartada. Se debe usar una cantidad de suelo para el que la altura de la quinta capa no sobrepase de 6 mm (1/4") el borde del molde, si lo hace el punto debe ser descartado, de igual forma cuando el último golpe de la quinta capa quede más abajo del</p>	
--	---	--	--

	<p>cálculos con el volumen calibrado. Se saca la muestra del molde, se corta verticalmente en el centro y se toma la muestra de humedad de no menos de 500 g según la norma INV E-122, se introduce al horno a <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>) por mínimo 12 horas o hasta masa constante. Se desmenuza la muestra hasta que se observe que la muestra pase por el tamiz de 19 mm (3/4") y que el 90% de los terrones de suelo pasan por el tamiz de 4,75 mm (No.4); se agregan a la porción restante de ensayo y se aumenta la humedad del suelo en 1% o 2% y se repite el procedimiento hasta que la masa unitaria disminuya o no cambie.</p> <p><b>Método D</b> - El procedimiento a seguir es el mismo descrito para el método C con la excepción de que la muestra se preparará en el molde de 152,4 mm (6") de diámetro, con el collar ajustado, en cinco capas aproximadamente iguales de 56 golpes de</p>	<p>borde del molde a menos que la superficie pueda ser forzada más arriba del mismo durante el enrasado. En la operación del martillo manual se debe cuidar de no levantar la camisa de este durante el ascenso y de mantenerlo verticalmente firme con una tolerancia de <math>5^{\circ}</math>, además de aplicar una velocidad de 25 golpes por minutos así mismo cuando se use el molde de 101.6 mm (4") se siguen los patrones de las figuras (142-3a y 142-3b) y 142-4 empleando el martillo mecánico de cara circular; para el molde de 152.4 mm(6") se sigue el patrón de la figura 142-4 hasta el noveno golpe y después golpes alrededor y en el medio con el patrón de la figura 142-3b para cuando se usa el martillo mecánico de cara de sector circular se debe seguir el patrón de la figura 142-3b pero si la superficie del suelo compactado es muy irregular se cambia a los patrones de las figuras 142-3a o</p>	
--	---	---	--

	<p>martillo. Igualmente la masa de la muestra de suelo compactado se multiplica por 471 (1/0,002124m<sup>3</sup>) y se anota como masa unitaria húmeda.</p>	<p>142-4, lo cual puede invalidar el uso del martillo mecánico. Se retira el collar y la base (Si es necesario), con ayuda del cuchillo se puede desbastar el suelo adyacente al collar para evitar romper la probeta por debajo del borde del molde, después se gira suavemente el collar o la base para separarlos del molde.</p>	
--	---	---	--

		<p>Se enrasa el material con la regla metálica; aunque inicialmente se puede emplear el cuchillo para remover el exceso y se sigue el proceso con la regla; cuando se encuentren orificios o se retiren gravas estos se deben rellenar con suelo no usado presionándolo con los dedos y después enrasando con la regla, el proceso se repite en la parte inferior si se requiere. Después se determina el peso de la probeta compactada y el molde (con la base si se requiere) con aproximación a 1 g. Se determina la humedad con aproximación al 0.1% usando preferiblemente todo el material de la probeta o una porción de ella, si se usa toda la probeta el suelo se debe desmenuzar para facilitar el secado; si se usa una porción esta tendrá los requisitos del método B de la tabla 122-1 de la norma INV E-122-13 y se selecciona una muestra representativa de todas las capas removiendo material</p>	
--	--	--	--

		de la probeta. Después de compactada la última submuestras se comparan los pesos para asegurar que se tiene dos datos de cada lado de la humedad óptima para elaborar la curva de compactación. Si no se encuentra la tendencia esperada de la gráfica se realizan una o más probetas adicionales con otras humedades. Para personas con experiencia en el dibujo de curvas de compactación un solo punto por encima del óptimo puede ser suficiente.	
<b>Cálculos</b>	Se determina la humedad $w$ de cada muestra restándole a la masa del recipiente con el suelo húmedo <b>A</b> , la masa del recipiente con el suelo seco <b>B</b> y dividiéndola entre la diferencia de la masa del recipiente y del suelo seco <b>B</b> menos la masa del recipiente <b>C</b> y multiplicando el resultado por cien. También se determina la masa unitaria seca del suelo compactado de cada muestra en kg/m <sup>3</sup> dividiendo la masa unitaria húmeda	En el capítulo 8 de la norma INV E-142-13 se muestran los diferentes procedimientos para los cálculos. Para los porcentajes de la fracciones si no se tiene la granulometría de la muestra se calculan con las formulas allí establecidas la masa seca de la fracción de ensayo ( <b>MSFE</b> ), el porcentaje de la fracción gruesa ( <b>PFG</b> ) y el porcentaje de la fracción de ensayo ( <b>PFE</b> ). También se	Se introduce el cálculo de la masa seca de la fracción de ensayo, el porcentaje de la fracción gruesa y de ensayo además de algunas densidades. Así mismo se incluye en este aparte el dibujo de las curvas de compactación y de saturación.

	<p><math>dh</math> (kg/m<sup>3</sup>) entre la suma del porcentaje de humedad <math>w</math> más uno y multiplicando el resultado por cien.</p>	<p>calculan las humedades, densidades y pesos unitarios de las probetas compactadas (sub-muestras) obteniendo la humedad de moldeo para cada probeta, la densidad húmeda de cada sub-muestra (<math>\rho_H</math>), la densidad seca de cada sub-muestra (<math>\rho_d</math>) y el peso unitario seco de cada sub-muestra (<math>\gamma_d</math>). Igualmente se calculan las curvas de compactación y las curvas de saturación.</p>	
<p><b>Relaciones de Humedad-Masa Unitaria Seca</b></p>	<p>Se dibujan las masas unitarias secas calculadas como ordenadas y las humedades como abscisas. La <b>humedad óptima</b> del suelo bajo la compactación realizada corresponde al pico de la curva generada por el procedimiento anterior y la <b>masa unitaria seca máxima</b> corresponde a la masa unitaria secada al horno de la humedad óptima en la curva expuesta.</p>		<p>Se elimina el aparte llamado Relaciones de Humedad-Masa Unitarias Seca incluyendo el dibujo de la curva de compactación en el numeral de Informe.</p>

<p><b>Informe</b></p>	<p>El informe debe incluir el método empleado (<b>A, B, C</b> o <b>D</b>), la humedad óptima en porcentaje aproximada al entero más cercano, la masa unitaria máximas en kg/m<sup>3</sup>, con aproximación a 0.5 kg/m<sup>3</sup> o en lb/pie<sup>3</sup> con aproximación al entero más cercano, en los métodos <b>C</b> y <b>D</b> se incluye el porcentaje de material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4") que fue removido y reemplazado y el tipo de cara de martillo si se usó una diferente a la circular de 50.8 mm (2").</p>	<p>El informe debe incluir el método empleado (<b>A,B</b> o <b>C</b>), el método de preparación de la muestra (vía húmeda o seca), el valor de la gravedad específica aproximado a 0,01, el dibujo de las curvas de compactación y saturación, la humedad óptima como porcentaje aproximado a 0,1%, el peso unitario seco máximo con aproximación a 0,01 kN/m<sup>3</sup> 0 0,1 lbf/pie<sup>3</sup>, los porcentajes de la fracción gruesa (<b>PFG</b>) y de la fracción de ensayo (<b>PFE</b>) con aproximación a 1% y el tipo de martillo utilizado.</p>	<p>Para la presentación del informe se han establecido en la norma 2013 nuevos ítems que van acorde a los métodos de ensayo utilizados, los cuales varían de los encontrados en la norma INVIAS 2007.</p>
<p><b>Precisión / Precisión y Sesgo</b></p>	<p><b>Respetabilidad de un solo operador</b> - Dos resultados obtenidos por el mismo operador sobre la misma muestra, en el mismo laboratorio, empleando el mismo aparato, y en días diferentes, se deberá considerar dudoso si difieren en más del 10 % en su contenido medio óptimo de humedad y en 35 kg/m<sup>3</sup> (2.2 lb/pie<sup>3</sup>), en la masa unitaria máxima.</p> <p><b>Reproducibilidad</b></p>	<p><b>Precisión</b> - La tabla 142-3 de la presente norma estima los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados obtenidos.</p> <p><b>Sesgo</b> - no hay valores de referencia para este método de ensayo por tal razón no se puede determinar el sesgo.</p>	<p>Se realiza un cambio en la sintaxis del título del capítulo. La comparación de la precisión aceptada por ambas normas evidencia una reducción de la misma en la INVIAS 2013 para el peso unitario máximo en los casos de comparación de un solo operario y de ensayos multilaboratorios, encontrándose para este último caso un aumento del rango</p>

	<p><b>multilaboratorio</b> – Dos resultados obtenidos por operadores diferentes en diferentes laboratorios deberán considerarse dudosos si difieren en más del 15 % de su valor medio para el contenido óptimo de humedad y en 72 Kg./m<sup>3</sup> (4.5 lb/pe<sup>3</sup>), para la masa unitaria máxima.</p>		<p>aceptado para la humedad óptima.</p>
<p><b>Normas de Referencia</b></p>	<p>AASHTO T 180-01, ASTM D 1557-00</p>	<p>ASTM D 1557-09</p>	<p>Se observa una reducción de la bibliografía.</p>
<p><b>Anexo A</b></p>		<p>Se incluye el <b>Anexo A</b> que contiene dos métodos para el cálculo del volumen del molde uno de ellos es el método de llenado con agua y el otro el método de medida lineal, el cálculo del volumen por uno de estos métodos resulta de obligatorio cumplimiento.</p>	<p>Se introduce un anexo en la normativa 2013 que presenta dos procedimientos para el cálculo del volumen del molde de compactación de los cuales al menos uno se debe utilizar obligatoriamente.</p>

**Anexo 7 Comparativo INVIAS 153 (Corrección por Sobretamaños)**

			<b>Comentario</b>
	<b>I.N.V.E.-228-07</b>	<b>INV E-153-13</b>	La norma recibe un cambio de nomenclatura trasladándose de la norma INV E-228-07 a la INV E-143-13.
<b>Nombre</b>	<b>CORRECCIÓN POR PARTÍCULAS GRUESAS EN EL ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS</b>	<b>CORRECCIÓN DEL PESO UNITARIO Y DEL CONTENIDO DE AGUA DE SUELOS QUE CONTIENEN SOBRETAMAÑOS</b>	Se evidencia el cambio en el nombre de la normativa.
<b>Objeto</b>	Se describe un procedimiento para ajustar las densidades del suelo y de las mezclas de suelo agregado para compensar las diferencias en los porcentajes de las partículas gruesas de los tamices de 4.75 mm (No.4) o 19 mm (3/4"); ajustando la densidad húmeda a una densidad seca del material que pasa estos tamices, o inversamente ajustando la densidad del laboratorio a la densidad de campo al hacer pruebas de compactación. Las comparaciones se realizan entre las	El procedimiento indicado por la norma calcula los pesos unitarios y los contenidos de agua de suelos con sobretamaños, cuando se conocen estos parámetros de la fracción de suelo del que se han removido; también permite calcular los pesos unitarios y los contenidos de agua de las fracciones del suelo cuando se conocen los valores totales de la muestra. El procedimiento se basa en resultados de ensayos y mezclas de suelo agregado para en los que los	Se observa que los porcentajes de material retenido en los tamices para realizar el proceso de corrección por sobretamaños permanece igual en ambas normas, pero se presenta la limitación para el establecimiento del porcentaje máximo admisible de sobretamaños en la versión 2013; se eliminan con esta misma versión la información sobre los tipos de correcciones disponibles, así como también el valor de redondeo para los datos calculados u observados.

	<p>densidades de campo y la máxima densidad seca determinada según las normas INV E-141-07 e INV E-142-07. Las correcciones disponibles son el ajuste de la densidad compactada del laboratorio a la densidad de campo y el ajuste de la densidad húmeda de campo a la densidad seca de la fracción fina comparados con la densidad compactada del laboratorio; estos se aplican a mezclas de suelo con sobretamaños de 40% o menos retenido en el tamiz de 4.75 mm (No.4) usando los métodos A o B de las normas INV E-141-07 o INV E-142-07, o a mezclas de suelo con 30% o menos retenido en el tamiz de 19 mm (3/4") usando los métodos C o D de las anteriores normas. Los métodos se aplican a muestras con más de 5% de sobretamaños. Los valores calculados u observados deben ser redondeados a 10 Kg/m<sup>3</sup> más cercano.</p>	<p>sobretamaños se retengan en el tamiz de 4.75mm (No. 4) hasta en un 40%, y en tamices mayores a 19 mm (3/4") hasta el 30% de ellos, aunque el factor que controla este porcentaje máximo admisible de sobretamaños es si la interferencia producida por estas partículas afecta el peso unitario de la fracción fina, lo cual puede ocurrir, dependiendo de la granulometría, con porcentajes menores. La corrección aplica a cualquier suelo siempre y cuando los sobretamaños obedezcan las limitaciones anteriores; en general la aplicación de la norma debe comenzar a partir de 5% de sobretamaños. La norma no aplica a mezclas de suelo-agregado que se degraden durante la compactación. Esta norma reemplaza la norma INV E-228-07.</p>	
--	---	---	--

<p><b>Resumen del Método</b></p>	<p>Al usar los métodos A o B de las normas INV E-141-07 o INV E-142-07 la densidad húmeda total de campo se compara con la densidad seca de las partículas de suelo que pasan del tamiz de 4.75 mm (No.4); si se emplea el método C o D de las mismas normas la densidad húmeda total de campo se compara con la densidad seca de las partículas de suelo que pasan el tamiz de 19 mm (3/4"). Las cifras significativas para la densidad húmeda corregida del material fino llamada Df que pasa los tamices de los métodos A, B, C o D son de 1 kg/m<sup>3</sup> (0.1 lb/pie<sup>3</sup>), para la gravedad específica bulk del material grueso que se retiene en los tamices de los anteriores métodos llamada Gsb son de 0.01, para el porcentaje de masa de partículas gruesas y finas de material retenido y pasante de los tamices de los métodos A, B, C o D llamado Pc y Pf son del 0.1% y para la densidad total de la muestra húmeda en</p>		<p>Se elimina con la actualización de la norma el capítulo llamado Resumen del Método.</p>
----------------------------------	--	--	--

	campo llamada D son de 1 kg/m <sup>3</sup> (1 lb/pie <sup>3</sup> ).		
<b>Importancia y Uso</b>		<p>Los ensayos de compactación de las normas INV E-141-13 e INV E-142-13, se limitan por el tamaño máximo de partícula a usar; si el suelo contiene guijarros y/o gravas se pueden seleccionar opciones del ensayo que permitan descartar las partículas de ciertos tamices realizándose la prueba con la fracción fina, pero los resultados obtenidos reflejarán solo esta fracción ensayada y no el total de suelo. Dado que comúnmente se emplean los ensayos de compactación para diseñar, especificar y controlar los suelos usados en la construcción, se necesita algún método que refleje las características de la totalidad del suelo y no solo de la fracción fina ensayada; esta norma establece un cálculo matemático para corregir el peso unitario y la humedad de las fracciones finas</p>	<p>Se incluye un nuevo aparte relacionado con la importancia y el uso de la normativa.</p>

		<p>ensayadas de tal forma que se pueda determinar el peso unitario y la densidad total del suelo. Así mismo presenta el método para corregir los valores de pesos unitario y humedad obtenidos en terreno para hacerlos comparables con los obtenidos en laboratorio. Cuando se utiliza la norma para el control de la construcción se debe indicar si el máximo peso unitario a emplear como referencia incluye la fracción gruesa o solo la fracción fina.</p>	
<b>Ecuación de Corrección</b>	<p>Densidad seca, compactada en el laboratorio, corregida a la densidad seca en el terreno - Se corrige la densidad obtenida en el laboratorio con la INV E-141-07 O INV E-142-07 por el contenido de humedad y la densidad</p>	<p>Corrección del peso unitario y de la humedad para la muestra total - Se prepara la muestra de acuerdo a las normas INV E-141-13 o INV E-142-13 y se determina la masa húmeda y el contenido de agua de la</p>	<p>Se puede observar en los procedimientos de cálculos que su formulación es igual encontrándose las únicas diferencias en la sintaxis utilizada para el desarrollo del procedimiento, la nomenclatura de las</p>

	<p>del material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No.4) o 19 mm (3/4"). La densidad seca máxima de laboratorio corregida por sobretamaños y el contenido total de agua se comparan con la densidad seca y el contenido de humedad de campo. Se determina la humedad de las partículas finas y de sobretamaño del material usado en la compactación según las normas INV E-122-07, INV E-150-07 O INV E-216-07. El contenido de humedad del material de sobretamaño retenido en el tamiz se puede asumir que es del</p>	<p>fracción fina, es decir que pasa los tamices No.4, 3/8" o 3/4", y de la fracción gruesa es decir la fracción retenida en cualquiera de los anteriores tamices. Según el numeral 3.1 de la norma INV E-143-13 se calculan las masas secas (MD) de la fracción fina y gruesa, las proporciones de la fracción fina o de ensayo (PFE) y de la fracción gruesa o de sobretamaños (PFG), la gravedad específica de los sobretamaños (GM) según la norma INV E-223-13 y se calculan la humedad corregida de las fracciones fina y gruesa combinadas (Cw)</p>	<p>variables establecidas y una diferencia en la forma en la que se plantea la fórmula del peso unitario seco de la fracción fina de la muestra tomada en terreno (<math>\gamma F</math>) de la versión 2013, llamada densidad seca de las partículas finas de la muestra en campo (Df) en la versión 2007 de la norma analizada.</p>
--	---	---	---

	<p>2% para casi todas las aplicaciones de construcción; si el contenido de humedad del material de sobretamaño es generalmente conocido, sustitúyase ese contenido de humedad en los cálculos, si es posible es recomendable tomar la humedad real. Se calcula el contenido de agua según la norma INV E-122-07. El numeral 3.1 de la norma INV E-228-07 presenta el procedimiento de cálculo de la masa seca de las partículas gruesas y finas o masa de material seco (MD), el porcentaje de partículas finas (Pf) y de sobretamaño (Pc) por el peso del total de la muestra, el contenido de humedad corregido (MCT) y la densidad seca corregida (Dd) en kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>), de la totalidad de la muestra es decir la combinación de partículas finas y de sobretamaño. Densidad húmeda de campo corregida a densidad compactada en el laboratorio - Se corrige la densidad total húmeda de campo a</p>	<p>y el peso unitario seco corregido del material total o combinado (Cyd). Corrección del peso unitario y de la humedad para la fracción fina de una muestra de suelo - El procedimiento establecido en el numeral 3.2 de la norma INV E-143-13 se utiliza cuando se quiera comparar el peso específico y la humedad de un material compactado en terreno, con los resultados de compactación sobre la fracción fina o sin sobretamaños obtenidos en laboratorio. Proceso en el cual se determina el peso unitario (<math>\gamma_d</math>) y la humedad (w) del material compactado en terreno según las normas INV E-161-13, INV E-162-13 o INV E-164-13; en el sitio se toma una muestra representativa de este mismo material y se remueven los sobretamaños en el tamiz adecuado, determinado su proporción en masa dentro de la muestra total (PFC), la gravedad específica, (GM) y la</p>	
--	---	---	--

	<p>una densidad seca de la muestra que pasa el tamiz 4.75 mm (No. 4) o el de 19 mm (3/4"); donde la primera se compara con la obtenida con las normas INV E-141-07 o INV E-142-07; Se determina la humedad de la totalidad de la muestra y del material retenido en el tamiz usado en la compactación según las normas INV E-122-07, INV E-150-07 O INV E-216-07, al usar el medidor nuclear de humedad y densidad la lectura se toma del calibrador, el contenido de humedad del material de sobretamaño retenido en el tamiz se puede asumir que es del 2% para casi todas las aplicaciones en la construcción; si el contenido de humedad del material de sobretamaño es generalmente conocido, sustitúyase ese contenido de humedad en los cálculos, si es posible es recomendable tomar la humedad real. Se calcula el contenido de agua según la norma INV E-122-07. El</p>	<p>humedad de la fracción gruesa (WC). Se calculan la humedad de la fracción fina de la muestra tomada en terreno (WF) y el peso unitario seco de la fracción fina de la muestra tomada en terreno (<math>\gamma_F</math>).</p>	
--	---	---	--

	<p>numeral 3.2 de la norma INV E-228-07 contiene el cálculo del contenido de humedad de las partículas finas (MCf) de la muestra del terreno expresada como decimal, el de la densidad seca de la muestra de campo total (Dd) en kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>) y el de la densidad seca de las partículas finas de la muestra de campo (Df) en kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>).</p>		
<b>Informe</b>	<p>El informe debe contener, La identificación completa de la muestra, el método de compactación en laboratorio utilizado, el tamiz empleado para separar los sobretamaños y el porcentaje de estos, el valor de la gravedad específica; para las muestras compactadas en laboratorio se incluye el peso unitario seco máximo y la</p>		<p>Se incluye un nuevo capítulo denominado informe con la versión 2013.</p>

	<p>humedad optima de la fracción fina, así como los valores de toda la muestra corregidos por sobretamaño. Para las muestras obtenidas en terreno se incluye el peso unitario seco y la humedad total de la muestra, así como los valores corregidos por sobretamaños de la fracción fina.</p>		
<b>Precisión</b>	<p>Dado que el procedimiento expuesto no involucra pruebas, no es aplicable la determinación de la precisión y la exactitud.</p>		<p>El capítulo de precisión es eliminado en la versión 2013.</p>
<b>Normas de Referencia</b>	<p>AASHTO T 224-01</p>	<p>ASTM D 4718-87(2007)</p>	<p>Cambia la norma de referencia.</p>
<b>Apéndice</b>	<p>El procedimiento descrito aplica solo a un tipo o mezcla de suelos, si las características del material cambian se deben hacer nuevamente las pruebas de las normas INV E-141-07 o INV E-142-07.</p>		<p>Se elimina el apéndice aclaratorio con la actualización de la norma a la versión 2013.</p>

**Anexo 8 Comparativo INVIAS 151 (Consolidación)**

	<b>I.N.V.E.-151-07</b>	<b>INV E-151-13</b>	<b>Comentario</b>
<b>Nombre</b>	<b>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS</b>	<b>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS</b>	El nombre de la norma no presenta cambios
<b>Objeto</b>	<p>El procedimiento de este método busca determinar la rata y la magnitud de consolidación de una muestra de suelo confinada lateralmente y drenada axialmente mientras se somete a esfuerzos verticales controlados a través uno de dos métodos.</p> <p><b>Método A:</b> el incremento de carga se hace durante 24 horas o múltiplos de estas. <b>Método B:</b> Se toman lecturas de tiempo deformación para todos los incrementos de carga; una vez alcanzado el 100% de la consolidación primaria se aplican incrementos sucesivos de carga o</p>	<p>La norma busca determinar la magnitud y la velocidad de consolidación de especímenes de suelo confinado lateralmente y con drenaje axial, sometidos a incrementos de carga con esfuerzos controlados, siguiendo uno de los siguientes métodos: <b>Método A-</b> se aplican incrementos constantes de carga por 24 horas o múltiplos de estas, las lecturas tiempo-deformación se realizan como mínimo durante dos incrementos de carga. El método determina solamente la curva de compactación.</p>	<p>A través de este objeto, la normativa 2013 establece de forma más clara el propósito final del ensayo y la versatilidad de los dos métodos planteados para su realización e incluye la participación más activa del cliente, quien debe especificar los parámetros de realización del ensayo como los incrementos de carga y su secuencia entre otros; además elimina la cláusula de responsabilidad que obliga al usuario de la misma a hacerse cargo de la prevención pertinente.</p>

	<p>en incrementos constantes de tiempo como se describe en el método A. El uso de unidades del sistema internacional es normativo. Es responsabilidad de quien aplique la norma el establecer las prácticas adecuadas de salubridad y seguridad además de aplicar las regulaciones vigentes.</p>	<p><b>Método B-</b> Se toman lecturas de tiempo-deformación para cada incremento de carga, estos incrementos se aplican una vez alcanzado el 100% de la consolidación primaria o a incrementos constantes de tiempo como en el método A, este procedimiento permite obtener la curva de compactación con datos explícitos para definir la consolidación secundaria, el coeficiente de consolidación para materiales saturados y la velocidad de la compresión secundaria. Estos ensayos se aplican a suelos finos saturados e inalterados, naturalmente sedimentados en agua pero el procedimiento básico es aplicable a suelos compactados y muestras inalteradas de suelos formados por diferentes procesos como alteraciones químicas o meteorización. Estas técnicas de ensayo asumen que los poros</p>	
--	--	---	--

		<p>del suelo están completamente saturados por lo cual son aplicables a suelos sedimentados en agua. En los casos de suelos residuales y compactados estos pueden requerir técnicas de evaluación especiales, las curvas de tiempo para encontrar la velocidad de compactación solo aplica para suelos saturados. Es responsabilidad del cliente especificar la magnitud, la secuencia de cargas y el ciclo de rebote si los requiere y el nivel de esfuerzo máximo requerido; si el método especificado es el A se debe definir el incremento de carga para el que se tomaran las lecturas de tiempo-deformación. Cuando no hay instrucciones específicas se aplican los incrementos y las duraciones establecidas en el procedimiento. Estos métodos no se refieren a sistemas de saturación por contrapresión los cuales no representan</p>	
--	--	--	--

		inconformidad con el ensayo. Esta norma reemplaza la INV E-151-07.	
<b>Definiciones</b>	<p><b>Consolidación Inicial (CI)</b> - Es la reducción casi instantánea por una carga aplicada del volumen de la masa de un suelo, esta precede a la consolidación primaria y se debe principalmente a la expulsión y compresión del aire presente en los vacíos del suelo.</p> <p><b>Consolidación Primaria</b>-Es la reducción en el volumen de la masa de un suelo originada por una carga permanente y la expulsión del agua de los vacíos, acompañada por una transferencia de carga del agua a las partículas de suelo, debido a la disipación de la presión de poros.</p> <p><b>Consolidación secundaria</b>- Es la reducción en el volumen de la masa del suelo, causada por la aplicación de una carga permanente y el acomodo de la estructura interna de</p>	<p><b>Deformación axial</b>- Cambio en la dimensión axial del espécimen que se expresa en longitud, altura, deformación unitaria o relación de vacíos. <b>Presión o esfuerzo estimado de pre-consolidación</b>- Valor del esfuerzo de pre-consolidación determinado por el ensayo; no se debe considerar este como interpretación profesional de las mediciones tomadas durante el proceso.</p> <p><b>Carga</b>- Acto de colocar fuerza o deformación a la muestra de suelo usando pesas colocadas en un gancho. <b>Incremento de carga</b>- Etapa en la que la muestra está bajo un esfuerzo axial total constante.</p> <p><b>Duración del incremento de carga</b>- Lapso en el cual la muestra está bajo un esfuerzo total constante. <b>Relación del incremento de carga (RIC)</b>-Aumento o disminución del</p>	<p>Las palabras definidas en ambas normativas son diferentes, en la versión del 2007 el enfoque fue los diferentes tipos de consolidaciones, mientras la versión 2013 se enfocó en las definiciones relacionadas con la deformación, el esfuerzo y la carga.</p>

	<p>su masa, luego de que la mayor parte de la carga ha sido transferida a las partículas sólidas del suelo.</p>	<p>esfuerzo axial que se aplicara a la muestra dividido en el esfuerzo axial total actual. <b>Esfuerzo axial total</b>-La fuerza que actúa sobre la muestra dividida en el área de ésta, es igual al esfuerzo axial efectivo una vez se completa la consolidación. <b>Incremento de esfuerzo axial total</b>-El cambio (incremento o disminución) en el esfuerzo axial total aplicado en una etapa.</p>	
<p><b>Resumen del Método de ensayo / Resumen de los Métodos de ensayo</b></p>	<p>La muestra debe ser restringida lateralmente y cargada axialmente con incrementos de carga constantes aplicados hasta que toda presión de agua en los poros se disipe para cada incremento de carga, durante este proceso de compresión se toman medidas de la disminución del espesor que se usaran para calcular los parámetros que describen la relación entre el esfuerzo efectivo y la relación de vacíos o deformación, así como la rata a la cual puede</p>	<p>En estas pruebas de laboratorio, se toma una muestra de suelo, se confina lateralmente y se carga en dirección axial con incrementos de esfuerzo total. Se mantiene constante cada incremento de carga hasta cuando el exceso de presión de poros se haya disipado lo que se identifica por medio de la interpretación del comportamiento tiempo-deformación bajo el esfuerzo total constante y se basa en la premisa de que el suelo está 100% saturado. Durante el ensayo se mide el</p>	<p>Se realiza un cambio en la sintaxis del título del capítulo y se incluye dentro del capítulo una aclaración que indica que se puede calcular la velocidad de consolidación con el coeficiente de consolidación cuando se toman las lecturas de tiempo-deformación.</p>

	ocurrir esta.	cambio de altura de la muestra y se determina la relación entre el esfuerzo axial efectivo y la relación de vacíos o la deformación unitaria. Cuando se toman las lecturas de tiempo-deformación durante la aplicación de un incremento de carga se puede calcular la velocidad de consolidación con el coeficiente de consolidación.	
--	---------------	---	--

<p><b>Uso y Significado / Importancia y Uso</b></p>	<p>El ensayo de consolidación se puede usar para hacer el estimativo de la rata y la magnitud del asentamiento diferencial y/o total de una estructura o relleno lo cual es decisivo para elegir el tipo de fundación y evaluar su conveniencia. Los resultados se pueden ver afectados por la pérdida de las características originales del suelo por lo cual la selección y la preparación de la muestra requiere de mucho cuidado. Si los especímenes no se encuentran totalmente saturados deben ser evaluados según una teoría</p>	<p>Los resultados del ensayo de consolidación permiten estimar la magnitud y la velocidad de los asentamientos diferenciales y totales de una estructura o terraplén. Los resultados se ven afectados por la alteración de las muestras. Por lo cual es importante un proceso cuidadoso de selección y preparación. El esfuerzo axial aplicado en un intervalo es del doble del intervalo anterior, lo cual traduce una relación de incremento de carga de 1,0. En muestras inalteradas esto permite</p>	<p>El aparte llamado <i>Uso y Significado</i> de la norma INVIAS 2007 define algunos elementos de la importancia del ensayo de consolidación, especialmente para las fundaciones y lo relacionado a las pérdidas de las características originales del suelo, así como también la necesidad de la saturación del suelo para utilizar el método de Terzaghi; elementos de los cuales algunos son retomados por la normativa 2013 en su capítulo <i>Importancia y Uso</i>, se incluyen así mismo en esta nuevos apartes relacionados</p>
---	---	--	--

	<p>diferente a la de consolidación de Terzaghi.</p>	<p>determinar el esfuerzo de pre-consolidación. Este ensayo permite modelar situaciones particulares de campo o encontrar parámetros especiales variando algunos factores de ensayo como los esquemas de incremento de cargas o inundando y cargando la muestra según los patrones esperados en el terreno. El método para encontrar la presión de pre-consolidación permite verificar i se tomaron lecturas tiempo-deformación posteriores a al esfuerzo de preconsolidación y si se sometió a un nivel de esfuerzos lo suficientemente alto. La duración de las cargas tradicionalmente es igual a 24 horas y es la misma para cada incremento, algunos suelos requieren más tiempo para su consolidación completa (disipación de exceso de presión de poros) lo cual requiere de una técnica que determine</p>	<p>con la posibilidad de modelar situaciones específicas a través del ensayo, el uso de técnicas para la determinación del fin de la consolidación e igualmente la aclaración de que la saturación de la muestra no se ve significativamente alterada por la inundación de la misma sino que se busca eliminar presiones de poros negativas y evitar la evaporación a través de este proceso, de la misma forma se observan nuevos elementos relacionados con variaos aspectos del ensayo que permiten al usuario tener mayor claridad del proceso y su fin.</p>
--	---	---	--

		<p>indirectamente si la consolidación finalizo, la norma establece dos (<b>Método A y B</b>) pero pueden ser usadas otras si van en conformidad con el método de ensayo. Los aparatos utilizados para realizar el ensayo no cuentan con verificador del grado de saturación, pero la mayoría de muestras inalteradas tomadas bajo nivel freático se encuentran saturadas. No obstante ya que la velocidad de deformación durante el tiempo es sensible al grado de saturación se debe tener precaución con las estimaciones sobre el tiempo de asentamiento en suelos bajo saturación parcial. La inundación de la muestra no cambia significativamente su saturación sino que proporciona agua para elimina presiones de poros negativas y prevenir la evaporación. El método de ensayo se basa en ecuación de consolidación de Terzaghi para el</p>	
--	--	---	--

		<p>cálculo del coeficiente de consolidación <math>c_v</math>, basándose en los siguientes supuestos:  El suelo está saturado y tiene propiedades homogéneas, el flujo del agua de los poros se produce verticalmente, la compresibilidad de las partículas de suelo y del agua de los poros es despreciable frente a la del esqueleto del suelo, la relación esfuerzo deformación es lineal bajo el incremento de carga, la relación permeabilidad-compresibilidad del suelo es constante bajo incremento de carga y aplica la ley de Darcy para flujo a través de medios porosos.</p>	
<b>Equipo</b>	<b><i>Dispositivo de carga</i></b> -	<b><i>Dispositivo de carga</i></b> -	La nueva versión de la

	<p>Dispositivo para aplicar cargas verticales durante un periodo prolongado de tiempo, con precisión de 0,5% de la carga aplicada, el incremento de carga se debe aplicar en 2 segundos sin producir efectos.</p> <p><b>Consolidómetro</b> - Dispositivo para mantener la muestra dentro de un anillo fijado a la base o flotante, con piedras porosas en ambas caras y provisto de elementos para sumergir la muestra, aplicar la carga y medir el cambio del espesor de esta. El anillo debe tener un diámetro mínimo de 50 mm (2") y al menos</p>	<p>Dispositivo para aplicar cargas axiales o esfuerzos totales en periodos prolongados de tiempo con precisión del 0,5%, los incrementos deben ser rápidos sin generar impactos. La aplicación se debe completar en 0,01 veces <math>t_{100}</math> o menos.</p> <p><b>Consolidómetro</b> - dispositivo para mantener la muestra dentro de un anillo fijo o flotante, con piedras porosas en ambas caras. La tolerancia mínima del diámetro interno es de 0,1% del mismo. El Consolidómetro debe tener un medio para sumergir la muestra, para transmitir la carga concéntrica axial</p>	<p>norma INV E-151 establece que la aplicación de la carga a la muestra del ensayo debe tomar un tiempo igual o inferior de 0,01 veces <math>t_{100}</math> así mismo se realiza un cambio en la tolerancia para la deformación del diámetro del anillo bajo la carga máxima; se incluye el factor de impedancia como elemento decisivo para la utilización de piedras porosas y la posibilidad de realizar la limpieza de las mismas por ultrasonido, además de un procedimiento de limpieza para los discos nuevos los cuales se deben hervir por 10 minutos y dejar</p>
--	--	--	--

	<p>5 mm (1/4") menor que el diámetro interior del tubo muestreador, el espesor mínimo para la muestra debe ser de 13 mm (0,5") pero menor de 10 veces el tamaño mayor de partícula, cuya relación mínima diámetro espesor será de 2,5. La rigidez del anillo no debe permitir que se deforme el diámetro del mismo en más del 0,3% bajo la mayor carga y debe ser de material no corrosivo, altamente pulido o deberá pulirse con materiales de baja fricción, para suelos no arenosos se puede usar grasa de silicona o politetrafluoroetileno.</p>	<p>a los discos porosos y para medir la deformación axial. EL diámetro mínimo de la muestra o del anillo debe ser de 50 mm (2,0") con una altura mínima de 12 mm (0,5") pero no menor a 10 veces el tamaño máximo de la partícula de suelo ensayado y con una relación mínima diámetro-altura de 2,5. La rigidez del anillo debe prevenir deformaciones laterales y debe ser tal que el cambio de diámetro no se exceda de 0,04% bajo la mayor carga aplicada; debe estar fabricado este con un material no corrosivo, y con una superficie interior</p>	<p>enfriar a temperatura ambiente. Se anexa un nuevo ítem a la lista de equipos y materiales del procedimiento llamado pantalla filtrante elemento que no era de uso obligatorio en el procedimiento 2007. Adicionalmente se incorpora el uso de agua proveniente de la muestra, potable, desmineralizada o salina según especificación del cliente o potable del grifo por defecto.</p>
--	--	--	--

	<p><b>Piedras Porosas</b> - De carburo de sílice, óxido de aluminio o metal que no sea atacado por el suelo ni la humedad debe estar limpias, libres de grietas, astillas e irregularidades; su porosidad no debe permitir la intrusión de suelo en los poros, se puede usar papel filtro para prevenir esto. El diámetro de la piedra porosa superior debe ser menor que el diámetro interno del anillo en 0,2 a 0,5 mm (0,01 a 0,02") y su espesor tal que evite su rotura, si se usa un anillo flotante la piedra superior e inferior deben ser de igual diámetro. La piedra porosa superior se debe cargar con una platina resistente a la corrosión que evite el rompimiento de la misma; se recomienda la limpieza de las piedras con un cepillo no abrasivo y que sean hervidas para remover las partículas que reduzcan su permeabilidad, si se requieren estas pueden ser</p>	<p>altamente pulida o recubierta con materiales de baja fricción con grasa de silicona, bisulfuro de molibdeno o politetrafluoroetileno en arenas. <b>Discos porosos</b> - los discos o piedras porosas podrán ser de carburo de silicio, óxido de aluminio o material de rigidez similar no corrosivo, los discos deben ser lo suficientemente finos para evitar la penetración de partículas a sus poros. El factor de impedancia del disco generado por su espesor y permeabilidad debe ser de al menos 100. El diámetro del disco superior debe ser de 0,2 a 0,5 mm (0,01 a 0,02") menor que el diámetro interior del anillo y su espesor tal que evite su rotura, el disco superior se carga a través de una platina rígida que evita su fractura; en caso de ser anillo flotante, el disco inferior y superior deben tener el mismo diámetro. Es recomendable realizar</p>	
--	--	--	--

	<p>almacenadas en agua desaireada entre ensayos.</p> <p><b>Almacenamiento</b> - El tiempo de almacenamiento debe ser mínimo y durante este las muestras no deben perder humedad, haber secamiento parcial ni contracción de los extremos del espécimen. Las muestras se deben preparar en un cuarto húmedo donde el cambio de humedad no sea mayor del 2%.</p> <p><b>Temperatura</b> - La temperatura del ambiente no debe variar más de <math>\pm 4^{\circ}\text{C}</math> (<math>\pm 7^{\circ}\text{F}</math>) y sin contacto directo del sol.</p> <p><b>Cizalla o cortador cilíndrico</b> - El cortador debe tener una superficie altamente pulida y debe cubrirse con un material de baja fricción.</p> <p><b>Balanza</b> - aproximación a 0,1 g o 0,1% del peso de la muestra.</p> <p><b>Horno</b> - capaz de mantener temperaturas uniformes de <math>110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}</math>).</p> <p><b>Deformímetro</b> - para lecturas con sensibilidad de 0,0025</p>	<p>la limpieza de los discos después de cada uso, limpiándolos con un cepillo no abrasivo e hirviéndolos o sometiéndolos a ultrasonido, de igual forma para los discos nuevos los cuales se hierven por 10 minutos. Es recomendable el almacenamiento de los discos poroso en agua de ensayo limpia para evitar la atracción de partículas.</p> <p><b>Pantalla filtrante</b> - Puede ser de Nylon-monofilamento o papel filtro grado 54, endurecido y de bajo contenido de ceniza, se ubica entre la piedra porosa y el espécimen y debe ser usado para el cálculo del factor de impedancia.</p> <p><b>Cizalla o cortador cilíndrico</b> - dispositivo de corte con el mismo diámetro interior o 0,05 mm mayor que el anillo para la muestra, el elemento de corte debe ser afilado, tener una superficie altamente pulida y estar recubierto de material de baja</p>	
--	--	---	--

	<p>mm (0,0001"). <b>Equipo Misceláneo</b> - Espátulas, navajas, sierras de alambre y cronometro con alarma programable.</p> <p><b>Recipientes</b> - para el contenido de húmeda acorde a la INV E-141.</p> <p><b>Trapo húmedo, membrana de caucho o papel parafinado</b> para evitar la pérdida de humedad de la muestra.</p>	<p>fricción.</p> <p><b>Deformímetro</b> - con capacidad de lectura de 0,0025 mm (0,0001") o mayor.</p> <p><b>Placa espaciadora (disco espaciador)</b>- Placa ubicada dentro del anillo usada para deprimir la superficie de la muestra 2 mm (0,08") o el doble para anillos flotantes, no se utiliza si el Consolidómetro cuenta con un mecanismo para centrar los discos.</p> <p><b>Balanza</b> - con por lo menos cuatro dígitos significativos. <b>Horno</b> - controlado termostáticamente con capacidad de mantener la temperatura <math>110 \pm 5</math> °C (<math>230 \pm 9</math>°F).</p> <p><b>Recipientes para determinar la humedad</b> -Acordes a las norma INV E-122-13. <b>Ambiente</b> - la temperatura para el ensayo debe ser de <math>22 \pm 5</math>°C y la temperatura del Consolidómetro, la muestra y el dispositivo de inmersión no debe variar más de <math>\pm 2</math>°C durante el procedimiento, para lo</p>	
--	---	--	--

		<p>cual se puede usar un cuarto con temperatura constante. <b>Agua para el ensayo</b> - Se puede usar agua de composición similar a la del suelo, potable, desmineralizada o salina, según especificaciones del cliente, en caso de no haber especificación se usa agua potable de grifo. <b>Equipo misceláneo</b> -espátulas, navajas, y sierra de alambre.</p>	
<b>Toma de Muestras</b>	<p>Se deben obtener y usar muestras relativamente inalteradas ya que los resultados del ensayo de consolidación dependen directamente de la alteración de la misma, las muestras se deben obtener según la norma INV E-105.</p>	<p>La recolección de muestras inalteradas para la realización del ensayo se basa en las normas INV E-105 e INV E-109, además de la INV E-104, la cual describe el proceso de toma de muestras inalteradas desde bloques tomados en campo. En el caso de probetas remoldeadas, estas se pueden preparar a partir de muestras masivas, con la humedad y densidad estipuladas por el cliente. El transporte, conservación y la manipulación de las muestras de bloque (masivas) se realiza</p>	<p>El procedimiento planteado por la resolución 2013 de la norma realiza un aumento de las normas de referencia para la recolección, transporte y almacenamiento de muestras inalteradas y de bloque, así mismo se establece la importancia de la obtención de muestras con la menor alteración posible para la realización del ensayo de consolidación.</p>

		<p>acorde a las normas del grupo <b>B</b> de la INV E-103, el manejo de las muestras inalteradas se hace según las normas para los grupos <b>C</b> y <b>D</b> de la misma. Las muestras se almacenan por un tiempo mínimo y de forma que no ocurra la pérdida de humedad, es decir, que no hayan evidencias de secamiento parcial en bordes o de agrietamientos así mismo, las muestras de ensayo se deben seleccionar adecuadamente ya que ningún procedimiento garantiza la completa alteración del espécimen, pero si la calidad del ensayo disminuye drásticamente con la alteración de la muestra.</p>	
<b>Calibración</b>	Las deformaciones verticales deben ser corregidas por la flexibilidad del aparato cuando excede del 5%	Aparatos de deformación - Las deformaciones verticales deben ser corregidas por el	La calibración del equipo establecida por la nueva versión (2013) realiza las correcciones de

	<p>de la deformación medida en la calibración, y en todos los ensayos donde se use papel filtro; la calibración se realiza armando el consolidómetro con un disco de cobre o acero de aproximadamente la misma altura del anillo pero con un diámetro de 1 mm (0,04") menor que el de este. Se humedecen las piedras porosas y el papel filtro, si se usa, se permite que este último pierda la humedad durante el proceso de calibración. Se realiza el cargue y descargue del equipo como en un ensayo tomándose las medidas para cada carga, se dibujan y tabulan las correcciones que se pueden aplicar. La deformación del disco metálico se puede despreciar para todos los suelos excepto los extremadamente duros, caso para el cual se puede calcular.</p>	<p>efecto de compresibilidad del aparato cuando la deformación del equipo exceda el 0,1% o se use papel filtro. Las correcciones se realizan empleando los datos de calibración, obtenidos usando un disco de cobre, aluminio o acero templado en lugar de la probeta, además de los discos porosos y papeles filtros humedecidos, y dejando entonces estos últimos el tiempo suficiente (mínimo 2 minutos) para que pierdan el contenido de humedad durante cada incremento del proceso de calibración. Se carga y descarga el consolidómetro según el procedimiento normal, si se usa papel filtro se debe seguir el programa real de ensayo. Se dibujan o tabulan las deformaciones donde la deformación del disco es despreciable siempre y cuando los niveles de esfuerzo no sean extremadamente grandes, caso en el</p>	<p>deformaciones en un punto de mayor sensibilidad, y en cuanto al nuevo procedimiento resulta este más específico y minucioso en sus partes. Las calibraciones se deben realizar anualmente o cada vez que se realice una modificación al sistema, esto según la norma INV E-151-13.</p>
--	---	---	---

		<p>cual se tiene en cuenta para las correcciones. Cuando se usan filtros de Nylon la corrección se puede representar con una ecuación matemática.</p> <p>Elementos de carga misceláneos - se determina la masa del disco poroso junto cualquier elemento que no sea contrarrestado por el bastidor con una precisión de 0,001 kg, Ma. Constantes del equipo - Se miden la altura del anillo, Hr, y diámetro del anillo, Dr, con precisión de 0.01 mm (0.0005"), la masa del anillo, Mr, con precisión de 0.01 g, el espesor de la pantalla de filtro, Hfs, con precisión de 0.01 mm (0.0005") y el espesor del resalto de la placa espaciadora, Hrs, con precisión de 0.01 mm (0.0005").</p>	
--	--	--	--

<p style="text-align: center;"><b>Preparación de la Muestra</b></p>	<p>La preparación de la muestra se deberá hacer en un cuarto con humedad constante y moldearse conforme el diámetro del anillo forzándose dentro de este, se empareja la superficie plana cortando los bordes de la misma con una sierra de alambre y con una regla con filo para el corte final; en suelos duros la regla con borde cortante podrá usarse para el emparejamiento del fondo y la parte superior. El espesor de la muestra se puede reducir mediante extrusión y corte a la altura del anillo pero respetando el espesor mínimo. En muchos</p>	<p>La alteración del suelo se debe reducir tanto como sea posible evitando cambios de humedad, densidad, y otros; mitigando su vibración, distorsión y compresión. La muestra se debe preparar en un lugar que minimice los cambios de humedad. La muestra se recorta y se inserta en el anillo de consolidación, el suelo debe quedar ajustado dentro de este y sin vacíos perimetrales; cuando se usen tubos muestreadores, este debe tener un diámetro interno de mínimo 5 mm (0,25") mayor que el diámetro interno del anillo con la excepción de los</p>	<p>Se puede observar que en ambas versiones de la norma INV E-151 se reitera la importancia de la preparación de la muestra en un ambiente que reduzca los cambios de humedad, además de la necesidad de evitar las alteraciones en la misma; la preparación de la muestra en la versión 2013 incluye un procedimiento para el uso de la plataforma giratoria, el anillo cortante y el tomamuestras revestido con anillos. Así mismo un procedimiento de preparación de la muestra para cuando el consolidómetro está provisto de anillos</p>
---	---	---	---

	<p>suelos el ajuste más adecuado lo da un anillo para muestreo con borde cortante. Se debe disminuir la alteración del suelo, de la humedad y la masa unitaria durante el transporte y la preparación de la muestra; así como también cualquier vibración, distorsión y compresión en la misma. Los suelos orgánicos, fibrosos y similares que se puedan dañar al recortarlos se transfieren directamente del tubo muestreador al anillo, siempre y cuando tengan el mismo diámetro. Se determina la masa del suelo y el anillo mmo y</p>	<p>casos mostrados más adelante. Al usar la plataforma giratoria se hace un corte perimetral y se introduce la muestra al anillo hasta que sobresalga por la base del mismo, si se usa un anillo cortante cilíndrico se le da forma cónica suave a la muestra y se introduce en el anillo hasta encontrar el diámetro final y se repite el proceso hasta que la muestra sobresalga del anillo. Los suelos fibrosos o los que se dañan fácilmente se transfieren directamente desde el tubo muestreador al anillo, siempre que el diámetro sea igual o el</p>	<p>flotantes y las acciones a tomar si el espécimen se expande saliéndose de su altura inicial.</p>
--	---	--	---

	<p>la altura inicial de la muestra <math>H_0</math> (precisión de 0,025mm o 0,001") tomando el promedio de al menos cuatro medidas de espesor realizadas con calibrador o equipo similar.</p>	<p>del anillo ligeramente menor. Cuando las muestras se obtienen de un tomamuestras revestido con anillos, estos se pueden usar sin corte previo si se obtuvieron según el método de la norma INV E-109-13 y cumplen con los requisitos de este ensayo. Se recorta a ras la muestra en los extremos planos con la sierra de alambre y la regla filosa, en los casos de suelos blandos; y para los suelos duros solo con la ayuda de esta última (regla con borde afilado), si se encuentran partículas grandes en las superficies enrasadas se quitan, se rellena con suelo de recortes los vacíos y se anota en el informe. Si el equipo de consolidación no cuenta con un medio para centrar los discos porosos, con ayuda del disco espaciador se genera una depresión en la parte superior e inferior del anillo según el numeral 8,6,1 de esta norma; si la muestra en cualquier</p>	
--	---	---	--

		<p>etapa del ensayo se expande saliéndose del anillo se debe usar un collar de extensión o una probeta deprimida, pero en ningún momento la muestra debe sobresalir del anillo o collar. Se obtiene la masa húmeda inicial de la muestra MTO con precisión de 0,01 g. Midiendo la masa del anillo y la muestra y restándole la del anillo, Mr; tomando el promedio de cuatro alturas medidas con calibrador o equipo similar, o al espesor del anillo Hr restándole el espesor de la placa espaciadora Hrs y el filtro HFS se determina la altura inicial H0 con precisión de 0,01 mm (0,001") y a partir de la altura y el diámetro del anillo se calcula el volumen V0 con precisión de 0,01 cm<sup>3</sup> (0,01 plg<sup>3</sup>), se recomienda que con el material excedente de corte o labrado se obtengan al menos dos humedades según la INV E-122-13, este excedente puede ser almacenado en un</p>	
--	--	--	--

		recipiente sellado para la determinación de las pruebas índice del suelo.	
<b>Determinaciones Previas al Ensayo / Determinaciones de las Propiedades Índice</b>	Con el material cortado adyacente a la muestra se determina la humedad y la densidad específica según las normas INV E-122 e INV E-128 respectivamente; la masa inicial de la muestra se obtiene sustrayendo de la masa del conjunto anillo-muestra la masa del anillo, y el volumen inicial con la altura y diámetro medidos. La humedad de los recortes es aproximada y sirve para determinar la	Cuando se requiere la determinación de las propiedades se deben hacer con el material más representativo posible, en suelos homogéneos se pueden realizar sobre los excedentes o recortes; si el suelo es heterogéneo o escaso se realiza sobre el suelo del espécimen del ensayo más los residuos. La <i>gravedad específica</i> se desarrolla de acuerdo a la norma INV E-128-13, se permite usar para el cálculo la	Con el cambio de la norma en la versión 2013 se modificó el título del capítulo y se introdujo la posibilidad de la utilización de la gravedad específica de un material similar, pero el sentido del capítulo actualmente denominado Determinación de las propiedades índices permanece constante.

	<p>relación de vacíos antes del ensayo, al secarse la muestra en el final del ensayo se puede obtener la masa seca y la humedad exacta del espécimen, procedimiento que se debe realizar excepto si se necesita material para ensayos índice. La densidad específica se puede estimar cuando no se necesite una relación de vacíos más exacta. Los límites líquido y plástico se basan en las normas INV E-125 e INV E-126 respectivamente, estos se obtienen sobre los recortes o una muestra representativa si el material es significativamente heterogéneo, la granulometría se hace según la INV E-123.</p>	<p>gravedad específica de un material que se juzgue similar si no se requiere la relación de vacíos exacta. Los <i>límites de Atterberg</i> se determinan los Límites Líquido (INV E-125), Plástico e Índice de plasticidad (INV E-126) aunque no son requisitos del ensayo. La <i>Granulometría</i> se realiza omitiendo el requisito de tamaño mínimo del espécimen y según el procedimiento de la INV E-122.</p>	
--	--	---	--

<p><b>Procedimientos</b></p>	<p>La intensión de la preparación de las piedras y demás elementos es evitar cambios de humedad en la muestra, para lo cual las piedras secas se usan sobre suelos altamente expansivos y muy secos, las piedras humedecidas sobre suelos parcialmente saturados y las piedras porosas saturadas se usan sobre muestras en igual condición y sin afinidad con el agua. Se arma el anillo, la muestra y las piedras porosas, se envuelve con un plástico suelto o membrana el conjunto de la muestra, anillo, papel filtro y piedras porosas para evitar el cambio de volumen por pérdida de humedad, esto en caso de que no se inunde la cámara después del primer incremento de carga. Se coloca una carga de asentamiento de 5 kPa (0.05 kg/cm<sup>2</sup> - 100 lb/pie<sup>2</sup>) o de 2 a3 kPa (0.025 kg/cm<sup>2</sup> - 50 lb/pie<sup>2</sup>) para suelos muy blandos, en los 5</p>	<p>El ensamblaje del consolidómetro debe evitar cambios de humedad o expansión de la muestra, por lo cual las piedras porosas secas y los filtros se usan con los suelos secos altamente expansivos y la generalidad de los suelos, los discos humedecidos para suelos parcialmente saturados y los saturados cuando el suelo también lo está; el agua para los discos debe ser la misma del ensayo. Se ensambla en el consolidómetro el anillo las piedras porosas, el papel filtro si se necesita y la muestra; si el espécimen no va a ser inundado después de la carga de asentamiento el consolidómetro se debe encerrar en una membrana de caucho o plástica suelta para prevenir el cambio de volumen por evaporación. Se introduce el consolidómetro al aparato de carga y se aplica una carga de asiento que genere un</p>	<p>El nuevo procedimiento establecido resulta más preciso en muchos aspectos como en el caso del ciclo de carga-descarga, la presencia del cliente se hace más pertinente con la resolución 2013, proceso para el cual las especificaciones son dadas en su mayoría por este o asumidas por defecto según la norma, se elimina así mismo en la el rango de 2 a 3 kPa para las cargas de asentamiento opcionales y se especifica en la nueva versión que puede ser una carga inferior a 3 kPa. El método B en el cual se especifica la duración de las cargas se aclara con mayor precisión. Como procedimiento anexo a lo establecido en la norma 2007 se incluye con la nueva versión 2013 la necesidad de tomar la altura de la muestra una vez se termina el ensayo de consolidación.</p>
------------------------------	--	---	--

	<p>minutos siguientes a aplicar la carga se debe ajustar el deformímetro para la lectura inicial. Se aplican cargas para obtener presiones aproximadas de 12.5, 25, 50, 100, 200, 400 kPa, etc. (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, kg/cm<sup>2</sup>, etc.) o 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 lb/pie<sup>2</sup>, etc.; se pueden requerir incrementos más pequeños en suelos blandos o si se busca la carga de preconsolidación. Es recomendable que la carga inicial este entre 10 a 50 kPa (0.1 a 0.5 kg/cm<sup>2</sup>) dependiendo de la consistencia del suelo y lo que se busque; el cargue se</p>	<p>esfuerzo de 5 kPa (100 lbf/pie<sup>2</sup>), una vez aplicada esta se ajusta el deformímetro y se registra la altura inicial. Si es necesario se aumenta la carga de asiento para evitar la expansión o se reduce para prevenir una consolidación a un esfuerzo axial de 3 kPa (50 lbf/pie<sup>2</sup>) o menos, de ser necesario se debe esperar a que el consolidómetro se encuentre en el rango de temperatura permitido, <math>\pm 2^{\circ}\text{C}</math>. Si se ensaya una muestra inalterada saturada en campo u obtenida bajo nivel freático se debe inundar inmediatamente después de aplicar la carga de asentamiento</p>	
--	---	---	--

	<p>realiza dentro de la zona de compresión virgen. Para las arcillas preconsolidadas es útil un ciclo de carga-descarga. Se toman las lecturas de deformación antes de aplicar incrementos de carga y en intervalos de 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15 y 30 minutos, 1, 2, 4, 8, etc., horas desde que se aplicó la carga; las lecturas tiempo-deformación solo se requieren en muestras saturadas. Para el <b>Método A</b> las lecturas se continúan por 24 horas o múltiplos de esta o hasta que sea evidente la pendiente de la compresión lineal secundaria del asentamiento contra</p>	<p>e incrementar la carga para evitar su expansión; se registra esta carga necesaria y la lectura de deformación resultante. Si la inundación se hace para simular condiciones especiales el esfuerzo aplicado debe prevenir la expansión; se carga la muestra, se inunda, se toman lecturas durante la inundación y se anota la carga requerida. En tal caso se anota el esfuerzo axial con inundación y la deformación axial resultante. La inundación busca eliminar presiones de poros negativas y no cambia la saturación de la muestra, es decir</p>	
--	--	--	--

	<p>el logaritmo de tiempo, a menos que se use el gráfico de deformación contra raíz de tiempo para el cual la siguiente carga se puede aplicar cuando se alcance el 100% de la consolidación primaria (<b>Método B</b>). El tiempo de aplicación de la carga es igual para cuando se requieren lecturas de tiempo-deformación que para cuando no se requieren lecturas de tiempo-asentamiento. Al final del periodo de carga se deben tener suficientes lecturas para cualquier extrapolación de la curva Tiempo vs. Asentamiento. Si se van a dibujar deformaciones contra raíz cuadrada se pueden usar intervalos correspondientes a raíces cuadradas como 0.09, 0.25, 0.49, 1, 4, 9 minutos, etc. El ciclo de rebote o descarga</p>	<p>no la satura. La carga depende del ensayo a realizar pero debe cumplir con lo siguiente: el programa estándar tiene una relación de incrementos de carga (RIC) de 1, es decir el esfuerzo siguiente debe ser del doble del anterior para obtener valores de alrededor de 12, 25, 50, 100, 200 kPa, etc. (250, 500, 1000, 2000 etc. lbf/pie<sup>2</sup>). Si se requiere la pendiente y la forma de la curva de compresión virgen o el valor del esfuerzo de pre-consolidación, el esfuerzo axial total máximo debe ser lo suficientemente alto para generar tres puntos que definan una línea recta o cóncava al dibujar los esfuerzos en escala logarítmica, o un nivel de esfuerzos 8 veces el estimado de pre-consolidación, en caso de ser otro el objetivo,</p>	
--	--	---	--

	<p>se deberá realizar con la reducción en orden inverso de la carga o si se desea, se puede usar un cuarto de la carga anterior, las lecturas se toman de la misma forma planteada anteriormente para la carga.</p> <p>Alternativamente se podrá emplear un programa de carga, descarga y recarga que reproduzca las condiciones durante la construcción o brinde mayor definición a alguna parte de la curva. Si se realiza el ensayo en una muestra inalterada saturada bajo condiciones de terreno o extraída debajo del nivel</p>	<p>el esfuerzo axial total se fija con el cliente. En la descarga o rebote los esfuerzos deben ser de la mitad del esfuerzo aplicado anterior, pero también puede ser de una cuarta parte del mismo. Para las arcillas sobreconsolidadas se mejora la evolución de los parámetros de recompresión cuando se aplica un ciclo de carga-descarga una vez se sobrepasó el esfuerzo de preconsolidación, el cliente define la magnitud del ciclo teniendo en cuenta que se necesita al menos dos decrementos de esfuerzo para la</p>	
--	---	---	--

	<p>freático, se inunda antes de aplicar las cargas. Durante la inundación y el humedecimiento de la muestra si es necesario se aumentan las cargas para evitar la expansión, a menos que el suelo se hinche bajo la carga vertical estimada en el sitio, si una vez inundada la muestra se comprime se anota el valor de compresión. Así mismo se pueden inundar las muestras a presiones que simulen una situación en el terreno, si es así se anotan la presión de inundación y cualquier efecto resultante, como la expansión y la compresión. Si se desea y el consolidómetro lo permite se puede aplicar contrapresión para la saturación, estimada esta para el sistema internacional de medidas(SI) en kg/cm<sup>2</sup>, multiplicando la profundidad de la muestra por debajo de nivel freático (m) por mil kg/m<sup>3</sup> y dividiéndola entre diez mil cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>; para el</p>	<p>descarga. Se puede emplear un procedimiento alternativo de carga, descarga o recarga que reproduzca cambios de esfuerzo o una mejor definición en la curva de compactación, ayude a la interpretación del comportamiento del suelo o cuando el cliente lo requiere. Se registra la lectura o el cambio de la misma antes del incremento de carga. Cuando se necesita definir la pendiente de la curva de compresión secundaria se requiere extender durante algunos incrementos la aplicación de carga para la toma de lecturas cercanas al fin del incremento, para lo cual no es necesario aumentar la duración de carga de otros incrementos. La secuencia de las lecturas y su duración se hace en base a uno de los siguientes métodos: <b>Método A</b> - Se toman deformaciones por lo menos en dos incrementos de carga, de los cuales al menos</p>	
--	---	---	--

	<p>caso del sistema ingles se obtiene la contrapresión multiplicando la profundidad de la muestra por debajo del nivel freático (pies) por 62.4 lb/pie<sup>3</sup> y dividiéndola entre 144 pul<sup>2</sup>/pie<sup>2</sup>. Los incrementos de contrapresión se aplican cada 30 minutos de manera que la aplicación total se cumpla en 6 horas, se mantiene hasta la saturación (aproximadamente 3 días). Para disminuir la expansión durante la descarga se deberá rebotar la muestra hasta un esfuerzo muy pequeño y desmontar rápidamente después de retirada la carga, se quita el anillo del consolidómetro, se seca el agua libre, se quita la muestra del anillo y se pesa, se seca al horno y se pesa nuevamente. Las propiedades índice se pueden obtener de una porción de la probeta cuando la muestra sea muy heterogénea y de la otra porción la humedad.</p>	<p>uno debe ser después de exceder el esfuerzo de preconsolidación, a intervalos de 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15 y 30 minutos, 1, 2, 4, 8 y 24 horas (o 0.09, 0.25, 0.49, 1, 4, 9 minutos para el procedimiento adicional de cálculos), después de aplicar la carga. Se toman suficientes lecturas cuando el final del incremento está cerca para verificar el fin de la consolidación primaria. Si es necesario hacer lecturas adicionales a las 24 horas, se hacen en múltiplos estas.</p> <p><b>Método B</b> -Se anota la deformación a los intervalos de 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15 y 30 minutos y 1, 2, 4, 8 y 24 horas (o 0.09, 0.25, 0.49, 1, 4, 9 minutos para el procedimiento adicional de cálculos) la duración del incremento de carga debe ser superior al tiempo necesario para la consolidación primaria, si es imposible verificar la consolidación primaria el incremento debe exceder el tiempo requerido para la</p>	
--	---	---	--

		<p>consolidación primaria de un incremento aplicado después del esfuerzo de preconsolidación y a lo largo de la curva de compresión simple. Si se necesita la compresión secundaria se aumenta la duración para definir la velocidad. Se reduce el hinchamiento llevando la muestra a la carga de asentamiento hasta que se reduce la deformación axial a menos del 0.2% por hora (usualmente durante la noche) se registra esta lectura, se libera el consolidómetro de la carga, se remueve la muestra y anillo y se seca el agua presente, se toma la altura con aproximación a 0.01 mm como promedio de cuatro medidas distribuidas uniformemente, se toma la masa con aproximación a 0.01 g, midiendo el conjunto anillo-muestra y restando la masa del anillo. La mejor forma de determinar la humedad es con el espécimen completo y</p>	
--	--	---	--

		según la INV E-122-13 si la muestra es homogénea y si hay material de recorte para determinar las propiedades índice; pero si la muestra es heterogénea o no hay material suficiente para hallar las propiedades índice, se determina la humedad con una pequeña porción del espécimen y las propiedades índice con el sobrante.	
<b>Cálculos</b>	Se dibujan las curvas deformación contra logaritmo y raíz cuadrada de tiempo (minutos) para cada incremento de carga y descarga. Se determina el 100% de la consolidación primaria de cada	Los cálculos emplean el sistema internacional de medida, se pueden utilizar otras unidades si se realizan las conversiones necesarias, con valores que alcancen el mismo número de	El cálculo de la norma INVE 2013 es mucho más amplio que el de la versión 2007, se incluye la determinación más específica de algunas variables asociadas al proceso como la masa seca, la humedad

	<p>incremento dibujando una línea recta a través de los puntos que representan las lecturas finales y que exhiben una tendencia recta y una inclinación suave, y otra línea recta tangente a la parte más pronunciada de la curva de logaritmo del tiempo vs. Asentamiento, la intersección representa el asentamiento primario. Se corrige la deformación para todos los resultados de la calibración. La consolidación que ocurra después del 100% de la consolidación primaria se denomina consolidación</p>	<p>dígitos significativos. Se obtienen las propiedades físicas de la muestra como la <b>Masa Seca (Md)</b>, la <b>Humedad inicial (wo)</b>, la <b>Humedad final (wf)</b>, la <b>Densidad seca del espécimen (rd)</b>, el <b>Volumen de los sólidos (Vs)</b>, la <b>Altura equivalente de los sólidos (Hs)</b>, la <b>Relación de vacíos inicial (eo)</b>, la <b>Relación de vacíos final (ef)</b>, el <b>Grado de saturación inicial (So)</b> y el <b>Grado de saturación final (Sf)</b> según el numeral 11.2 de la norma INV E-151-13. Se realizan los cálculos de las deformaciones como el <b>Cambio de altura del espécimen (DH)</b>, <b>Altura del espécimen</b></p>	<p>inicial y final, densidad seca, volumen de sólidos, relación de vacíos inicial y final, entre otros; así como también procedimientos más específicos para determinar las propiedades tiempo-deformación y propiedades carga-deformación, procedimientos que incluyen la evaluación de parámetros provenientes de las gráficas.</p>
--	---	--	---

	<p>secundaria. Se determina la deformación que represente el 0% de la consolidación primaria seleccionando dos tiempos con relación 1 a 4 (<math>t_A=4t_B</math>), de tal manera que la deformación del mayor de los tiempos sea mayor que 1/4 pero no menor a 1/2 del cambio total de la deformación para el incremento de carga, la deformación del 0% de la consolidación primaria se obtiene restando la diferencia de las deformaciones de <math>t_A</math> y <math>t_B</math> de la de <math>t_B</math>. El asentamiento del 50% de la consolidación primaria de cada incremento equivale al promedio</p>	<p>(<math>H</math>), la <b>Relación de vacíos</b> (<math>e</math>), la <b>Deformación unitaria axial</b> (<math>e</math>) y la <b>Diferencia final de altura</b> (<math>H_d</math>) según el numeral 11.3 de la norma INV E-151-13. El <b>Esfuerzo axial total</b> (<math>\sigma_a</math>) según el numeral 11.4 del INV E-151-13. Las <b>Propiedades tiempo-deformación</b> para las cuales partiendo de los incrementos de carga en los que se tomaron lecturas de tiempo deformación se encuentran dos alternativas para presentar los datos, determinar el tiempo final de consolidación primaria y calcular la velocidad de consolidación. Las</p>	
--	---	---	--

	<p>de los asentamientos no corregidos de 0% y 100%, el tiempo para el 50% se halla gráficamente desde la curva asentamiento-logaritmo del tiempo. Se calcula el coeficiente de consolidación <math>C_v</math> en <math>m^2/año</math> (<math>pie^2/año</math>) para cada incremento de carga que tenga lecturas de tiempo-deformación, elevando al cuadrado la altura de la muestra en metros o pies para una muestra con drenaje doble al 50% de consolidación, multiplicándola por 0.05 y dividiéndola en el tiempo para el 50% de consolidación en años. A través de un procedimiento (numeral 11.6 I.N.V.E.-151-07) alterno que requiere un gráfico de deformación contra raíz del tiempo se pueden determinar los puntos del 0 y 100% de consolidación además del coeficiente de consolidación para cada incremento. Se calcula la relación inicial de vacíos, la humedad, la masa</p>	<p>lecturas de deformación se presentan como deformación medida, altura del espécimen o deformación unitaria axial, esta última (deformación unitaria axial) establecida para los siguiente procedimientos. En el <b>procedimiento 1 de interpretación</b> se grafica para cada incremento de carga la deformación unitaria axial (<math>\epsilon</math>) contra logaritmo del tiempo usualmente en minutos, siguiendo el procedimiento 11.5.1 de la norma INV E-151-13. Para el <b>procedimiento 2 de interpretación</b> se dibuja para cada incremento la curva deformación unitaria axial <math>\epsilon</math> contra la raíz cuadrada del tiempo usualmente en minutos, y siguiendo el procedimiento del numeral 11.5.2 de la norma INV E-151-13. El coeficiente de consolidación <math>c_v</math> en <math>cm^2/s</math> con 3 dígitos significativos, se calcula para cada incremento de carga multiplicando el factor</p>	
--	---	---	--

	<p>unitaria y el grado de saturación, con base en la masa seca de la muestra total. El volumen de la muestra se calcula a partir del diámetro y de la altura del anillo. El volumen del suelo se calcula dividiendo la masa seca de la muestra por la densidad específica del suelo multiplicado ésta por la masa unitaria del agua. Se supone que el volumen de vacíos es la diferencia entre el volumen de la muestra y el volumen de los sólidos. Con ayuda de las lecturas de deformación corregidas se determina la relación de vacíos del 100% de la consolidación primaria; alternativamente se calcula el porcentaje de compresión al 100 % de la consolidación primaria para cada carga a partir de la altura inicial de la muestra. Como segunda alternativa, se calcula la relación de vacíos (o valores del porcentaje de compresión) empleando los valores</p>	<p>adimensional de tiempo <math>T</math>, (para el procedimiento 1 se usa 50% de consolidación, con <math>T=T50=0.197</math>, para el procedimiento 2 se usa 90% de consolidación <math>T=T90=0.848</math>), multiplicándolo por la longitud de la trayectoria de drenaje al 50% de consolidación <b>HD50</b>, en cm, elevada al cuadrado; (si el drenaje es por las dos caras <b>HD50</b> es la mitad de la altura del espécimen al incremento apropiado y para drenaje por una cara <b>HD50</b> es la altura completa), y dividiéndola en el tiempo correspondiente al grado específico de consolidación <math>t</math> en segundos, (para el procedimiento 1 se usa <math>t=t50</math>, para el procedimiento 2 se usa <math>t=t90</math>), según el numeral 11.5.3 de la INV E-151-13. En cuanto a las Propiedades de carga-deformación se tabulan las deformaciones o sus</p>	
--	---	--	--

	<p>de deformación obtenidos después de un intervalo de tiempo escogido, el cual incluirá alguna parte de consolidación secundaria y es el mismo para cada incremento de carga. Sin embargo, si el valor de "equilibrio" escogido es diferente al punto del 100 % de la consolidación primaria se incluyen anotaciones al respecto, esta segunda alternativa traduce valores más bajos de curvas de preconsolidación que el usar puntos del 100% de la consolidación primaria.</p>	<p>cambios <i>df</i> correspondientes al final de cada incremento, y si se ensaya con el <i>método B</i> el valor correspondiente al final de la consolidación primaria, <b>d100</b>. Se dibujan las deformaciones al final de cada incremento siguiendo las instrucciones del numeral 11.6 de la norma INV E-151-13. A menudo la evaluación completa incluye información que no está disponible para el laboratorio, por lo que cualquier evaluación adicional solo es de carácter informativo.</p>	
<b>Informe</b>	<p>El informe debe incluir la identificación y descripción de la muestra, con indicación de si el</p>	<p>El informe debe incluir como mínimo: Nombre del proyecto, localización, número de la perforación,</p>	<p>Dado que los cálculos para la versión 2013 se perfeccionaron y ampliaron, la entrega del informe sufre</p>

	<p>suelo es inalterado, remoldeado, compactado o preparado de manera diferente. Las humedades inicial y final del suelo contaminado. La masa unitaria seca y masa unitaria húmeda, inicial y final. El grado inicial de saturación. La densidad específica del suelo o límites de Atterberg y datos de granulometría si se obtuvieron. Las dimensiones de la muestra. Las condiciones del ensayo (humedad natural o con saturación, presión de saturación). El procedimiento usado para la preparación en</p>	<p>número de la muestra y profundidad. Número del ensayo, datos de inicio, aparatos y técnico encargado del ensayo. Descripción y clasificación del suelo de acuerdo con las normas INV E-102 e INV E-181, cuando se dispone de los límites de Atterberg. Se deben incluir, si están disponibles, los resultados de los ensayos de gravedad específica, límites de Atterberg y distribución granulométrica de la muestra, así como la fuente de esta información si es otra diferente de la obtenida sobre el espécimen de</p>	<p>también modificaciones haciéndose más amplio, con información más basta y precisa, así mismo regidos algunos de sus elementos por normas nuevas como es el caso de la INV E-102 e INV E-181, las cuales se usan para clasificar y describir el suelo cuando se dispone de los límites son ampliados los requerimientos para el informe.</p>
--	---	--	--

	<p>relación con el corte: establecer si la muestra fue desbastada, obtenida directamente por extrusión dentro del anillo, o ensayada directamente en un anillo proveniente de un tubo de muestreador. Los gráficos del logaritmo y la raíz cuadrada del tiempo contra los asentamientos, para cada uno de los incrementos de carga en los cuales se hicieron lecturas de tiempo-asentamiento. Para suelos orgánicos o altamente micáceos, u otros suelos con apreciable consolidación secundaria, es recomendable que el gráfico del logaritmo del tiempo, se extienda de manera que quede incluida la zona de la consolidación secundaria. Se dibuja la curva de relación de vacíos contra el logaritmo de la carga (Figura 4 I.N.V.E. -151-13), se indica la carga de preconsolidación obtenida mediante el procedimiento gráfico</p>	<p>ensayo. Se debe anotar, también, el tamaño de las partículas aisladas de gran tamaño halladas en el espécimen. Condición del suelo: Contenido de humedad media de los recortes, si está disponible. Contenidos de humedad inicial y final del espécimen. Densidad seca inicial del espécimen. Relaciones de vacíos inicial y final del espécimen. Grados de saturación inicial y final del espécimen. Diferencia final de altura. Esfuerzo estimado de preconsolidación. Procedimiento de ensayo: Procedimiento de labrado para la preparación del espécimen (especificar si la probeta se recortó con una plataforma giratoria, usando una zapata de corte o directamente un anillo a partir del anillo del tomamuestras). Condición del ensayo (humedad natural o inundado, esfuerzo</p>	
--	---	---	--

	<p>y el índice de compresión <math>C_c</math> o pendiente de la parte recta. Cuando se desee conocer las características de expansión, se dibujan las mismas curvas que para la consolidación. En caso de que las lecturas de la rata de consolidación hayan sido tomadas para varios incrementos de carga, se deberá dibujar un gráfico del coeficiente de consolidación contra el log. de la carga. Se deberá anotar el método usado para el cálculo de <math>C_v</math>. Si inicialmente se obtienen lecturas para algunos incrementos de carga, se tabulan simplemente los valores de <math>C_v</math> contra la carga promedia para el incremento. Se deberán anotar todas las desviaciones a partir del procedimiento delineado, incluyendo secuencias especiales de cargas. Por ejemplo, puede ser deseable inundar y cargar la muestra de acuerdo con la trayectoria de</p>	<p>medido en la inundación, agua de ensayo). Método de ensayo (A o B). Procedimiento de interpretación empleado para hallar el coeficiente de consolidación (1, 2, o ambos). Lista de los incrementos de carga y su duración, si fue diferente de 24 horas; resultados deformación final para cada incremento y, para el método B, resultados de la deformación primaria final y coeficiente de consolidación (Ver Tabla 151-1 INV E-151-13). Todas las desviaciones con respecto al procedimiento establecido, incluyendo las secuencias de carga especiales. Representaciones gráficas: Gráficas de deformación unitaria axial contra el logaritmo del tiempo (Figura 151-1) o raíz cuadrada del tiempo (Figura 151-2), para los incrementos de carga en los que se tomaron lecturas.</p>	
--	---	---	--

	<p>humedecimiento y carga esperada en el terreno. Relaciones más pequeñas que los incrementos normales de carga pueden ser deseables también para suelos altamente sensibles o cuyo comportamiento dependa en gran parte de la tasa de deformación.</p>	<p>Curva de “relación de vacíos versus esfuerzo axial” (en escala logarítmica) o curva de “porcentaje de compresión versus esfuerzo axial” (en escala logarítmica). Figura 151-3. Cuando se toman lecturas de la tasa de deformación en el tiempo para varios incrementos de carga, se debe preparar una gráfica de logaritmo de coeficiente de consolidación versus la relación de vacíos promedio o el porcentaje promedio de compresión para cada incremento (Figura 151-4). Se puede anexar, alternativamente una gráfica del coeficiente de consolidación o de su logaritmo versus el logaritmo del esfuerzo promedio axial. Si las lecturas de tiempo se obtuvieron solo para dos incrementos, simplemente se tabula el valor de <math>c_v</math> contra el esfuerzo promedio axial para el incremento.</p>	
--	---	---	--

<p><b>Precisión y Tolerancias / Precisión y Sesgo</b></p>	<p><b>Precisión</b> - La precisión con la que se puede aplicar los ensayos al terreno varía en cada caso y depende de la calidad de ellas muestras, del número de muestras ensayado, de la distribución vertical y horizontal de las muestras y de la heterogeneidad del perfil del suelo. Es necesario un método estadístico que incluya el muestreo y el ensayo para determinar la precisión con la que se pueden aplicar los resultados en campo, a falta de este la aplicabilidad se puede estimar cualitativamente.</p>	<p><b>Precisión</b> - Debido a la naturaleza de los suelos empleados no es posible establecer valores adecuados de precisión y cualquier variación que se observe se puede deber al espécimen o a los procedimientos del operario o laboratorio. <b>Sesgo</b> - No hay valores aceptables para el método.</p>	<p>Se observa un cambio en la gramática del título del capítulo. En la norma 2007 no se establecían valores para evaluar la precisión del ensayo pero se incluía la necesidad de un análisis estadístico para tal fin, aunque se aclaraba que a falta de este la aplicabilidad de los resultados era cualitativa. En la versión 2013 se elimina tanto la precisión como el sesgo, ya que la naturaleza de los suelos no permite una fácil identificación de los mismos.</p>
<p><b>Normas de Referencia</b></p>	<p>AASHTO T216 0-03, ASTM D 2435-90</p>	<p>ASTM D 2435M-11</p>	<p>Se observa una reducción en la bibliografía del ensayo.</p>

**Anexo 9 Comparativo INVIAS 152 (Compresión Inconfinada)**

	<b>I.N.V.E - 152 - 07</b>	<b>INV E-152-13</b>	<b>Comentario</b>
<b>Nombre</b>	<b>COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO</b>	<b>COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS</b>	El nombre de la norma no presenta cambios
<b>Objeto</b>	<p>La norma tiene como objeto indicar la forma de realizar el ensayo para determinar la resistencia a la compresión inconfinada aplicando carga axial a suelos cohesivos inalterados o remoldeados, bajo cualquier método de resistencia controlada o deformación controlada; el ensayo es aplicable solo a suelos cohesivos y este además no sustituye el ensayo de corte triaxial no consolidado, no drenado (INV E-153-07). La Resistencia a la Compresión Inconfinada es la carga por unidad de área a la cual una probeta cilíndrica o prismática falla en el ensayo de compresión inconfinada. Por disposición de la norma las unidades a utilizar son las del SI. La norma no considera todos los problemas de seguridad por lo cual es responsabilidad de</p>	<p>La norma describe el ensayo de compresión inconfinada para suelos cohesivos inalterados, remoldeados o compactados sometidos a una carga axial con control de deformación. El método de ensayo da un valor aproximado en término de esfuerzos totales de la resistencia de suelos cohesivos; es aplicable solo a suelos cohesivos que no expulsan agua durante la carga y mantienen su resistencia intrínseca después de remover las presiones de confinamiento, como las arcillas o los suelos cementados. Los suelos secos y friables, los materiales fisurados o estratificados, los limos, las turbas y las arenas no se pueden analizar por este método para obtener valores validos de resistencia a la compresión inconfinada; para los</p>	<p>Se incluyó en la reciente versión 2013 la aplicación de los procedimientos a suelos compactados y no solo a muestras inalteradas o remoldeadas; así mismo los tipos de suelos que pueden ser o no ser ensayados con esta norma. Se eliminó la definición de Resistencia a la compresión inconfinada, la obligatoriedad del uso de unidades del SI e igualmente la cláusula de responsabilidad.</p>

	<p>quien la emplee, la implementación de prácticas de seguridad y salubridad además de las normativas regulatorias antes de su uso.</p>	<p>casos de suelos cohesivos con confinamiento lateral, sin consolidación previa y sin drenaje es regulada por la INV E-153-13, esta norma reemplaza la norma INV E-152-07.</p>	
<p><b>Definiciones</b></p>		<p><b>Resistencia a la compresión inconfínada (qu)</b> - Mínimo esfuerzo compresivo al cual falla la muestra cilíndrica no confinada en condiciones normalizadas; la resistencia a la compresión inconfínada se toma como la carga por unidad de área que alcanza el suelo durante el ensayo o la carga por unidad de área equivalente al 15% de deformación axial, o lo que ocurra primero. <b>Resistencia al corte</b> - Se define como el 0.5 de la resistencia a la compresión inconfínada.</p>	<p>Se introduce el capítulo denominado Definiciones el cual contiene los diferentes términos técnicos aplicables a la norma de ensayo, como Resistencia a la compresión inconfínada y Resistencia al corte.</p>

<p><b>Importancia y Uso</b></p>		<p>El objetivo del ensayo de compresión inconfina da es obtener valores rápidos de la resistencia a la compresión que tienen los suelos con cohesión suficiente para ser ensayados en condición inconfina da. Los suelos con estructuras pulidas o fisuradas, algunos tipos de loess, arcillas muy blandas, suelos secos y friables, y materiales estratificados o muestras que contienen cantidad significativa de arena o limo o ambos, presentan una mayor resistencia al corte cuando se ensayan según la norma INV E-153, así mismo los suelos saturados. La sensibilidad del material se obtiene ensayando la muestra en condiciones inalterada y alterada, pero solo aplica para suelos que pueden mantener su forma en estado remoldeado.</p>	<p>Se incluye un capítulo que plantea la importancia del ensayo de compresión inconfina da, además de sus usos y los diferentes suelos a los que puede ser aplicado este ensayo.</p>
<p><b>Equipo</b></p>	<p><b>Aparato de compresión</b> - Conformado por una prensa de rotura para</p>	<p><b>Aparato de Compresión</b> - Puede ser una báscula de plataforma equipada</p>	<p>Se observa en la versión 2013 mayor precisión en las características del</p>

	<p>probetas, de velocidad controlada manual o mecánicamente, con capacidad para llegar a la rotura, el dispositivo de medida debe tener una sensibilidad del 1% de la resistencia a la compresión simple de la muestra ensayada.</p> <p><b>Extractor de muestras</b> - Capaz de sacar corazones de suelos con poca alteración del suelo <b>Torno</b> - con motor o tallador de probetas de muestras inalteradas con accesorios (sierras de alambre, cuchillos, caja de ingletes, etc.).</p> <p><b>Moldes</b> - Para la preparación de probetas de suelo amasado. <b>Aparatos para determinar la humedad</b> - según la norma INV E-122.</p> <p><b>Cronómetro</b> - Si el control de la prensa es manual. <b>Calibrador</b> - capaz de medir con precisión de 0.1 mm.</p> <p><b>Balanzas</b> - Con precisión de 0.1% del peso total de la muestra. <b>Horno</b> - Capaz de mantener una temperatura de <math>110 \pm 5^{\circ}\text{C}</math> (<math>230 \pm 9^{\circ}\text{F}</math>).</p>	<p>con un marco de carga activado con un gato de tornillo, un mecanismo de carga hidráulica o cualquier otro elemento de compresión con suficiente capacidad de control para proporcionar la velocidad de carga del ensayo, la carga también puede ser medida con un anillo o celda de carga fijada al marco; para suelos con capacidad menor 100 kPa (1 kgf/cm<sup>2</sup>) el aparato debe medir esfuerzos compresivos de 1 kPa (0.01 kgf/cm<sup>2</sup>); para suelos con capacidad igual o mayor a 100 kPa (1kg/cm<sup>2</sup>) el aparato debe medir los esfuerzos compresivos con precisión de 5 kPa (0.05 kgf/cm<sup>2</sup>).</p> <p><b>Extractor de muestra</b> - Con la capacidad de extraer el núcleo del tubo de muestreo a velocidad uniforme y con mínima alteración, en la misma dirección en la que entro al tubo.</p> <p><b>Indicador de deformaciones</b> - Comparador de caratula graduado de 0.03 mm (0.001") o</p>	<p>aparato de compresión como la capacidad del equipo para medir los esfuerzos compresivos. Se eliminaron otros equipos como el torno y los moldes; además se incluyeron el indicador de deformaciones y el micrómetro con dial comparador como opción diferente al calibrador, entre otros.</p>
--	--	---	--

		<p>mejor, con rango de medición de por lo menos el 20% de la longitud del espécimen; o cualquier otro elemento de medición como un transductor que cumpla con los requerimientos.</p> <p><b>Micrómetro con dial comparador</b> - u otros instrumento adecuado para medir las dimensiones del espécimen dentro de 0.1% de la dimensión medida. No se aconsejan calibradores vernier para especímenes blandos ya que se deforma la muestra. <b>Cronómetro</b> - con precisión de 1 segundo. <b>Balanza</b> - con precisión de 0.1 % de la masa total. <b>Equipo para determinar la humedad</b> - Según la norma INV E-122-13. <b>Equipo misceláneo</b> - incluye herramientas de corte y labrado de la muestra, instrumentos para remoldearlas, formatos, etc.</p>	
--	--	--	--

<p><b>Preparación de la Muestra</b></p>	<p><b>Dimensiones de la probeta</b> - La sección de la probeta debe ser constante, circular o cuadrada, con diámetro o lado no inferior a 30 mm (1,3 in), si el suelo tiene discontinuidades es recomendable que el diámetro sea mayor. La mayor partícula contenida debe ser de como máximo, igual a 1/10 del diámetro o del lado; si al finalizar el ensayo se encuentran partículas mayores a este tamaño deben ser reportadas con los resultados. Las muestras con diámetro igual o mayor a 72 mm (2,8 in) la partícula debe ser menor a 1/6 del diámetro o lado. <b>La relación altura</b> -</p>	<p><b>Tamaño de las muestras</b> - El diámetro mínimo del espécimen es de 30 mm (1.3") y su partícula mayor debe ser 1/10 del diámetro del espécimen. Las muestras con diámetro de 72 mm (2.8") o mayores el tamaño máximo de la partícula es de 1/6 del diámetro del espécimen, si al finalizar el ensayo sobre una muestra inalterada se evidencia la presencia de partículas de tamaño mayor al permitido esto se debe reportar y realizar un ensayo de granulometría según la norma INV E-123-13 el cual se incluye en el informe del ensayo. Se determina la altura y el diámetro tomando tres</p>	<p>La nueva versión de la norma INV E-152 implantada en el 2013, muestra un procedimiento similar al encontrado en la norma 2007 en el cual se explican los procesos de preparación de tres tipos diferentes de muestras: inalteradas, remoldeadas y compactadas. A diferencia de la versión 2007 la nueva norma incluye las regulaciones referentes a la obtención de muestras inalteradas, cambia algunas palabras técnicas y la sintaxis en algunos momento e incluye la toma de medidas en el proceso de preparación de la muestra.</p>
---	---	---	---

	<p>diámetro o lado debe estar entre 2 a 2.5. El término probeta aplica a la muestra ya tallada. Si la altura no cumple con las dimensiones debe ser reportado; la dimensión longitudinal de la probeta debe coincidir con la dirección vertical de la muestra original.</p> <p><b>Probetas inalteradas</b> - Cuando se tratan de probetas de tubo hay que evitar su alteración, cambios en la sección transversal o la pérdida de humedad. Si existe el temor de que el extractor pueda dañar la muestra se puede hendir el tubo longitudinalmente o cortarlo en secciones más pequeñas; cuando</p>	<p>medidas igualmente espaciadas y en el caso de la altura separadas 120°, la relación diámetro-altura debe estar entre 2 y 2.5.</p> <p><b>Muestras inalteradas</b> - Se preparan la muestras inalteradas a partir de los especímenes obtenidos según las normas INV E-104-13 o INV E-105-13, transportadas y preservadas según el grupo C de la norma INV E-103-13. Las muestras de tubo se pueden ensayar sin cortar con la excepción de sus extremos. El manejo de las muestras debe prevenir cualquier alteración, cambio en la sección transversal o pérdida en el contenido de</p>	
--	---	--	--

	<p>son arcillas no duras se recomienda tallar la muestra para eliminar la alteración del tubo. Si se dispone de cámara húmeda el tallado se debe hacer en ella; se puede emplear un torno o tallador, una cierra de alambre para recortar los extremos y una caja de ingleses. Si la muestra tallada no se va a usar de una vez se debe envolver en papel celofán o encerado, o almacenar en un recipiente hermético. Si los extremos de la probeta quedan irregulares se deben igualar con suelo de recortes o en muestras duras deben ser refrentados. Se determina la masa de la probeta sin el material refrentado, adicionalmente se toma una muestra para humedad. <b>Probetas remoldeadas</b> - Cuando se desea ensayar una muestra de arcilla remoldeada, para determinar la sensibilidad por ejemplo, se amasa dentro de una membrana de caucho si se quiere conservar</p>	<p>agua. Si el aparato extractor puede causar alteraciones en la muestra, el tubo se debe dividir a lo largo o en secciones más pequeñas. Siempre que sea posible se deben preparar las muestras tallándolas de muestras intactas mayores en un cuarto de humedad controlada, evitando el cambio de humedad. El espécimen debe tener una forma circular uniforme y extremos perpendiculares al eje longitudinal de la muestra. Al recortar o labrar la muestra se debe remover cualquier guijarro o conchilla que se encuentre y empleando suelo de los recortes se llenan estos vacíos; si los extremos de la muestra presentan irregularidades por estos elementos, se deben emparejar con un espesor mínimo de yeso parís, cemento o material similar. Si el suelo lo permite se puede utilizar un torno para acomodar el diámetro de la muestra como ayuda del</p>	
--	---	--	--

	<p>la humedad hasta destruir la estructura anterior, el espécimen se puede formar en un tubo metálico cilíndrico hueco recubierto en su interior con vaselina de altura mayor al doble del diámetro acompañada de un tubo de madera del mismo diámetro interior del tubo cubierto con un disco de aluminio, la probeta se moldea con el disco metálico retrocediendo el cilindro de madera cada vez que se añade más arcilla evitando introducir aire a la muestra con el fin de no alterar la humedad, una vez el cilindro de arcilla alcance una altura mayor al doble del diámetro se retira empujando con el cilindro de madera en sentido contrario para extraer la muestra. La sensibilidad se define como el cociente entre la resistencia a la compresión simple de la muestra inalterada y la resistencia a la compresión simple de la muestra remoldeada sin pérdida de humedad, como es inevitable que la</p>	<p>labrado. Si se requiere prevenir el desarrollo de fuerzas de capilaridad el espécimen se debe sellar inmediatamente después de preparado con una membrana de caucho, recubrimiento de plástico delgado, recubrimiento de grasa o de plástico pulverizado. Se determinan las dimensiones y la masa sin material de emparejamiento, si se este se usó. Se toma una pequeña porción del espécimen para determinar la humedad del suelo, si no se va a usar toda la muestra para este fin, según la norma INV E-122-13.</p> <p><b>Muestras remoldeadas</b> - Se prepara a partir de una muestra inalterada o una muestra fallada representativa; en el caso de esta última se envuelve la muestra en una membrana de plástico, amasando completamente con los dedos para asegurar el remodelo y evitando que queden burbujas de aire atrapadas; cuidando que tenga densidad uniforme, la misma relación de</p>	
--	--	---	--

	<p>muestra pierda algo de humedad, se puede realizar el procedimiento con las manos algo húmedas, u obtener la resistencia remoldeada a partir de un gráfico que relacione la resistencia y la humedad en dichas muestras.</p> <p><b>Probeta compactada</b> - La muestra se puede compactar en un molde a una humedad y peso específico establecido, después de formada se recortan los extremos, se extrae del molde y se determina la masa y las dimensiones.</p>	<p>vacíos de la muestra inalterada y el mismo contenido natural de agua. Se forma en un molde circular con las dimensiones descritas, se retira y determinan la masa y las dimensiones del espécimen.</p> <p><b>Muestras compactadas</b> - Se preparan las muestras con la humedad y la densidad indicada por quien solicite el ensayo; resulta difícil de compactar, manejar y obtener resultados validos en muestras con saturación mayor al 90%. Una vez preparada la muestra se recortan los extremos, se retira del molde donde se compacto y se determinan la masa y el peso.</p>	
--	---	---	--

<p><b>Procedimiento</b></p>	<p>Se toman tres medidas de altura separadas 120° entre ellas y tres diámetros a las alturas imaginarias intermedias resultantes de dividir la probeta en cuartos, con precisión de 0,1 mm; en probetas de tamaño mayor se puede adaptar la precisión de manera proporcional a la muestra. Se determina la masa de la muestra, se centra en la prensa y se acciona el dispositivo de avance hasta que la probeta toque la placa superior y se pone en cero la deformación, el ensayo se puede hacer controlando la deformación o la carga. Si se controla la Deformación se</p>	<p>Una vez medido y pesado, el espécimen se coloca centrado sobre la platina inferior, se ajusta el instrumento de carga de tal forma que la platina superior apenas toque el espécimen y se lleva el indicador de deformación a ceros. Se aplica la carga para producir la deformación axial a una velocidad de 1/2 a 2.5 % por minuto. Se registran la carga, deformación y tiempo a intervalos suficientes para definir la curva esfuerzo-deformación (normalmente 10 a 15 puntos). La velocidad debe ser tal que la falla no exceda de 15 minutos. Los materiales blandos se</p>	<p>Se podría decir, que la nueva norma elimina la posibilidad de desarrollar el ensayo controlando la deformación ya que se plantea solo un procedimiento muy similar al encontrado en la norma 2007 para realizar el ensayo controlando la carga, aunque difieren en la duración del ensayo y en los tiempos de toma de lecturas, el nuevo procedimiento al igual que el 2007 radican en la aplicación de la carga para producir una deformación axial; igualmente en la reciente versión se aumenta el rango de velocidad de deformación unitaria de la probeta</p>
-----------------------------	---	--	---

	<p>acciona la prensa con una velocidad de deformación unitaria entre 1/2 y 2% por minuto. Se toman medidas de las deformaciones y las cargas cada 30 segundos hasta que la carga comience a disminuir o hasta que la deformación axial llegue a 15%, lo que suceda primero, la velocidad se escoge para que la rotura ocurra entre 1 y 10 minutos. Los materiales muy blandos que exhiben deformaciones mayores a la falla, deben ensayarse a una rata mayor e inversamente para materiales duros, si la probeta es de un solo muy duro con baja deformación a la rotura es posible despreciar el aumento de sección durante la carga ya que la curva esfuerzo deformación no queda representada en dicho gráfico, para estos casos y si interesa medir la deformación es conveniente usar extensómetros u otro procedimiento que elimine la deformación</p>	<p>deben ensayar a mayor velocidad y los materiales rígidos o frágiles a una velocidad menor. Se incrementa la carga hasta que esta decrezca al aumentar la deformación, o se alcance el 15% de la última. La velocidad de deformación se incluye en el ensayo. Al finalizar el ensayo se determina el contenido de agua utilizando todo el espécimen a menos que se hayan obtenido muestras de los recortes para este fin, se reporta en el informe si la humedad se tomó antes o después del ensayo. Se realiza un esquema o se fotografía la muestra fallada mostrando el ángulo de inclinación de la rotura si este es medible. Se incluye un formato guía para la toma de datos, se pueden usar otros formatos siempre y cuando contengan los datos requeridos.</p>	<p>incrementando la velocidad de la deformación axial en 0.5% por minuto y de la misma manera el tiempo máximo de falla paso de ser 10 minutos a 15 minutos.</p>
--	--	--	--

	<p>en la base. Cuando se emplean esfuerzos controlados, se aplica la carga para producir deformación axial a una tasa de 0.5% a 2% por minuto y se registran los esfuerzos y las deformaciones cada 30 segundos. La tasa de deformación se regula para que la probeta si refrentar no falle después de 10 minutos, la carga continua hasta que decrezcan los valores de la misma con el aumento de sección por la rotura. Se hace un esquema de la forma de la rotura, ya que la rotura se produce en un plano inclinado, si es posible se mide este ángulo de inclinación. Se toma la porción donde se produjo la falla para determinar la humedad, la humedad de toda la probeta se determina anotando las masa y haciendo los cálculos indicados.</p>		
<b>Cálculos</b>	Se calcula la	Se calcula deformación	Para la nueva versión

	<p>deformación unitaria axial <math>\epsilon</math> dividiendo el cambio de longitud de la muestra <math>\Delta L</math>, el cual es igual al cambio entre la lectura inicial y final del indicador de deformación, entre la longitud inicial de la muestra <math>L_0</math>. La sección transversal promedio de la muestra <math>A</math>, es dada por la división del área inicial promedio de la muestra <math>A_0</math> entre uno, menos la deformación unitaria axial para la carga dada <math>\epsilon</math>, donde el área inicial promedio de la probeta <math>A_0</math> se obtiene sumando el área en la parte superior de la probeta <math>A_t</math>, más dos veces el área en la parte media de la probeta <math>A_m</math> y más el área de la parte inferior de la probeta <math>A_b</math>, dividido finalmente todo esto entre cuatro. Resulta útil preparar un gráfico que dé para cada deformación el área corregida como el mostrado en la figura 2 de la norma INV E-152-07. Se calcula el esfuerzo <math>\sigma</math> dividiendo la carga aplicada <math>P</math> entre el área de la sección promedio <math>A</math> y se realiza un gráfico</p>	<p>axial <math>\epsilon_1</math> al 0.1% más cercano para cada carga dividiendo el cambio de longitud del espécimen <math>\Delta L</math>, obtenido a partir de las lecturas del indicador de deformaciones o calculado por un dispositivo electrónico en mm (pg), por la longitud inicial del espécimen de ensayo <math>L_0</math> en mm (pg) y multiplicándolo por cien. Se calcula el área de la sección transversal media <math>A</math> para una carga aplicada dada dividiendo el área media inicial de la sección transversal de la muestra <math>A_0</math> en mm<sup>2</sup>, entre uno, menos la deformación axial para una carga dada <math>\epsilon_1</math>, dividida esta última entre 100. Se calcula el esfuerzo compresivo <math>\sigma</math> con tres cifras significativas o con una precisión de 1 kPa (0.01 kgf/cm<sup>2</sup>), dividiendo la carga aplicada <math>P</math>, en kN (lbf), entre el área media correspondiente de la sección transversal <math>A</math> en mm<sup>2</sup> (pg<sup>2</sup>). Si se desea se puede dibujar el grafico que relacione los esfuerzos de</p>	<p>del ensayo analizado de la norma INVIAS se cambió la nomenclatura de algunas de las variables como la deformación axial y la carga aplicada, se redujo así mismo el valor correspondiente de la gráfica para la resistencia a la compresión inconfiada en los casos de no seleccionarse el esfuerzo de compresión máximo, de 20% a 15%, y se eliminó el proceso de cálculo del área media inicial de la sección transversal de la muestra.</p>
--	--	--	---

	<p>que relaciones el esfuerzo con la deformación unitaria, del cual se toma el valor mayor de la carga unitaria o el que corresponda al 20% de la deformación, el que ocurra primero, como resistencia a la compresión inconfinada, si es necesario se incluye el grafico correspondiente en el informe. La resistencia a la compresión inconfinada permite determinar según el numeral 5.6 de la norma INV E-152-07, la consistencia del suelo entre muy blanda, blanda, mediana, firme, muy firme y dura. Se calcula la masa unitaria con ayuda de la más y la humedad de la probeta.</p>	<p>compresión y la deformación axial, del cual se selecciona el valor del esfuerzo de compresión máximo, o el esfuerzo de compresión al 15% de deformación axial, lo que se alcance primero, como la resistencia a la compresión inconfinada, <b>qu</b>; si es necesario se incluye la tabla de datos esfuerzo-deformación en el informe. La sensibilidad <b>ST</b>, cuando se determinan las resistencias a la compresión de un suelo inalterado y remoldeado se obtiene está dividiendo la resistencia a la compresión inconfinada de la muestra inalterada <b>qu (muestra inalterada)</b> sobre la misma de la muestra remoldeada <b>qu (muestra remoldeada)</b>.</p>	
<b>Informe</b>	El informe debe incluir: Resistencia a la	El informe debe incluir: Identificación y	Se incluye en la versión 2013 la resistencia a la

	<p>compresión inconfiada; Tipo y tamaño del espécimen: Inalterado, Compactado, Remoldeado, Cilíndrico o Prismático; Relación altura-diámetro; Descripción visual: nombre del suelo, símbolo, entre otros; Masa unitaria inicial, humedad y grado de saturación, si se saturo en el laboratorio; Deformación promedio a la falla en porcentaje; Rata promedio de la deformación de la falla en porcentaje; Observaciones- cualquier condición no usual u otros datos que sean necesarios para interpretar los resultados.</p>	<p>descripción visual del espécimen según la norma INV E-102-13, incluyendo la clasificación del suelo, el símbolo, si el espécimen es inalterado, remoldeado, compactado, etc. También, información que permita identificar el espécimen, (proyecto, localización, número de sondeo, número de la muestra, profundidad, etc.); Densidad seca inicial y contenido de agua (Se especifica si la muestra para humedad se obtuvo antes o después del ensayo, y si fue obtenida a partir de recortes o de la muestra completa); Grado de saturación si fue calculado, con la gravedad determinada según la norma INV E-128-13; Resistencia a la compresión inconfiada y resistencia al corte; Altura y diámetro promedios de la muestra; Relación altura/diámetro; Velocidad promedio de deformación hasta la falla; Deformación en el instante de la falla;</p>	<p>compresión inconfiada y de corte, la geometría de la muestra, límites, esquema, gráficos, sensibilidad y granulometría, algunos de ellos en caso que se hayan determinado durante el ensayo.</p>
--	--	--	---

		<p>Limite líquido y limite plástico, si fueron determinados, de acuerdo con las normas INV E-125-13 e INV E-126-13; Esquema o fotografía de las condiciones de falla; Gráfico esfuerzo-deformación, si fue preparado; Sensibilidad, si fue determinada; Análisis granulométrico según la norma INV E-123-13, si fue ejecutado; Observaciones - Se debe anotar cualquier condición inusual u otros datos que pudieran ser considerados necesarios para interpretar adecuadamente los resultados obtenidos como planos de deslizamiento, estratificación, presencia de conchas, guijarros, raíces, o fragilidad, el tipo de rotura.</p>	
--	--	---	--

<p><b>Precisión y Tolerancias / Precisión y Sesgo</b></p>	<p>No existe método para determinar la precisión de un grupo de ensayos debido a la variabilidad de las probetas, así como tampoco lo hay para determinar las discrepancias entre varios laboratorios.</p>	<p><b>Precisión</b> - La tabla 152-1 de la norma INV E-152-13 muestra las estimaciones de precisión hechas según el método de ensayo para una muestra de poliuretano rígida, esta precisión varían según el material por lo cual se requiere buen juicio al aplicarla sobre los suelos. <b>Sesgo</b> - No es posible determinar valores de sesgo para el ensayo.</p>	<p>La versión 2007 de esta norma no contenía valores adecuados para la precisión y sesgo, pero la norma 2013 incluye unos valores de precisión obtenidos al ensayar una espuma de poliuretano rígida, los cuales pueden ser utilizados con buen juicio en los resultados de ensayos de suelos, así mismo el sesgo no presenta valores de referencia. En cuanto al título del capítulo, este cambia.</p>
<p><b>Normas de Referencia</b></p>	<p>NLT 202, AASHTO T 208-05, ASTM D 2166-00</p>	<p>ASTM D 2166-06</p>	<p>Se evidencia una reducción de la bibliografía.</p>
<p><b>Anexo A</b></p>		<p>Formato para prueba de compresión inconfiada</p>	<p>Se incluye en la norma INV E -152-13 un formato para la prueba de compresión inconfiada, este documento también se incluía en la norma 2007 pero recibía el nombre de Figura 4.</p>

**Anexo 10 Comparativo INVIAS 154 (Corte Directo CD)**

	<b>I.N.V.E -154-07</b>	<b>INV E-154-13</b>	<b>Comentario</b>
<b>Nombre</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE METODO DE CORTE DIRECTO CD (CONSOLIDADO DRENADO)</b>	<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)</b>	Se presenta un cambio el cambio del nombre de la norma
<b>Objeto</b>	La norma busca establecer el método de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra consolidada drenada con el método de corte directo. El ensayo se puede hacer sobre cualquier suelo ya sea inalterado o remoldeado; el método permite realizar un corte sencillo o doble. Los resultados se pueden aplicar en campo cuando ha ocurrido consolidación completa bajo la sobrecarga existente y se produce lentamente la falla, así que el exceso de presión de poros se disipa; igualmente el ensayo es útil para la determinación de la resistencia al corte y la resistencia residual a lo largo de planos	La Norma indica el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de un suelo consolidado drenado por el método de corte directo, el cual se desarrolla deformando la muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de corte determinado por la configuración del equipo de ensayo. El ensayo no permite la determinación de las relaciones esfuerzo-deformación o valores asociados como el módulo de corte. Se dejan a criterio del cliente la determinación de las envolventes de resistencia y el desarrollo de pautas para interpretar y evaluar los resultados del ensayo; estos resultados se ven afectados por la presencias de partículas gruesas y/o fragmentos de roca. Las condiciones de ensayo que incluyen los esfuerzos normales y	Se elimina la anotación que indica la posibilidad de realizar cortes sencillos o dobles, al igual que la misma que indica el uso del ensayo sobre cualquier suelo y la relacionada con la cláusula de responsabilidad. Se incluyen algunos párrafos que indican la aparición de nuevos parámetros como la inclusión del cliente en los lineamientos del ensayo, la velocidad del ensayo la cual debe garantizar un drenaje equivalente presión intersticial nula y la determinación de las envolvente de Mohr, entre otros.

	<p>conocidos como de baja resistencia, el resultado se ve afectado por la presencia de partículas de roca en la superficie de falla. Este ensayo no es apropiado para determinar relaciones exactas de esfuerzo-deformación. El desplazamiento lento elimina las presiones de poros y permite el flujo plástico de suelos cohesivos blandos. Se debe cuidar que las condiciones de ensayo sean representativas de las condiciones investigadas. Las unidades a usar son las del sistema internacional SI; la norma no considera problemas asociados a su uso, es responsabilidad de quien la utilice el emplear practicas apropiadas de seguridad y salubridad a además de las regulaciones pertinentes.</p>	<p>la humedad se escogen de forma que representen las condiciones de campo investigadas. La velocidad debe ser lenta para garantizar condición de drenaje equivalente a presión intersticial nula. Se suelen ensayar tres o más especímenes a cargas diferentes para determinar su efecto en la resistencia al corte y al desplazamiento. Estos resultados se combinan para determinar propiedades de resistencia del suelo como las envolventes de resistencia de Mohr. En ocasiones se debe incrementar el espacio entre las mitades de la caja para acomodar partículas de arena de mayor tamaño, pero hasta la fecha no hay información para determinar el espaciamiento en función de la distribución de los tamaños. Esta norma reemplaza la INV E-154-07.</p>	
--	--	--	--

<p><b>Definiciones</b></p>	<p><b>Falla</b> - es el esfuerzo en el instante de la falla, normalmente corresponde al máximo esfuerzo de corte alcanzado o si no hay pico corresponde al esfuerzo de corte cuando ha tenido lugar el 10% de desplazamiento lateral relativo. Dependiendo del comportamiento del suelo y de la aplicación en campo, se pueden definir otros criterios por parte de quien solicita el ensayo. <b>Esfuerzo normal nominal</b> - Para el ensayo de corte es la fuerza normal o vertical aplicada, dividida en el área de la caja de corte; dado que durante el proceso el área del espécimen en contacto con la caja de corte decrece, el esfuerzo normal real es desconocido. <b>Esfuerzo cortante nominal</b> - Para el ensayo de corte es la fuerza de corte aplicada, dividida en el área de la caja de corte; dado que durante el proceso el área del espécimen en contacto con la caja de corte decrece, el esfuerzo normal real es desconocido. <b>Desplazamiento lateral relativo</b> - Es el</p>	<p>Aparece con la resolución 2013 un nuevo capítulo llamado definiciones en el cual se incluyen las descripciones de algunas palabras técnicas propias del ensayo.</p>
----------------------------	---	--

		desplazamiento de la mitad superior de la caja de corte con respecto la mitad inferior de la misma. <b>Porcentaje de desplazamiento lateral relativo</b> - Relación en porcentaje entre el desplazamiento horizontal y el diámetro o la dimensión lateral del espécimen en la dirección del corte. <b>Precorte</b> - Es la etapa del ensayo después de que el espécimen se estabilizo bajo la carga de consolidación, antes de comenzar el corte.	
<b>Resumen del Método</b>	El ensayo consiste en la colocación de la muestra en el equipo de corte, la aplicación de una carga normal, disponer los medios de drenaje y humedecimiento, consolidación de la muestra bajo la carga normal aplicada, la liberación de los marcos que sostienen la muestra y la aplicación de la fuerza de corte para fallar el espécimen. Generalmente se realizan tres o más ensayos a diferentes fuerzas normales para determinar las resistencias al corte y las deformaciones,	El ensayo consiste en colocar el espécimen dentro del equipo de corte directo, aplicar el esfuerzo normal, humedecer y/o drenar el espécimen, consolidarlo bajo el esfuerzo normal, desbloquear las mitades de la caja de corte, y desplazar a velocidad constante y lenta para permitir la disipación de presión de poros, mientras se toman lecturas de la fuerza de corte y los desplazamientos normales y horizontales.	Se observa al examinar los procesos planteados por ambas normas que estos no difieren en el principio ni los procedimientos de ensayo, las variaciones encontradas vienen de las diferencias en la sintaxis y redacción.

	estas cargas deben ser las apropiadas y en concordancia con las condiciones de suelo investigado.		
<b>Importancia y Uso</b>		<p>El ensayo de corte directo es apropiado para determinar rápidamente las propiedades de resistencia de materiales consolidados y drenados; ya que las trayectorias de drenaje de la muestra son cortas la presión de poros se disipa rápidamente. Se puede realizar el ensayo sobre cualquier tipo de suelo, pero se limita por el tamaño máximo de partícula. Los resultados son aplicables para estimar la resistencia al corte en una situación donde ha ocurrido consolidación completa bajo los esfuerzos normales actuantes. Durante el ensayo hay rotación de los esfuerzos principales, lo que puede o no corresponder a las condiciones de campo;</p>	<p>Se incluye un nuevo aparte relacionado con la importancia y uso de los resultados del procedimiento y del método de ensayo propiamente dicho.</p>

		<p>aún más, la falla no ocurre necesariamente en el plano más débil ya que en el proceso esta es forzada a ocurrir en el plano horizontal medio del espécimen, esta localización puede ser ventajosa para determinar la resistencia en planos reconocidos como débiles y para analizar interfaces entre distintos materiales. Dado que los esfuerzos de corte y desplazamientos no se distribuyen uniformemente dentro de la muestra, no se puede establecer una altura apropiada para calcular las deformaciones de corte cualquier otra cantidad asociada de interés para los estudios geotécnicos. Al realizarse el ensayo a baja velocidad se eliminan las presiones de poros pero se permite el flujo plástico en suelos cohesivos blandos. El esfuerzo normal, la velocidad de corte y las condiciones del ensayo deben representar las condiciones de suelo que se está investigando. Al deformarse la superficie de corte durante el ensayo se genera incertidumbre en relación</p>	
--	--	---	--

		con los valores de los esfuerzos normales y cortantes, pero esto no debería afectar la relación de estos esfuerzos.	
--	--	---	--

<p><b>Equipo</b></p>	<p><b>Aparato o Dispositivo de corte directo</b> - El dispositivo debe sostener de manera segura la probeta entre dos piedras porosas sin presentar torsión; y debe tener los dispositivos necesarios para aplicar una fuerza normal, para determinar los cambios de espesor, para permitir el drenaje del agua a través de las piedras porosas y para sumergir las muestras en agua. El equipo debe ser capaz de aplicar y medir una fuerza de corte para fallar la muestra en un plano(os) determinado y así mismo determinar los</p>	<p><b>Aparato de corte directo</b> - instrumento diseñado y construido para sostener de manera segura la muestra entre dos piedras porosas sin aplicarle momento de torsión, este equipo debe estar en condición de aplicar un esfuerzo normal a las caras del espécimen, medir el cambio de espesor del mismo, permitir el drenaje de agua por las piedras porosas, sumergir la muestra en agua y aplicar una fuerza de corte a lo largo de un plano predeterminado; los marcos que contienen el espécimen deben tener suficiente rigidez para evitar su distorsión en el ensayo. El equipo debe estar construido de un material que evite la</p>	<p>Las características principales del equipo de corte y de los diferentes elementos necesarios permanecen en esencia igual para ambas versiones, en donde solo se encuentran diferencias a lo relacionado con el tipo de equipo a usar para la versión 2013 ya que en la versión 2007 se hablaba explícitamente de un equipo que permitiera el corte doble.</p>
----------------------	---	--	--

	<p>desplazamientos laterales. Los marcos deben ser lo suficientemente rígidos para no deformarse durante el corte además las partes del dispositivo tienen que ser resistentes a la corrosión. <b>Caja de corte</b> - Puede ser redonda o cuadrada de acero inoxidable, bronce o aluminio con los aditamentos necesarios para el drenaje por arriba y por abajo; dividida en dos mitades de igual espesor por un plano horizontal, provista de tornillos de alineación o bloqueo y tornillos que controlen el espaciamiento entre las mitades. <b>Piedras</b></p>	<p>corrosión como el acero inoxidable, el bronce, el aluminio, entre otros; así mismo no se permite la combinación de metales que den lugar a efectos galvánicos. <b>Caja de corte</b> - Puede ser circular o cuadrada, de acero inoxidable, bronce o aluminio, con dispositivos de drenaje a través de su parte superior e inferior, debe estar dividida en dos mitades de igual espesor ajustadas por tornillos de alineación y provistas de tornillos de separación que controlen el espacio entre las mitades; el diámetro o lado mínimo de los especímenes debe ser de 50 mm (2") y no menor de 10 veces el tamaño máximo de partícula, el que sea mayor de los dos.</p>	
--	---	---	--

	<p><b>porosas</b> - Deben ser de carburo de silicio, oxido de aluminio o de un metal no corrosivo con permeabilidad mayor que al del suelo pero debe prevenir la intrusión de partículas en los poros. El diámetro de la piedra porosa superior debe ser de 0.2 a 0.5 mm menor que el diámetro interno del anillo, Esta debe transferir el esfuerzo de corte a la muestra, la piedra se puede preparar con lavado con arena a presión o labrado con herramienta, la superficie de inserción no debe ser demasiado irregular porque se concentran</p>	<p>El espesor mínimo debe ser de 13 mm (0,5") pero no menor que 6 veces el tamaño máximo de la partícula. La relación diámetro (Lado)/espesor debe ser 2:1. <b>Piedras porosas</b> - Deben permitir el drenaje de la muestra por la cara superior e inferior, su función es transferir los esfuerzos a las caras de la muestra y deben estar fabricadas con carburo de silicio, oxido de aluminio o un metal no sujeto a corrosión. La permeabilidad de las piedras debe ser mayor que la del suelo pero su textura debe prevenir la intrusión excesiva del suelo; el diámetro o lado de la piedra porosa o platina superior debe ser menor que la medida del</p>	
--	--	---	--

	<p>los esfuerzos en la muestra, se requiere la limpieza de la piedra porosa frecuentemente hirviéndola o por ultrasonido.</p> <p><i>Dispositivos de carga:</i>  <b>Dispositivo para la aplicación de la fuerza normal</b> - Debe aplicar la carga rápidamente sin excederla y mantenerla con una variación máxima de <math>\pm 1\%</math>. <b>Dispositivo para la aplicación de la fuerza de corte</b> - La capacidad depende del tipo de control ya sea de deformaciones o de</p>	<p>interior de la caja de corte entre 0.2 y 0.5 mm (0.01 y 0.02"). La piedra debe ser lo suficientemente rugosa para desarrollar adherencia por fricción lo cual se logra mediante un chorro de arena o el maquinado de la muestra, pero la superficie no debe ser tan irregular como para causar grandes concentraciones de esfuerzos, las piedras se deben limpiar frecuentemente por lavado, ebullición o agitación ultrasónica.</p> <p><i>Mecanismos de carga:</i>  <b>Mecanismo para aplicar y medir la fuerza normal</b></p>	
--	--	--	--

	<p>desplazamientos, se prefiere el primero. El equipo con control de deformaciones debe tener la capacidad de cortar la muestra a una velocidad de desplazamiento uniforme que permita la rata de desplazamiento entre 0.0025 a 1.0 mm/min con una variación de <math>\pm 5\%</math>, la velocidad de aplicación de la carga depende de la consolidación del suelo, la fuerza de corte se determina por medio de un indicador de carga, anillo calibrado o celda de carga. El peso de marco de</p>	<p>- La fuerza normal se puede aplicar por un marco de carga activado por pesas o mediante un mecanismo de carga neumático, la fuerza debe ser mantenida dentro de una variación de <math>\pm 1\%</math> de la fuerza aplicada, la aplicación de esta carga debe ser rápida y sin exceder significativamente el valor establecido, las pesas deben ser verificadas con regularidad y los sistemas de aplicación ajustables (regulador mecánico y tornillo impulsado) deben indicar la fuerza aplicada.</p> <p><b>Mecanismo para cizallar la muestra</b> - se cizalla la</p>	
--	--	---	--

	<p>corte superior, debe ser menor al 1% de la fuerza normal aplicada si se apoya en el momento de corte sobre la muestra, lo que puede requerir que se tenga en cuenta como parte de la fuerza normal o modificar el marco de carga.</p> <p><b>Dispositivos para medir fuerzas de corte</b> - Debe poseer un medidor de esfuerzo de corte como un anillo o celda de carga con precisión de 2.5 N (0.5 lbf) o mínimo el 1% de la carga lateral de falla, el que sea más grande.</p> <p><b>Recipiente de caja de corte</b> - Caja metálica que reaccione con la caja de corte que esta frenada o produzca una base solida para la mitad de la caja libre de movimiento cuando se aplica la fuerza de corte.</p> <p><b>Cuarto húmedo</b> - Cuarto que garantice que la perdida de humedad no exceda el 0.5% en su almacenamiento y preparación.</p> <p><b>Anillos para el tallado de la</b></p>	<p>muestra a una velocidad uniforme, con desviación de <math>\pm 5\%</math>; la velocidad se debe poder ajustar desde 0.0025 a 1.0 mm/min, esta velocidad depende de la consolidación del suelo.</p> <p><b>Marco superior de la caja de corte</b> - La caja superior del aparato de corte debe ser menos del 1% de la fuerza normal aplicada, lo cual puede requerir que la caja de corte sea soportada por una fuerza contraria a la gravitacional.</p> <p><b>Instrumento de medición de la fuerza normal</b> - Cuando no se use nada diferente a las pesas se requiere un anillo de carga, una celda de carga o una sensor de presión calibrado, con precisión de 2.5 N (0.5 lbf) o 1% de la fuerza de corte en condiciones de falla.</p> <p><b>Instrumento de medición de la fuerza de corte</b> - Anillo o celda con precisión de 2.5 N (0.5 lbf) o 1% de la fuerza de corte en condiciones de falla.</p> <p><b>Indicadores de deformación</b> - Dial o transductor capaz de medir el cambio con precisión de 0.002 mm (0.0001") y el desplazamiento lateral relativo con precisión no</p>	
--	--	--	--

	<p><b>muestra</b> - Deben ser acordes al diámetro interno de la caja de corte, se puede necesitar un soporte exterior para mantener el alineamiento axial.</p> <p><b>Balanza</b> - Con sensibilidad de 0.1 g o 0.1% de la masa de la probeta.</p> <p><b>Medidores de desplazamiento</b> - Para medir los cambios de espesor con sensibilidad de 0.002 mm (0.0001") y desplazamiento con sensibilidad de 0.02 mm (0.001").</p> <p><b>Horno de secado</b> - Capaz de mantener temperaturas de 110 ± 5°C (230 ± 9°F).</p> <p><b>Recipientes varios</b> - Para determinación de humedad, no susceptibles a corrosión, cambio de masa o desintegración.</p> <p><b>Equipo para remoldeo o compactación de probetas</b> - El adecuado para cada tipo de suelo y acorde al objetivo del ensayo.</p> <p><b>Equipo misceláneo</b> - Cronometro, sierra de alambre, espátula, cuchillos,</p>	<p>menor de 0.02 mm (0.001").</p> <p><b>Cubeta de la caja de corte</b> - Caja que soporta la caja de corte, restringe la mitad inferior de la caja de corte o permite la alineación de esta y sirve también como recipiente de agua para sumergir el espécimen.</p> <p><b>Cuarto de humedad controlada</b>- Si se requiere para preparar las muestras.</p> <p><b>Agua para el ensayo</b> - Para saturar las piedras porosas y llenar el recipiente de inmersión; preferiblemente agua similar a la de los poros de la muestra, potable, desmineralizada o salina, y según especificaciones del cliente o en su defecto agua del grifo.</p> <p><b>Anillo para desbastar o cortar las muestras</b> - Se usa para dar las dimensiones adecuadas a la muestra con el mínimo de alteración, se puede necesitar una plantilla posicionadora exterior.</p> <p><b>Balanzas</b> - Sensibilidad de 0.1% o mejor.</p> <p><b>Equipo para la determinación del contenido de agua</b> - Según INV E-122-13.</p> <p><b>Equipo para compactar las muestras</b> - Según INV E-141-13 o INV E-142-13, si se requiere.</p> <p><b>Equipo</b></p>	
--	---	--	--

	enrasadores, agua destilada y demás elementos necesarios.	<b>misceláneo</b> - Cronometro con segundero, espátulas, cuchillos, regla, sierra de alambre, etc.	
--	---	--	--

<p><b>Preparación de los especímenes / Preparación de la muestra</b></p>	<p>La muestra inalterada debe tener un tamaño lo suficientemente grande para proveer mínimo tres probetas tomadas según los procedimientos del método C y D de la norma INV E-103-07. La muestra se prepara procurando que la pérdida de humedad sea insignificante y que el tallado sea con las dimensiones de la caja de corte y con extremo cuidado en muestras de suelo sensible para no alterar su estructura, se determina la masa inicial. Si se van a usar muestras compactadas, este proceso se hace a la</p>	<p><b>Muestras inalteradas</b> - Se preparan los especímenes a partir de muestras grandes inalteradas, desde muestras obtenidas según el método de la norma INV E-105-13 u otros procedimientos de muestreo inalterado con tubos. Las muestras inalteradas se transportan y preservan según lo establecido para los grupos C o D de la norma INV E-103-13, manejándose con cuidado para minimizar la alteración, los cambios en la sección transversal o pérdida de humedad. Si la muestra se comprime o hay alteración notoria por el extractor, el tubo muestreador se debe partir longitudinalmente o en secciones más</p>	<p>Este capítulo de la norma en su más reciente versión recibe un cambio de nombre, así como también un cambio en su contenido donde se establecen los diferentes procedimientos para la preparación de los especímenes diferenciando claramente los procesos a seguir para cada forma de preparación de la muestra, tales procesos no se evidenciaban en la versión 2007 como específicos para cada situación, ya que estos se mencionaban superficialmente y no como un procedimiento</p>
--	--	---	---

	<p>humedad y densidad deseada en el dispositivo de corte, en un molde del mismo tamaño que el dispositivo de corte o en un molde mayor para ser recortada. El diámetro o ancho mínimo del espécimen debe ser de 50 mm (2") pero no menor a 10 veces el tamaño máximo de las partículas de suelo y el espesor mínimo de la muestra de ensayo debe ser de 13 mm (1/2") pero no menor de seis veces el tamaño máximo de las partículas; con una relación mínima diámetro/espesor o ancho/espesor de 2:1.</p>	<p>pequeñas que faciliten la remoción con alteraciones mínimas, si es posible la muestra se debe realizar en un ambiente que minimice los cambios de humedad. Se deben obtener por lo menos tres muestras del mismo espécimen para ensayarlas de la misma manera, se debe prevenir la alteración de los suelos sensitivos. Se determina la masa de las dos mitades de la caja de corte y se labran los lados del espécimen para que ajuste sin holgura, se labran la superficie e inferior de la muestra una vez ajustada en la caja de corte. Se determina y anota la masa inicial del espécimen para el cálculo de la humedad y la densidad; si se</p>	<p>establecido según el tipo de muestra a utilizar.</p>
--	---	--	---

		<p>encuentran partículas grandes se debe hacer granulometría según la norma INV E-123-13 para confirmar. <b>Especímenes fabricados en laboratorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pueden ser reconstruidos (Especímenes reconstruidos) o compactados (Especímenes compactados). El material debe ser suficiente para realizar el programa completo de ensayo, se mezcla para garantizar su uniformidad y se divide en porciones apropiadas para cada humedad si se requiere. Una vez mezclado con la humedad deseada se estabiliza la muestra antes de la preparación del espécimen según los tiempos de la tabla del número 6.2 de la INV E-154-13. <b>Especímenes reconstruidos</b></li> <li>- Se preparan utilizando el método de compactación, el contenido de agua y la densidad prescrita por el cliente, se moldean ya sea por amasado o impacto por cada capa hasta que el suelo en la caja quede compactado/reconstruido a un volumen conocido, o ajustando el número de</li> </ul>	
--	--	---	--

		<p>capas, golpes y la energía por golpe. Se escarifica la parte superior de la capa antes de adicionar la siguiente, se ubican estas capas evitando que el límite entre ellas coincida con el plano de corte, a menos de que sea el objetivo del ensayo, el compactador utilizado debe tener una área igual o menor al 50% del área del molde. Se aseguran las dos mitades de la caja de corte y se ensambla en el soporte, se introduce la piedra porosa húmeda y se determina la masa necesaria para formar una capa, se distribuye uniformemente y se compacta hasta las condiciones deseadas; se continua el proceso hasta completar el espécimen. Se determinar y anotan la altura y la masa del espécimen, finalmente se coloca la otra piedra porosa húmeda.</p> <p><b>Especímenes compactados</b> - Se pueden preparar según los lineamientos de las normas INV E-141-13 e INV E-142-13, se cortan y se colocan en la caja de corte como si se trataran de especímenes inalterados evitando que los planos de</p>	
--	--	---	--

		compactación se alineen con los de cizalladura.	
<b>Calibración</b>	Se ensambla el dispositivo de corte reemplazando la muestra por un disco metálico de calibración de espesor igual al de la muestra de ensayo pero de diámetro 5 mm (1/4") menor, en cortes dobles se requieren dos discos de compactación. Se ubica el indicador de desplazamiento normal y se ajusta para tomar lecturas de consolidación y expansión; se registra	Con la calibración se determina la deformación del aparato al someterse a consolidación, de tal forma que la deflexión del aparato se pueda sustraer de la deformación de cada carga de consolidación. La calibración se realiza cuando se pone en servicio por primera vez o cuando se cambian partes del aparato. Los siguientes pasos describen el proceso; este método puede ser cambiado por uno que tenga exactitud	Con la reciente actualización a la norma INVIAS en el 2013, el procedimiento de calibración se ve mejorado ya que se incluye el dibujo de la gráfica y el valor en porcentaje máximo de deformación permitido para aplicar las correcciones diagnosticadas con el procedimiento, así mismo se elimina la nota que aclaraba el tipo de disco a usar en dispositivos de corte

	<p>la lectura del indicador de deformación como referencia del espesor de la muestra ensayo y la deformación del conjunto, adicionalmente se registra la lectura de la deformación normal en la descarga como referencia para determinar espesor de la muestra y la deformación desarrollada por el conjunto, finalmente se retira el disco de calibración. Se puede usar otro método de calibración exacta del aparato.</p>	<p>comprobada. Se introduce un disco o placa metálica de calibración de espesor igual al espécimen de ensayo y diámetro o ancho ligeramente menor al de la caja de corte. Se ensambla el dispositivo de carga y se aplica una presión de 5 kPa (1 lbf/pg<sup>2</sup>); se posiciona el indicador de carga normal (vertical) y se ajusta para medir la consolidación y la expansión, se registra la lectura cero o "sin carga". Se aplican incrementos de fuerza normal hasta alcanzar la capacidad del equipo y se toman las lecturas de desplazamiento normal y fuerza normal. En secuencia inversa se liberan las cargas verticales y se toman lecturas de desplazamiento normal y fuerza normal. Se promedian los valores y se dibuja un gráfico que relaciona las deformaciones con los valores de fuerza normal, estos se almacenan como futura referencia. Si esta corrección por deformación es mayor al 0.1% de la altura inicial del espécimen para cualquier nivel de la carga</p>	<p>doble.</p>
--	--	--	---------------

		durante el ensayo, se aplica la corrección para todas las medidas del ensayo.	
--	--	---	--

<p><b>Procedimiento de ensayo / Procedimiento</b></p>	<p>Se ensambla y bloquea la caja de corte y se aplica grasa entre los marcos para impermeabilizar, también se pueden usar espaciadores o superficies recubiertas con teflón para reducir la fricción durante el corte; cuidadosamente se introduce la muestra, se conectan los dispositivos de carga y ajustan los medidores de desplazamiento y se determina el espesor de la probeta. El humedecer las piedras porosas antes de la colocación y aplicación de la fuerza normal depende del problema de estudio; se deben humedecer las piedras porosas</p>	<p>Se ensambla la caja de corte y la cubeta en el marco de carga, si la muestra es inalterada se colocan las piedras porosas húmedas en las caras expuestas del espécimen en la caja de corte (el saturar o no las piedras depende del problema de estudio), se introducen en la cubeta y se alinean con el marco de carga; cuando el espécimen es reconstruido se coloca y alinea la cubeta, la caja de corte con la muestra y las piedras porosas con el marco de carga. Se ubica el sistema de carga de corte sin que transmita fuerza en el medidor de carga, se pone en cero este último y se anota el valor, de la misma forma se conecta y ajusta el</p>	<p>El Procedimiento establecido en la versión 2013 de la norma se presenta mucho más completo, ya que aunque conserva la misma idea planteada en la versión 2007, sus partes resultan de más fácil entendimiento y así mismo de ejecución, ya que se presenta un paso a paso más organizado, pero igualmente práctico. De la misma forma que en algunas otras normas se incluyen y eliminan pasos o partes del procedimiento, como es la inclusión de la posibilidad del cálculo del tiempo en base al t90 o el anexo de la</p>
---	--	---	---

	<p>para las muestras inalteradas obtenidas bajo nivel freático. Para suelos expansivos después de la aplicación de la carga se efectúa el humedecimiento para evitar la expansión no representativa de las condiciones de campo. Bajo una fuerza normal adecuada y previamente escogida se consolida el espécimen e inmodicamente después se llena el depósito de agua por encima de la muestra permitiendo el drenaje y la consolidación, este nivel se mantiene durante la consolidación y el</p>	<p>instrumento de medición de desplazamiento horizontal y se toma la lectura inicial de desplazamiento cero. Se coloca la placa de transferencia de carga y de interrupción del momento sobre la piedra porosa superior y después se ubica el marco de carga en posición ajustándolo para que la barra de carga quede alineada. Cuando son sistemas de carga por palancas, se nivelan estas y en los casos de carga neumática o accionada por motor se ajusta el marco hasta que se asiente sobre la placa de transferencia de carga o se coloca una esfera metálica sobre la placa y se ajusta el marco. Se aplica una pequeña carga</p>	<p>tabla con los diferentes tiempos mínimos de corte para cuando no se cumplen las condiciones para los datos del máximo incremento de consolidación prescritas, así mismo el caso de la reducción del desplazamiento estimado de corte para suelos normalmente consolidados y el cambio de nombre del capítulo, entre otros.</p>
--	---	---	---

	<p>corte. Durante la consolidación se registran las lecturas de desplazamiento normal en los tiempos apropiados antes del aplicar un nuevo incremento de carga; los incrementos de carga deben durar hasta completar la consolidación primaria y el incremento final debe completar el esfuerzo normal especificado, se utiliza un procedimiento semejante basado en la norma INV E-151-07. Finalmente se grafican los desplazamiento o la deformación normal contra el tiempo. La fuerza o esfuerzo normal aplicado</p>	<p>normal que no cause consolidación (resulta adecuada en la mayoría de casos una presión de 5kPa (1lbf/pg2)) y se verifica el ajuste y alineación de todos los componentes. Se posiciona el medidor de desplazamiento vertical y se toma la lectura inicial, además de la de carga normal (con un instrumento de medida o verificando las pesas). Consolidación - La carga final de consolidación se puede aplicar en uno o varios incrementos dependiendo del tipo de material, la rigidez y la magnitud del esfuerzo final evitando la extrusión del suelo por los contornos de las piedras porosas. Para los suelos cohesivos duros o</p>	
--	--	---	--

	<p>depende de lo que se busca evaluar en el ensayo, para los suelos relativamente firmes suele ser necesario un incremento, mientras que para los demás suelos se requieren varios incrementos hasta llegar al incremento deseado con el fin de prevenir el daño del espécimen; el primer incremento depende del suelo y no debe hacer fluir el suelo fuera del dispositivo de corte. Cuando se termina la consolidación se desbloquean y separan los marcos 0,25 mm (0,01") y se aplica la fuerza de corte lentamente para</p>	<p>materiales granulares la carga se puede aplicar en un solo incremento, mientras que en los materiales blandos puede ser necesario aplicar varios incrementos de carga intermedios con relación de incremento de cargas de 1, según la INV E-151-13, teniendo en cuenta esto y las consideraciones del cliente se debe anotar la fuerzas normales requeridas para alcanzar cada nivel hasta el esfuerzo de consolidación final. Para iniciar se aplica el primer incremento y si se necesita se llena la cubeta con agua durante todo el ensayo, a falta de especificación la cubeta se debe llenar con agua potable, esta saturación se hace con el fin de</p>	
--	---	---	--

	<p>disipar la presión de poros; la velocidad a utilizar se puede obtener de la fórmula del numeral 6,3 de la norma INV E-154-13 donde el tiempo calculado para la falla (tf) se obtiene multiplicando cincuenta por el tiempo requerido por la muestra para lograr el 50% de consolidación bajo fuerza normal (t50). Los tornillos de separación se deben retirar antes de iniciar el corte. El ensayo continua hasta llegar a la falla, la cual usualmente se determina cuando el esfuerzo de corte se vuelve constante, es decir alcanzo su</p>	<p>eliminar presiones de poros negativas y prevenir la evaporación. Para cada nivel intermedio las cargas se deben aplicar tan rápido como sea posible manteniéndolas hasta la consolidación primaria, la cual se determina por la interpretación de la relación tiempo deformación normal, por experiencia con el material o por defecto a las 24 horas; al final de cada incremento se anota la deformación normal y el tiempo para alcanzarla. Para el máximo y ultimo nivel de esfuerzo normal, rápidamente se aplica la carga y se comienzan a registrar las lecturas de deformación normal con relación al tiempo, la norma INV E-151-13</p>	
--	---	--	--

	<p>máximo esfuerzo de corte; o cuando logra una deformación del 10% del diámetro o de la longitud original de la muestra. Cuando se realiza el ensayo con control de esfuerzos se comienza con incrementos de fuerza de corte de aproximadamente un 10% de la máxima estimada. Antes de aplicar una nueva carga se permite por lo menos el 95% de consolidación bajo el incremento anterior. Cuando se ha aplicado del 50% al 70% de la fuerza de falla estimada, serán de la mitad del valor de los aplicados hasta ese momento, o sea el 5% de la máxima fuerza</p>	<p>suministra información sobre el proceso, así mismo suministra información sobre la interpretación de la gráfica desplazamiento normal contra logaritmo o raíz cuadrada del tiempo para la verificación del fin de la consolidación primaria. Cuando se requiera para la consolidación un esfuerzo específico (carga) seguido de una descarga antes del corte, el esfuerzo máximo debe permanecer durante un ciclo de compresión secundaria. Cuando el material presenta tendencia a la expansión bajo el esfuerzo normal máximo, el suelo se debe inundar para alcanzar el equilibrio bajo el esfuerzo normal antes de</p>	
--	---	---	--

	<p>de corte. En la proximidad de la falla los incrementos de fuerza pueden ser iguales a un cuarto del incremento inicial (2,5% de la fuerza normal de corte estimada). Se registran la fuerza de corte aplicada además de la deformación normal y de corte en el intervalo de tiempo. Preferiblemente el incremento de fuerza de corte debe ser continuo. Cuando el ensayo se realiza con control de deformaciones la velocidad de aplicación de cargas (<math>V_c</math>) se puede obtener dividiendo el desplazamiento</p>	<p>proseguir con el ensayo. Después de la consolidación y antes de cizallar con ayuda de los tornillos de separación se crea un espacio aproximado al tamaño máximo de partícula del espécimen o hasta 0.64 mm (0.025") como mínimo por defecto para suelos de grano fino, proceso luego del cual se retiran los tornillos. La velocidad de corte debe ser reducida para minimizar el exceso de presión de poros. La determinación de la velocidad de corte apropiada requiere estimar el tiempo requerido para disipar la presión de poros y la deformación necesaria para alcanzar la falla. Se pueden usar los</p>	
--	---	---	--

	<p>estimado de corte para la falla (df) por el tiempo calculado para la falla (tf); como guía el df, se puede tomar como 12 mm para suelos normalmente consolidados y 5 mm para suelos sobreconsolidados. Una vez finalizado el ensayo se remueve la muestra completa de la caja de corte, si el suelo es cohesivo se deslizan los marcos uno sobre otro para calificar la superficie de corte formada, después se seca al horno y se determina la masa de sólidos. Algunos suelos como la arena densa y las arcillas sobreconsolidadas pueden no mostrar buena definición en la curva en el tiempo establecido, por lo cual para las arcillas sobreconsolidadas probadas bajo esfuerzos normales menores que la presión de pre-consolidación se propone un tiempo de falla estimado con el t50 equivalente a suelos de consolidación normal;</p>	<p>siguientes procedimientos para calcular la velocidad de corte requerida. Cuando los datos para el máximo incremento de consolidación producen un curva bien definida de deformación normal-logaritmo de tiempo, esta se interpreta según la norma INV E-151-13 de donde se obtiene el tiempo total estimado para alcanzar la falla en minutos (tf), multiplicando por 50 el tiempo requerido para que el espécimen alcance el 50% de consolidación bajo el máximo incremento de esfuerzo normal en minutos (t50); cuando los datos no satisfacen lo anterior pero dan lugar a la curva deformación normal-raíz cuadrada del tiempo bien definida se interpreta está según la INV E-151-13 para la cual el tiempo total estimado para alcanzar la falla en minutos (tf) se obtiene multiplicando por 11.6 el tiempo requerido para alcanzar el 90% de consolidación bajo el máximo incremento de esfuerzo normal en minutos (t90). La tabla del numeral 8.10.3 de la</p>	
--	---	--	--

	<p>en cuanto a las arenas limpias <math>t_f=10</math> min, y si estas contiene más del 5% de finos <math>t_f=60</math> min, estos valores no son obligatorios si se comprueba que se pueden usar otros valores.</p>	<p>norma INV E-154-13 permite obtener unos tiempos mínimos hasta la falla (<math>t_f</math>) para diferentes tipos de suelos, en los casos en los que el máximo incremento de corte no satisfaga lo establecido anteriormente o cuando el espécimen es significativamente preconsolidado bajo el máximo esfuerzo de consolidación. El desplazamiento lateral relativo que se requiere para llevar el espécimen de falla depende de diferentes variables; en ausencia de experiencia específica sobre las condiciones del ensayo, se recomienda usar un desplazamiento lateral relativo estimado en la falla (<math>d_f</math>) de 10 mm (0.5") si es suelo fino normalmente consolidado o ligeramente preconsolidado y para los demás casos de 5 mm (0.2"). Finalmente la velocidad de desplazamiento (<math>R_d</math>) en mm/min (<math>pg/min</math>), se obtiene dividiendo el desplazamiento lateral relativo estimado en la falla (<math>d_f</math>) en mm (<math>pg</math>), entre el tiempo estimado</p>	
--	---	--	--

		<p>para alcanzar la falla (tf) en minutos. Corte drenado - Se elige y anota una velocidad de desplazamiento igual o menor a la calculada, se registra el tiempo inicial, el desplazamiento normal (vertical), el desplazamiento lateral relativo (horizontal) y las fuerzas normal y cortantes; después se inicia el corte y se toman lecturas de tiempo, desplazamiento vertical y horizontal y de fuerza de corte a intervalos de tiempo o desplazamiento escogidos de manera frecuente para definir con exactitud la curva de desplazamiento-esfuerzo cortante. Las lecturas debe ser como mínimo de 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0% y luego 2% adicional de desplazamiento lateral relativo, hasta el final del ensayo. Si es necesario se suspende el ensayo y se separan nuevamente las mitades. La muestra se corta hasta al menos el 10% de desplazamiento lateral relativo a menos de que se establezca un criterio de finalización por el cliente: Se detiene el generador de la fuerza de</p>	
--	--	---	--

		<p>corte, se remueve la fuerza normal y se desarma el aparato. Si el espécimen es cohesivo la separación se hace deslizando las mitades de la caja de corte sobre ellas, no separándolas perpendicularmente, esto para no dañar el espécimen; se fotografía, dibuja o describe la superficie de falla; esto no aplica a suelos no cohesivos. Se determina la humedad según la INV E-122-13.</p>	
--	--	---	--

<p><b>Cálculos</b></p>	<p>En los procedimientos de cálculo se debe determinar el contenido inicial de humedad, la densidad seca y húmeda inicial. Los esfuerzos normales y de corte; calculado el esfuerzo nominal de corte (<math>\tau</math>) en kPa, dividiendo la fuerza de corte (F) en N, entre el área inicial del espécimen (A) en mm<sup>2</sup> y calculado el esfuerzo normal (<math>\eta</math>) que actúa sobre el espécimen en kPa, dividiendo la fuerza normal (N) que actúa en el espécimen en N entre el área inicial del espécimen (A) en mm<sup>2</sup>. La velocidad de desplazamiento, calculada la velocidad real de corte</p>	<p>Se calcula el esfuerzo cortante nominal (<math>\eta</math>) actuante sobre el espécimen en kPa (lbf/pg<sup>2</sup>) con tres dígitos significativos, dividiendo la fuerza de corte (Fs) en kN (lbf) con tres dígitos significativos, entre el área de la caja de corte (A) en m<sup>2</sup> (pg<sup>2</sup>) con tres dígitos significativos. El esfuerzo normal nominal (<math>\sigma</math>) en kPA (lbf/pg<sup>2</sup>) con tres dígitos significativos dividiendo la fuerza normal actuante sobre el espécimen (Fn) en kN (lbf) con tres dígitos significativos entre el área de la caja de corte (A) en m<sup>2</sup> (pg<sup>2</sup>) con tres dígitos significativos. Se pueden aplicar factores de corrección relacionados con el área real de la superficie a los cálculos</p>	<p>Los principales cambios que se realizaron al procedimiento de cálculo de la norma INV E-154 en su versión 2013 fueron la modificación de la nomenclatura de las variables para los esfuerzos, la introducción de la aplicación de factores de corrección a los esfuerzos normales y/o de corte relacionados con el área de la caja de corte, la inclusión del procedimiento de cálculo para la determinación del desplazamiento lateral relativo y la incorporación de nuevos elementos como el volumen del</p>
------------------------	---	--	--

	<p>dividiendo el desplazamiento relativo real por el tiempo transcurrido o se reporta la velocidad de prueba usada. Las deformaciones o desplazamientos normales y laterales. La relación de vacíos antes y después de la consolidación, y de desearse después del ensayo de corte. Igualmente si se desean los grados de saturación inicial y final.</p>	<p>de esfuerzos normales y/o de corte, en cuyo caso se debe reportar y explicar los factores y los criterios para utilizarse. La velocidad de desplazamiento (Rd) a lo largo de la superficie de corte en mm/min (pg/min) con tres dígitos significativos se calcula dividiendo el desplazamiento lateral relativo (dh) en mm (pg) con tres dígitos significativos entre el tiempo transcurrido durante el ensayo (te) en minutos con tres dígitos significativos. El porcentaje del desplazamiento lateral relativo (Pd) a lo largo de la superficie de falla en % con tres dígitos significativos entre el diámetro o lado del espécimen de la dirección de corte (D) en mm (pg) con tres dígitos significativos. Se calculan también los valores iniciales de la relación de vacío, el contenido de agua, la densidad seca y el grado de saturación, con base en la gravedad específica, la masa inicial y final del espécimen, además del volumen del espécimen donde este se determina a partir de su</p>	<p>espécimen.</p>
--	---	--	-------------------

		espesor y las dimensiones de la caja de corte. La relación de vacíos de precorte, la densidad seca y el contenido de agua.	
<b>Informe</b>	<p>El reporte debe incluir la descripción del tipo de dispositivo utilizado en el ensayo. Identificación y descripción de la muestra, incluyendo si el suelo es inalterado, remoldeado, compactado o preparado por otros medios, anotando las características inusuales, referente por ejemplo a la estratificación. Contenido inicial de agua. Densidad seca y húmeda inicial. Espesor inicial. Los datos básicos del ensayo como el esfuerzo normal, el desplazamiento normal, el desplazamiento de corte y los valores correspondientes a la resistencia al corte máximo y residual, cuando se indique. La curva esfuerzo de corte y deformación unitaria en un gráfico con escalas aritméticas para cada probeta, además de</p>	<p>El informe debe incluir la identificación de la muestra, proyecto y localización. Identificación y descripción del tipo de aparato utilizado en el ensayo. Descripción de la apariencia del espécimen según la Norma INV E-102-13, los límites de Atterberg (Normas INV E-125-13 e INV E-126-13) y los datos granulométricos (Norma INV E-123-13), si se obtuvieron. Descripción de la estructura del suelo; es decir, si el espécimen es inalterado, remodelado, compactado o preparado de otra manera. El espesor y el diámetro o lado inicial de la muestra. La masa seca inicial y final. La humedad Inicial y de precorte, la densidad húmeda y seca inicial y de precorte, relación de vacíos y el grado de saturación inicial y de precorte; estas relaciones de fase no suelen ser de utilidad ya que en la mayoría de los casos hay pérdidas de material y la forma de la muestra se</p>	<p>La nueva norma incluye la descripción de la apariencia del espécimen, los límites de Atterberg y la granulometría como elemento opcional en el informe; las tablas relacionadas con el esfuerzo normal, normal nominal, cortante nominal, desplazamientos, tiempos y velocidad además de las observaciones de la falla en los suelos cohesivos.</p>

	<p>los gráficos adicionales que sean requeridos según el fenómeno que se estudie. Así mismo un gráfico que incluya los valores para las tres probetas de las fuerzas normales contra la resistencia al corte y los valores efectivos del ángulo de fricción <math>\phi'</math> y de la cohesión <math>c'</math> obtenidos del mismo además del procedimiento general, las secuencias especiales de carga o requisitos especiales de humedad.</p>	<p>altera por lo que estas relaciones no se pueden calcular con precisión. Tabla con el esfuerzo normal, el desplazamiento normal final y la duración de los incrementos de carga durante la consolidación. Tabla con el esfuerzo normal nominal, el esfuerzo cortante nominal, el desplazamiento lateral relativo o el porcentaje de desplazamiento lateral relativo, el desplazamiento normal y la velocidad de deformación durante el corte. Un gráfico de logarítmico de tiempo o de la raíz cuadrada del tiempo versus la deformación, para los incrementos de carga usados para determinar la rata de corte. Un gráfico del esfuerzo cortante nominal versus el desplazamiento lateral relativo o el porcentaje de desplazamiento lateral relativo. En el caso de materiales cohesivos, observaciones relativas a la superficie de falla. No conformidades en relación con el procedimiento normalizado; por ejemplo, secuencias</p>	
--	--	--	--

		especiales de carga o exigencias específicas de humedecimiento, así como	
<b>Precisión y Sesgo</b>		Precisión - No se presentan datos debido a la naturaleza de los materiales sometidos al ensayo. Sesgo - No hay valores de referencia para el método por lo cual no se puede determinar el sesgo.	Se incluye un nuevo aparte relacionado con la precisión y sesgo del ensayo.
<b>Normas de Referencia</b>	ASTM D 3080-98, AASHTO T 236-03	ASTM D 3080/D3080M-11	Se evidencia una reducción de la bibliografía.

## Anexo 11 Formato para Registro de Novedades y Dificultades

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>FORMATO PARA REGISTRO DE NOVEDADES Y DIFICULTADES</b></p> <p>Código: IL-FO-XXX Versión: XX</p>																										
<p>Escriba en la casilla o marque con una X la respuesta correspondiente.</p>																											
<p><b>TIPO DE EVENTO</b></p>																											
<p>                     Novedad <input type="checkbox"/>      Error <input type="checkbox"/>      Incidente <input type="checkbox"/>      Otro: _____                 </p>																											
<p><b>DATOS</b></p>																											
<p>                     Persona que informa: _____                      Cargo: _____                 </p>																											
<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; padding: 2px;">Fecha del suceso</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; text-align: center; padding: 2px;">DD</td> <td style="width: 30px; text-align: center; padding: 2px;">MM</td> <td style="width: 30px; text-align: center; padding: 2px;">AAAA</td> </tr> </table>		Fecha del suceso			DD	MM	AAAA																				
Fecha del suceso																											
DD	MM	AAAA																									
<p>Responsable de la atención: _____</p>																											
<p><b>ORIGEN DEL EVENTO</b></p>																											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Problemas con el equipo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Problemas de computación</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Falta de reactivos</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Uso inadecuado del equipo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Equipo inadecuado o en mal estado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Supervisión técnica</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Otro _____</td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No hay procedimiento</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No se siguió el procedimiento</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No se siguieron las instrucciones del fabricante</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entrenamiento inadecuado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Descuido</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Problemas con el equipo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Problemas de computación</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Falta de reactivos</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Uso inadecuado del equipo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Equipo inadecuado o en mal estado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Supervisión técnica</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	Problemas con el equipo	<input type="checkbox"/>	Problemas de computación	<input type="checkbox"/>	Falta de reactivos	<input type="checkbox"/>	Uso inadecuado del equipo	<input type="checkbox"/>	Equipo inadecuado o en mal estado	<input type="checkbox"/>	Supervisión técnica	<input type="checkbox"/>	Otro _____	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No hay procedimiento</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No se siguió el procedimiento</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No se siguieron las instrucciones del fabricante</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entrenamiento inadecuado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Descuido</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	No hay procedimiento	<input type="checkbox"/>	No se siguió el procedimiento	<input type="checkbox"/>	No se siguieron las instrucciones del fabricante	<input type="checkbox"/>	Entrenamiento inadecuado	<input type="checkbox"/>	Descuido
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Problemas con el equipo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Problemas de computación</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Falta de reactivos</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Uso inadecuado del equipo</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Equipo inadecuado o en mal estado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Supervisión técnica</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	Problemas con el equipo	<input type="checkbox"/>	Problemas de computación	<input type="checkbox"/>	Falta de reactivos	<input type="checkbox"/>	Uso inadecuado del equipo	<input type="checkbox"/>	Equipo inadecuado o en mal estado	<input type="checkbox"/>	Supervisión técnica	<input type="checkbox"/>	Otro _____	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No hay procedimiento</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No se siguió el procedimiento</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No se siguieron las instrucciones del fabricante</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Entrenamiento inadecuado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Descuido</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	No hay procedimiento	<input type="checkbox"/>	No se siguió el procedimiento	<input type="checkbox"/>	No se siguieron las instrucciones del fabricante	<input type="checkbox"/>	Entrenamiento inadecuado	<input type="checkbox"/>	Descuido		
<input type="checkbox"/>	Problemas con el equipo																										
<input type="checkbox"/>	Problemas de computación																										
<input type="checkbox"/>	Falta de reactivos																										
<input type="checkbox"/>	Uso inadecuado del equipo																										
<input type="checkbox"/>	Equipo inadecuado o en mal estado																										
<input type="checkbox"/>	Supervisión técnica																										
<input type="checkbox"/>	Otro _____																										
<input type="checkbox"/>	No hay procedimiento																										
<input type="checkbox"/>	No se siguió el procedimiento																										
<input type="checkbox"/>	No se siguieron las instrucciones del fabricante																										
<input type="checkbox"/>	Entrenamiento inadecuado																										
<input type="checkbox"/>	Descuido																										
<p>Descripción del suceso:</p> <hr/>																											
<p>Acción reparadora adoptada:</p> <hr/>																											
<p>                     ¿Se afectó la actividad? <input type="checkbox"/>      ¿Requiere seguimiento? <input type="checkbox"/>                      Fecha de seguimiento: _____                 </p>																											
<p><b>OBSERVACIONES</b></p>																											
<p>Descripción del seguimiento y/o afectación de la actividad:</p> <hr/>																											

## Anexo 12 Formato Solicitud de Autorización de Acceso y Uso de Laboratorios

 <p style="text-align: center;"><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>FORMATO SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE ACCESO Y USO DE LABORATORIOS</b></p> <p>Código:XX-FO-XXX Versión: XX</p>														
<p>Escriba en la casilla o marque con una X la respuesta correspondiente.</p>															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="4">ORIGEN DE LA SOLICITUD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">Investigación</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Tesis Pregrado</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Tesis Postgrado</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Otro: ¿Cuál?:</td> </tr> </tbody> </table>	ORIGEN DE LA SOLICITUD				Investigación	Tesis Pregrado	Tesis Postgrado	Otro: ¿Cuál?:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table>	DÍA	MES	AÑO			
ORIGEN DE LA SOLICITUD															
Investigación	Tesis Pregrado	Tesis Postgrado	Otro: ¿Cuál?:												
DÍA	MES	AÑO													
<b>DATOS DEL SOLICITANTE</b>															
Nombre: _____	Id.: _____														
Facultad: _____	Semestre: _____														
Correo: _____	C.C.: _____														
Otro(Correo): _____	Tel.: _____														
<b>JUSTIFICACIÓN DE ACCESO</b>															
Diligencie el apartado acorde al origen de su solicitud.															
<b>Tesis o Investigaciones</b>															
Nombre de la Tesis o Investigación: _____															
Tipo de Material: <input type="checkbox"/> Contaminados <input type="checkbox"/> No Contaminados															
Director de Tesis o Investigación: _____															
Estado de la Tesis: <input type="checkbox"/> Aprobada <input type="checkbox"/> Pendiente por aprobación															
<b>Otros</b>															
Justificación de la solicitud de acceso:															

### Generalidades

Laboratorio(s) a utilizar:

<input type="checkbox"/>	Geotecnia
<input type="checkbox"/>	Pavimentos
<input type="checkbox"/>	Estructuras
<input type="checkbox"/>	Construcciones
<input type="checkbox"/>	Modelación

<input type="checkbox"/>	Resistencia de materiales
<input type="checkbox"/>	Materiales de construcción
<input type="checkbox"/>	Hidráulica de canales
<input type="checkbox"/>	Mecánica de fluidos

Fechas estimadas para acceso:

Desde (DD-MM-AAAA): \_\_\_\_\_

Hasta (DD-MM-AAAA): \_\_\_\_\_

### ENSAYOS A REALIZAR

Enliste los ensayos a ser realizados:

### SOLICITANTES

La presente solicitud se realiza para el uso de las instalaciones de los laboratorios de Ingeniería Civil relacionados anteriormente así como para la realización de los ensayos descritos en los apartes iniciales, por motivos de investigación científica, realización de tesis de pregrado o postgrado u otra actividad solicitada, la firma de la misma hace constar que la persona autorizada conoce los requisitos para uso de los laboratorios, los procedimientos para la realización de los ensayos además de las normas mínimas de seguridad industrial para trabajo dentro de los mismos u otro procedimiento aplicable a la labor a realizar. Por tal razón se exonera a los laboratorios, la Facultad de Ingeniería Civil y la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga de cualquier responsabilidad civil o penal, ocasionada por el uso de las instalaciones, equipos o elementos allí dispuestos, asumiéndose como responsable la persona aquí autorizada.

Solicitado por: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

C.C.: \_\_\_\_\_

Director de tesis o investigación:

\_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

C.C.: \_\_\_\_\_

**AUTORIZACIÓN**

Coordinador Labs.: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Fechas autorizadas para acceso:

Desde (DD-MM-AAAA): \_\_\_\_\_ Hasta (DD-MM-AAAA): \_\_\_\_\_

Horario de acceso autorizado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES**

\_\_\_\_\_



### Anexo 14 Formato de Seguimiento y Control de Equipos

			<b>FORMATO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE EQUIPOS</b> Código:XX-FO-XXX Versión: XX									
NOMBRE DEL LABORATORIO: _____ ENCARGADO: _____ CARGO: _____ NOMBRE DEL EQUIPO: _____ COD. DE INVENTARIO: _____												
INFORMACIÓN DEL USO												
FECHA INICIO			HORA DE INICIO	FECHA DE FIN			HORA DE FIN	ENSAYO O ACTIVIDAD REALIZADA	MATERIAL CONTAMINAD		NOMBRE DEL USUARIO U OPERADOR	RECIBIDO DEL EQUIPO
DD	MM	AAAA		DD	MM	AAAA			SI	NO		



## Anexo 16 Formato de Inspección de Limpieza y Organización de Laboratorios de Ingeniería Civil

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA</p>	<p>FORMATO DE INSPECCIÓN DE LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>Código: XX-FO-XXX Versión: XX</p>																																																				
<p>NOMBRE DEL LABORATORIO: _____</p>																																																					
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO																																																	
DÍA	MES	AÑO																																																			
<p>ENCARGADO: _____ CARGO: _____</p>																																																					
<p>RESPONSABLE DE LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN: _____</p>																																																					
<b>ASPECTOS EVALUADOS</b>																																																					
<b>Áreas Inspeccionadas</b>																																																					
<p>El siguiente aparte corresponde a los elementos mínimos a evaluar en la Inspección de Limpieza y Organización, por favor marque con una X si el lugar se encuentra Limpio (L) y/u Organizado (O); en caso contrario, absténgase de marcar la casilla. Cabe aclarar que Limpio no significa Organizado, por tal razón evalúense por separado en su respectiva casilla.</p>																																																					
<p>Áreas interiores de trabajo</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 10%;">L</th> <th style="width: 10%;">O</th> <th style="width: 50%;">Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Mesones</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Gavetas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Equipos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Hornos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Pisos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Computadores</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		L	O	Observación	Mesones				Gavetas				Equipos				Hornos				Pisos				Computadores				<p>Áreas exteriores de trabajo</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 10%;">L</th> <th style="width: 10%;">O</th> <th style="width: 50%;">Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Mesones</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Gavetas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Equipos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Pisos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Otros:</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		L	O	Observación	Mesones				Gavetas				Equipos				Pisos				Otros:			
	L	O	Observación																																																		
Mesones																																																					
Gavetas																																																					
Equipos																																																					
Hornos																																																					
Pisos																																																					
Computadores																																																					
	L	O	Observación																																																		
Mesones																																																					
Gavetas																																																					
Equipos																																																					
Pisos																																																					
Otros:																																																					
<b>Aspectos Inspeccionadas</b>																																																					
<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <th style="width: 30px;">SI</th> <th style="width: 30px;">NO</th> </tr> </table>		SI	NO																																																		
SI	NO																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 75%;">Elementos fuera de su área de trabajo</td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> </tr> <tr> <td>Equipos vampiro (Encendidos e Inutilizados)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Elementos de protección personal adecuados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Almacenaje de elementos y equipos adecuado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Almacenaje y control de muestras adecuado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espacios para disposición de residuos adecuados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conocimientos para manejo de residuos contaminados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Espacios, elementos o equipos con presencia de polvo, suelo, grasas u otros.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Áreas para implementos de limpieza adecuadas</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Elementos fuera de su área de trabajo			Equipos vampiro (Encendidos e Inutilizados)			Elementos de protección personal adecuados			Almacenaje de elementos y equipos adecuado			Almacenaje y control de muestras adecuado			Espacios para disposición de residuos adecuados			Conocimientos para manejo de residuos contaminados			Espacios, elementos o equipos con presencia de polvo, suelo, grasas u otros.			Áreas para implementos de limpieza adecuadas																											
Elementos fuera de su área de trabajo																																																					
Equipos vampiro (Encendidos e Inutilizados)																																																					
Elementos de protección personal adecuados																																																					
Almacenaje de elementos y equipos adecuado																																																					
Almacenaje y control de muestras adecuado																																																					
Espacios para disposición de residuos adecuados																																																					
Conocimientos para manejo de residuos contaminados																																																					
Espacios, elementos o equipos con presencia de polvo, suelo, grasas u otros.																																																					
Áreas para implementos de limpieza adecuadas																																																					

Utensilios de limpieza adecuados		
Detergentes, disolvente y demás elementos de limpieza		
Disponibilidad de tiempo para actividades de Organización y Limpieza		

Observaciones de limpieza y organización general:

**REPORTE FINAL**

Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:

Firma:

Firma:

Realizo:

Reviso:

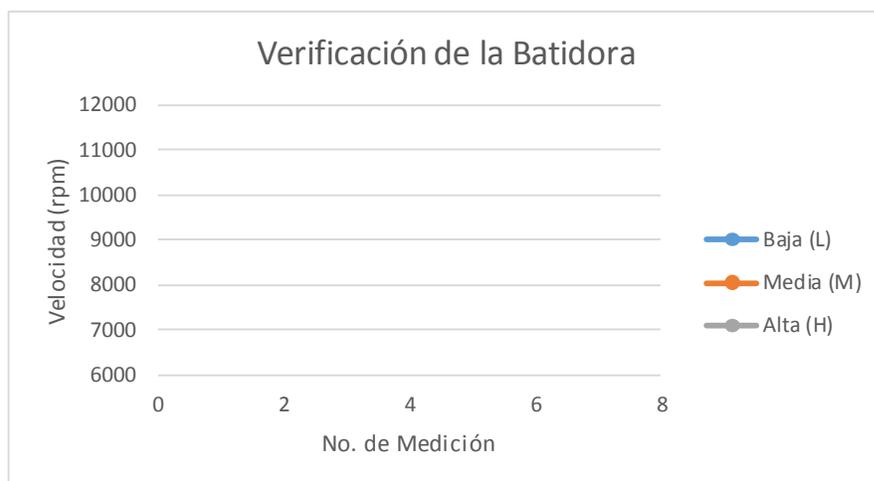
Aprobó:

## Anexo 17 Reporte de Mantenimiento y Verificación de la Batidora

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<b>REPORTE DE MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN INTERNA DE EQUIPO DE DISPERSIÓN</b> Código: II-OD-XXX Versión: XX																		
<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">TIPO DE ACTIVIDAD</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VERIFICACIÓN</td> <td style="text-align: center;">MANTENIMIENTO</td> </tr> </table>		TIPO DE ACTIVIDAD		VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO														
TIPO DE ACTIVIDAD																			
VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO																		
<table style="margin: 0 auto;"> <tr> <th colspan="3">FECHA DE INSPECCIÓN</th> <th colspan="3">PRÓXIMA INSPECCIÓN</th> </tr> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>		FECHA DE INSPECCIÓN			PRÓXIMA INSPECCIÓN			DÍA	MES	AÑO	DÍA	MES	AÑO						
FECHA DE INSPECCIÓN			PRÓXIMA INSPECCIÓN																
DÍA	MES	AÑO	DÍA	MES	AÑO														
Nombre del Laboratorio: _____ Encargado: _____ Cargo: _____																			
<b>EQUIPO USADO PARA LA INSPECCIÓN</b>																			
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA																			
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA																			
<b>EQUIPO PRINCIPAL INSPECCIONADO</b>																			
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ Normativa(s) evaluadora(s): _____																			
<b>Parámetros del Equipo</b>																			
<input type="checkbox"/> Verificación interna activa      Próxima: _____ <input type="checkbox"/> Fuera de uso <input type="checkbox"/> Reportado <input type="checkbox"/> No Reportado      Fecha reporte: DD MM AAAA																			
<b>Herramienta o Equipo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>INV. E-122-13</b>	<b>Revisión</b>	<b>Nota</b>															
<b>Aparato agitador - Licuadora</b>	Velocidad	10000 rpm	0.00																

<b>Paleta reemplazable</b>	Distancia al eje	19mm ≤ X ≤ 38,1 mm desde el fondo del recipiente		
	Material	Metálica, plástica o caucho duro.		
	Dimensión	Diámetro de paleta circular de 19.1 mm (3/4")		
<b>Vaso</b>	Diámetro superior	94.2 mm		
	Diámetro inferior	66 mm		

No. De Medición	Velocidad probada (rpm)		
	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Desviación Estandar			
Promedio			



**Actividad Adicionales Realizadas Durante el Servicio**

- Limpieza Superficial
- Limpieza General
- Verificación del Sistema Eléctrico
- Verificaciones de Sistema Mecánico

Otros:

**REPORTE FINAL**

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Los resultados de la verificación reflejan que la posición media de la batidora asegura una velocidad de 10053 rpm. Lo anterior indica que debemos trabajarlo en esta posición.

Firma:

Firma:

Firma:

Realizo:

Reviso:

Aprobó:

## Anexo 18 Reporte de Mantenimiento y Verificación Interna de Molde de 4"

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>REPORTE DE MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN INTERNA DE MOLDE DE 4"</b></p> <p>Código: II-OD-XXX Versión: XX</p>																
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">TIPO DE ACTIVIDAD</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">VERIFICACIÓN</td> <td style="width: 50%;">MANTENIMIENTO</td> </tr> </table>		TIPO DE ACTIVIDAD		VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO												
TIPO DE ACTIVIDAD																	
VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO																
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">FECHA DE INSPECCIÓN</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">PRÓXIMA INSPECCIÓN</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table> </td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>		FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA INSPECCIÓN	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO				<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO			
FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA INSPECCIÓN																
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO				<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO							
DÍA	MES	AÑO															
DÍA	MES	AÑO															
<p>Nombre del Laboratorio: _____</p> <p>Encargado: _____ Cargo: _____</p>																	
<p><b>EQUIPOS USADOS PARA LA INSPECCIÓN</b></p>																	
<p>Nombre del equipo: _____</p> <p>Modelo: _____ No. De Inventario: _____</p> <p>No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA</p>																	
<p>Nombre del equipo: _____</p> <p>Modelo: _____ No. De Inventario: _____</p> <p>No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA</p>																	
<p><b>MOLDE DE COMPACTACIÓN DE 4" INSPECCIONADO</b></p>																	
<p>No. De Molde: _____ No. De Inventario: _____</p> <p>Normativa(s) evaluadora(s): _____</p>																	
<p><b>Parámetros del Elemento</b></p>																	
<p> <input type="checkbox"/> Verificación interna activa      Próxima: _____  <input type="checkbox"/> Fuera de uso  <input type="checkbox"/> Reportado      <input type="checkbox"/> No Reportado      Fecha reporte: DD MM AAAA         </p>																	
<b>Herramienta o Equipo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>INV. E-122-13</b>		<b>Revisión</b>	<b>Nota</b>												
		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>														
<b>Molde cilíndrico de 101,6 mm (4,0")</b>	<b>Altura (mm)</b>	115.9	116.9														

<b>Molde cilíndrico de 101,6 mm (4,0")</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Superior</b>	101.2	102		
		<b>Inferior</b>				
	<b>Volumen (cm3)</b>		929	957		
<b>Actividad Adicionales Realizadas Durante el Servicio</b>						
<input type="checkbox"/> Limpieza Superficial		<input type="text" value="Otros:"/>				
<input type="checkbox"/> Limpieza General						
<b>REPORTE FINAL</b>						
Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:						
Firma:		Firma:		Firma:		
Realizo:		Reviso:		Aprobó:		

## Anexo 19 Reporte de Mantenimiento y Verificación Interna de Molde de 6"

 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	<b>REPORTE DE MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN INTERNA DE MOLDE DE 6"</b> Código: II-OD-XXX Versión: XX																
<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">TIPO DE ACTIVIDAD</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">VERIFICACIÓN</td> <td style="width: 50%;">MANTENIMIENTO</td> </tr> </table>		TIPO DE ACTIVIDAD		VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO												
TIPO DE ACTIVIDAD																	
VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO																
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">FECHA DE INSPECCIÓN</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">PRÓXIMA INSPECCIÓN</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table> </td> <td style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>		FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA INSPECCIÓN	<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO				<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO			
FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA INSPECCIÓN																
<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO				<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="width: 30px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO							
DÍA	MES	AÑO															
DÍA	MES	AÑO															
Nombre del Laboratorio: _____ Encargado: _____ Cargo: _____																	
<b>EQUIPO USADO PARA LA INSPECCIÓN</b>																	
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA																	
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA																	
<b>MOLDE DE COMPACTACIÓN DE 6" INSPECCIONADO</b>																	
No. De Molde: _____ No. De Inventario: _____ Normativa(s) evaluadora(s): _____																	
<b>Parámetros del Equipo</b>																	
<input type="checkbox"/> Verificación interna activa      Próxima: _____ <input type="checkbox"/> Fuera de uso <input type="checkbox"/> Reportado <input type="checkbox"/> No Reportado      Fecha reporte: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>																	
<b>Herramienta o Equipo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>INV. E-122-13</b>		<b>Revisión</b>	<b>Nota</b>												
		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>														
Molde cilíndrico de 152,4 mm (6,0")	Altura (mm)	115.9	116.9														

<b>Molde cilíndrico de 152,4 mm (6,0")</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Superior</b>	151.7	153.1		
		<b>Inferior</b>				
	<b>Volumen (cm3)</b>			2099	2149	
<b>Actividad Adicionales Realizadas Durante el Servicio</b>						
<input type="checkbox"/> Limpieza Superficial		<input type="checkbox"/> Limpieza General		Otros: <input style="width: 150px; height: 20px;" type="text"/>		
<b>REPORTE FINAL</b>						
Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:						
Firma:		Firma:		Firma:		
Realizo:		Reviso:		Aprobó:		

## Anexo 20 Reporte de Mantenimiento y Verificación Interna de Martillo Manual

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>REPORTE DE MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN INTERNA DE MARTILLO MANUAL</b></p> <p>Código: II-OD-XXX Versión: XX</p>																				
<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #cccccc;">TIPO DE ACTIVIDAD</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VERIFICACIÓN</td> <td style="text-align: center;">MANTENIMIENTO</td> </tr> </table> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; border: none;">FECHA DE INSPECCIÓN</td> <td style="width: 50%; text-align: center; border: none;">PRÓXIMA INSPECCIÓN</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> <td style="border: none;"> <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> </table>		TIPO DE ACTIVIDAD		VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA INSPECCIÓN	<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO				<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO			
TIPO DE ACTIVIDAD																					
VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO																				
FECHA DE INSPECCIÓN	PRÓXIMA INSPECCIÓN																				
<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO				<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO											
DÍA	MES	AÑO																			
DÍA	MES	AÑO																			
Nombre del Laboratorio: _____ Encargado: _____ Cargo: _____																					
<b>EQUIPO USADO PARA LA INSPECCIÓN</b>																					
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA																					
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA																					
Nombre del equipo: _____ Modelo: _____ No. De Inventario: _____ No. De Certificado de Calibración: _____ Fecha: DD MM AAAA																					
<b>MARTILLO MANUAL PARA COMPACTACIÓN INSPECCIONADO</b>																					
No. De Martillo: _____ No. De Inventario: _____ Normativa(s) evaluadora(s): _____																					
<b>Parámetros del Equipo</b>																					
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input type="checkbox"/> Calibración activa</td> <td style="width: 50%; border: none;">Próxima: _____</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> Verificación interna activa</td> <td style="border: none;">Próxima: _____</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> Fuera de uso</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> Reportado</td> <td style="border: none;"><input type="checkbox"/> No Reportado</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none; text-align: right;">Fecha reporte: DD MM AAAA</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Calibración activa	Próxima: _____	<input type="checkbox"/> Verificación interna activa	Próxima: _____	<input type="checkbox"/> Fuera de uso		<input type="checkbox"/> Reportado	<input type="checkbox"/> No Reportado	Fecha reporte: DD MM AAAA											
<input type="checkbox"/> Calibración activa	Próxima: _____																				
<input type="checkbox"/> Verificación interna activa	Próxima: _____																				
<input type="checkbox"/> Fuera de uso																					
<input type="checkbox"/> Reportado	<input type="checkbox"/> No Reportado																				
Fecha reporte: DD MM AAAA																					

Herramienta o Equipo	Parámetros	INV. E-122-13		Revisión	Nota	
<b>Martillo metálico manual de cara circular</b>	Masa (kg)	4.5274	4.5454			
	Diámetro cara plana (mm)	50.67	50.93			
	Protección	Camisa guía				
	Altura de caída (mm)	455.9	458.5			
	Características agujeros de ventilación	Cuatro agujeros en cada extremo de diámetro mínimo de 9,5 mm				
		Distancia del extremo de la camisa al agujero de $19 \pm 2$ mm				
		Ubicados a $90^\circ$ o 1,57 rad				
	<b>Parámetros del Equipo para dar de Baja</b>					
	Herramienta o Equipo	Parámetros	INV. E-122-13		Revisión	Nota
	<b>Martillo metálico</b>	Características	Diámetro de reemplazo será cuando el diámetro se salga de $50,80 \pm 0,25$ mm			
Diámetro real de servicio mínimo de 50,42 mm						

Actividad Adicionales Realizadas Durante el Servicio		
<input type="checkbox"/>	Limpieza Superficial	<input type="text" value="Otros:"/>
<input type="checkbox"/>	Limpieza General	
REPORTE FINAL		
Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:		
Firma:	Firma:	Firma:
Realizo:	Reviso:	Aprobó:

## Anexo 21 Formato de Supervisión Técnica INV E-103-13

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INVE-103-13</b></p> <p>Código:XX-FO-XXX Versión: XX</p>						
<p><b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA INVE-103-13</b></p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO			
DÍA	MES	AÑO					
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>							
<p>Persona Supervisada: _____</p> <p>Cargo: _____ Id: _____</p>							
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>							
<p>Ensayo supervisado: <u>CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELOS</u></p> <p>Normativa(s) evaluadora(s): <u>INVE-103-13</u></p>							
<p>Tipo de muestra:</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Contaminada</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">No Contaminada</td> </tr> </table>		Contaminada	No Contaminada				
Contaminada	No Contaminada						
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>							
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 30%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN			
SI	NO	OBSERVACIÓN					
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C						
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz						
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?						
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada						
<b>Trazabilidad</b>	Se hicieron registros de trazabilidad en muestras contaminadas.						
<b>2.Preparación del equipo a utilizar</b>							
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 30%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN			
SI	NO	OBSERVACIÓN					
<b>Bolsas plásticas</b>	Bolsas de plástico de diferentes tamaños.						
<b>Cajas plásticas</b>	Cajas plásticas herméticas de diferentes tamaños.						
<b>Material de protección</b>	Material de protección contra pérdida de humedad.						
<b>EPP</b>	Uso de Bata.						
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).						
	Uso de gafas de protección (Si aplica).						

### 3. Procedimiento

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Etiquetado</b>	Se identifico con el nombre o numero de muestreo, la fecha de muestreo, numero y localización de la muestra y sondeo, profundidad o cota, orientación de la muestra y registro de identificación de la muestra.			
<b>Bolsas plásticas</b>	Se utilizaron bolsas plásticas ajustándolas tanto como fue posible y expulsando todo el aire posible, si aplica.			
<b>Cajas plásticas</b>	Se utilizaron cajas plásticas herméticas o en su defecto se sellaron con parafina o cinta, si aplica.			
<b>Tubos de pared delgada</b>	Se sellaron los extremos con empaques plásticos expandibles, si aplica.			
<b>Almacenaje</b>	Se utilizaron cajas con suficiente material como protección para cambios excesivos de temperatura, en muestras inalteradas.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:

Firma:

Firma:

Realizo:

Reviso:

Aprobó:

**Anexo 22 Formato de Supervisión Técnica INV E-122-13**

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INVE-122-13</b></p> <p>Código:XX-FO-XXX Versión: XX</p>																																															
<p><b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA INVE-122-13</b></p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:33%;">DÍA</th> <th style="width:33%;">MES</th> <th style="width:33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO																																												
DÍA	MES	AÑO																																														
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>																																																
Persona Supervisada: _____ Cargo: _____ Id: _____																																																
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>																																																
Ensayo supervisado: DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) Normativa(s) evaluadora(s): _____ INVE-122-13																																																
Tipo de muestra:	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; text-align: center;">Contaminada</td> <td style="width:50%; text-align: center;">No Contaminada</td> </tr> </table>	Contaminada	No Contaminada																																													
Contaminada	No Contaminada																																															
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>																																																
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:60%;"></th> <th style="width:10%;">SI</th> <th style="width:10%;">NO</th> <th style="width:20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN																																											
	SI	NO	OBSERVACIÓN																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;"><b>Temperatura</b></td> <td>Almacenaje entre 3°C y 30°C</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Luz</b></td> <td>Zona sin contacto directo con la luz</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Tiempos</b></td> <td>¿Tiempo adecuado de almacenamiento?</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Lugar</b></td> <td>Almacenaje en zona designada</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C				<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz				<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?				<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada																															
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C																																															
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz																																															
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?																																															
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada																																															
<b>2.Preparación del equipo a utilizar</b>																																																
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:60%;"></th> <th style="width:10%;">SI</th> <th style="width:10%;">NO</th> <th colspan="3" style="width:20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN																																											
	SI	NO	OBSERVACIÓN																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;"><b>Horno</b></td> <td>Revisión y Selección de temperatura.</td> <td></td> <td></td> <td style="width:10%;">50°C</td> <td style="width:10%;">60°C</td> <td style="width:10%;">110°C</td> </tr> <tr> <td><b>Balanza</b></td> <td>Selección de balanza con precisión adecuada.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Recipientes Herméticos</b></td> <td>Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Desecador (Opcional)</b></td> <td>Revisión del estado del material desecante .</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Elementos Misceláneos</b></td> <td>Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas o lona de cuarteo.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Uso de Bata.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.			50°C	60°C	110°C	<b>Balanza</b>	Selección de balanza con precisión adecuada.						<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).						El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.						<b>Desecador (Opcional)</b>	Revisión del estado del material desecante .						<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas o lona de cuarteo.						Uso de Bata.						
<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.			50°C	60°C	110°C																																										
<b>Balanza</b>	Selección de balanza con precisión adecuada.																																															
<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).																																															
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.																																															
<b>Desecador (Opcional)</b>	Revisión del estado del material desecante .																																															
<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas o lona de cuarteo.																																															
	Uso de Bata.																																															

<b>EPP</b>	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

### 3. Procedimiento de ensayo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Recipiente</b>	Se determino la masa del recipiente (con tapa, si aplica) limpio y seco.			
<b>Tamaño de la muestra</b>	Tamaño determinado en base a la partícula máxima encontrada visualmente y del método adoptado para la toma de datos.			
<b>Selección del espécimen</b>	¿Se selecciono el espécimen respetando el orden de preferencia de los métodos contenidos en la norma INV. E-122-13, adicionalmente se tamo el recipiente hermético una vez introducida la muestra?			
<b>Pesada del recipiente con material húmedo</b>	Se determino la masa del recipiente (con tapa, si aplica) y el suelo, con el mismo previamente tapado.			
<b>Temperatura</b>	Se introdujo el recipiente destapado, si aplica, al horno a la temperatura previamente dictaminada en el procedimiento técnico.			
<b>Pesada del recipiente con material seco</b>	Se peso hasta masa constante el material seco en su recipiente tapado, si aplica.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:	Firma:	Firma:
Realizo:	Reviso:	Aprobó:

## Anexo 23 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-123-13

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INV E-123-13</b></p> <p>Código: XX-FO-XXX Versión: XX</p>						
<p><b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA</b></p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO			
DÍA	MES	AÑO					
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>							
<p>Persona Supervisada: _____</p> <p>Cargo: _____ Id: _____</p>							
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>							
<p>Ensayo supervisado: <u>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE PARTÍCULAS DE LOS SUELOS</u></p> <p>Normativa(s) evaluadora(s): <u>INVE-123-13</u></p>							
<p>Tipo de muestra:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Contaminada</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">No Contaminada</td> </tr> </table>		Contaminada	No Contaminada				
Contaminada	No Contaminada						
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>							
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>			SI	NO	OBSERVACIÓN		
	SI	NO	OBSERVACIÓN				
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C						
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz						
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?						
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada						
<b>2. Preparación del equipo a utilizar</b>							
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>			SI	NO	OBSERVACIÓN		
	SI	NO	OBSERVACIÓN				
<b>Balanza 1</b>	Selección de balanza con precisión de 0.01 g, se limpio y nivelado o reviso.						
<b>Balanza 2</b>	Selección de balanza con precisión 0.1% de la masa, se limpio y nivelado o revisó.						
<b>Tamices</b>	Juego de tamices de malla cuadrada .						
<b>Vaso de Precipitados - Beaker</b>	Vaso con capacidad de 250 ml.						
<b>Varilla de</b>	Para agitar la muestra.						
<b>Aparato Agitador -</b>	Batidora Eléctrica de 10.000 rev/min, con vaso y paleta según la norma INVIAS.						
<b>Hidrómetros</b>	Hidrómetro 151H (Gravedad Especifica)						
	Hidrómetro 152H (gramos/litro)						

<b>Probeta de Vidrio</b>	De 18" de Altura y con marca de 1.000 ml a 360±5 mm			
<b>Termómetro de Inmersión</b>	Con apreciación de 0.5°C			
<b>Cronometro</b>	O reloj.			
<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).			
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.			
<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.			
<b>Elementos Misceláneos</b>	Cepillo y Brocha para limpiar los tamices.			
<b>EPP</b>	Uso de Bata.			
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

### 3. Reactivo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Solución</b>	Solución de Hexametáfosfato de Sodio en proporción de 40 g por litro de agua destilada.			
	La solución se encuentra correctamente señalizada y con fecha de preparación visible.			
<b>Agua Destilada</b>	Agua destilada o desmineralizada.			

### 4. Elementos adicionales para calibración del Hidrómetro

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Recipiente</b>	Se determino la masa del recipiente (con tapa, si aplica) limpio y seco.			
<b>Baño de Agua o Cuarto de Temperatura constante</b>	Para mantener la temperatura constante durante la calibración			

### 5. Selección del material del espécimen

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Separación del material</b>	Consignación del tamiz utilizado para la separación del material en el formato.			
<b>Tamaño de la muestra</b>	Tamaño de la fracción gruesa determinado en base al diámetro nominal de la partícula.			
	Tamaño de la fracción fina pesado			
<b>Lavado</b>	Lavado de la fracción gruesa adecuado (con jabón si es contaminado).			
<b>Temperatura de secado</b>	Se introdujo la fracción gruesa al horno a la temperatura previamente dictaminada en el procedimiento técnico.			
<b>Pesada del material</b>	Se peso hasta masa constante el material seco en su recipiente tapado, si aplica.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

### 6. Análisis por tamizado de la fracción gruesa

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Tamizado</b>	Se realizo el tamizado haciendo los movimientos correctamente (Movimiento lateral y vertical acompañado de vibración y recorriendo circunferencias).			
	Se realizo la comprobación de terminación de la operación, es decir menos del 1% del material retenido pasa por el tamiz en 1 minuto.			
<b>Pesada del material</b>	Se realizo el pesado de forma correcta del material.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

### 7. Calibración del Hidrómetro

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Temperaturas</b>	La temperatura de la solución fue la misma del baño como temperatura extrema baja.			
	La temperatura de la solución fue la misma del baño como temperatura extrema alta.			

<b>Lecturas</b>	Se tomaron las lecturas en la parte superior del menisco.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

#### 8. Toma de la Humedad Higroscópica

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Material</b>	Se tomaron de 10 a 15 g de material secado al aire en una capsula con tapa hermética.			
<b>Temperatura de secado</b>	Se introdujo el recipiente destapado, al horno a la temperatura previamente dictaminada en el procedimiento técnico.			
<b>Pesada del material</b>	Se peso hasta masa constante el material seco en su recipiente tapado.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

#### 9. Dispersión de la muestra de suelo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Material</b>	Se seleccionaron los 50 g (Limos y Arcillas) o 100 g (Arenas) para la realización de ensayo.			
<b>Preparación de la muestra</b>	Se mezclaron completamente en un vaso graduado de 250 ml el suelo y 125 ml de solución.			
<b>Curado</b>	Se dejo en saturación la mezcla por un tiempo mínimo de 16 horas.			
<b>Dispersión</b>	Se lavaron los residuos de material con agua destilada dentro del vaso de la Batidora.			
	Se lleno con agua destilada hasta mas arriba de la mitad del vaso de la batidora.			
	Se agitó la muestra en la batidora durante un minuto a 10000 rev/min.			

#### 10. Ensayo del Hidrómetro

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Transferencia a la Probeta</b>	Se transfirió el material a la probeta lavando con agua destilada el vaso de la batidora y el agitador.			
	Se completaron 1000 ml de mezcla en la probeta con agua destilada.			

<b>Mezclado manual</b>	Se mezclo manualmente tapando la probeta con la mano o un tapón, a razón de 60 movimientos/min.			
<b>Lectura</b>	Se introdujo el hidrómetro a menos de 25 segundos antes de la toma de la lectura.			
	Se tomaron las lecturas a los tiempos			
	Se introdujo el termómetro después de la toma de la lecturas.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

#### 11. Análisis por tamizado de la fracción fina

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Lavado</b>	Se realizo el lavado sobre el tamiz No.200 de todo el material contenido en la probeta con agua potable y jabón si el suelo es contaminado.			
<b>Temperatura</b>	Se realizo el secado del material a la temperatura indicada en el procedimiento.			
<b>Tamizado</b>	Se realizo el tamizado haciendo los movimientos correctamente (Movimiento lateral y vertical acompañado de vibración y recorriendo circunferencias).			
	Se realizo la comprobación de terminación de la operación, es decir menos del 1% del material retenido pasa por el tamiz en 1 minuto.			
<b>Pesada del material</b>	Se realizo el pesado de forma correcta del material.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:	Firma:	Firma:
Realizo:	Reviso:	Aprobó:

**Anexo 24 Formato de Supervisión Técnica INV E-125-13 e INV E-126-13**

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA</p>	<p><b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INV E-125-13 E INV E-126-13</b></p> <p style="text-align: center;">13 Código: XX-FO-XXX Versión: XX</p>																									
<p><b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA</b></p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO																						
DÍA	MES	AÑO																								
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>																										
<p>Persona Supervisada: _____</p> <p>Cargo: _____ Id: _____</p>																										
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>																										
<p>Ensayo supervisado: <u>DETERMINACIÓN DE LOS LIMITES LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS</u></p> <p>Normativa(s) evaluadora(s): <u>INVE-125-13 E INVE-126-13</u></p>																										
<p>Tipo de muestra:</p> <table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Contaminada</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">No Contaminada</td> </tr> </table>		Contaminada	No Contaminada																							
Contaminada	No Contaminada																									
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>																										
<table border="1" style="float: right;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 15%;">SI</th> <th style="width: 15%;">NO</th> <th style="width: 60%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>			SI	NO	OBSERVACIÓN																					
	SI	NO	OBSERVACIÓN																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Temperatura</b></td> <td>Almacenaje entre 3°C y 30°C</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 55%;"></td> </tr> <tr> <td><b>Luz</b></td> <td>Zona sin contacto directo con la luz</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Tiempos</b></td> <td>¿Tiempo adecuado de almacenamiento?</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Lugar</b></td> <td>Almacenaje en zona designada</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C				<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz				<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?				<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada									
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C																									
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz																									
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?																									
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada																									
<b>2. Preparación del equipo de limite liquido a utilizar</b>																										
<table border="1" style="float: right;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 15%;">SI</th> <th style="width: 15%;">NO</th> <th style="width: 60%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>			SI	NO	OBSERVACIÓN																					
	SI	NO	OBSERVACIÓN																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Tamiz</b></td> <td>Selección del tamiz No. 40.</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 55%;"></td> </tr> <tr> <td><b>Aparato de Limite liquido</b></td> <td>Revisión de que las patas, base, copa, leva y soporte están en buen estado.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Ranurador plano</b></td> <td>Selección de ranurador plástico o metálico plano con punta de <math>2 \pm 0.1</math> mm.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Calibrador</b></td> <td>Selección de bloque metálico de <math>10 \pm 0.05</math> mm de espesor.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Recipiente de mezclado y almacenaje</b></td> <td>Selección de mortero de porcelana de 114 mm (4 1/2") de diámetro.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>Tamiz</b>	Selección del tamiz No. 40.				<b>Aparato de Limite liquido</b>	Revisión de que las patas, base, copa, leva y soporte están en buen estado.				<b>Ranurador plano</b>	Selección de ranurador plástico o metálico plano con punta de $2 \pm 0.1$ mm.				<b>Calibrador</b>	Selección de bloque metálico de $10 \pm 0.05$ mm de espesor.				<b>Recipiente de mezclado y almacenaje</b>	Selección de mortero de porcelana de 114 mm (4 1/2") de diámetro.				
<b>Tamiz</b>	Selección del tamiz No. 40.																									
<b>Aparato de Limite liquido</b>	Revisión de que las patas, base, copa, leva y soporte están en buen estado.																									
<b>Ranurador plano</b>	Selección de ranurador plástico o metálico plano con punta de $2 \pm 0.1$ mm.																									
<b>Calibrador</b>	Selección de bloque metálico de $10 \pm 0.05$ mm de espesor.																									
<b>Recipiente de mezclado y almacenaje</b>	Selección de mortero de porcelana de 114 mm (4 1/2") de diámetro.																									

<b>Espátula</b>	Selección de espátula flexible de unos 75 a 100 mm de longitud y 20 mm de ancho.			
<b>Balanza</b>	Selección de balanza con precisión de 0.01 g.			
<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.			
<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).			
<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas, lona de cuarteo u otros.			
<b>Agua</b>	Agua destilada.			
<b>Botella Plástica</b>	Frasco lavador con agua destilada.			
<b>EPP</b>	Uso de Bata.			
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

### 3. Selección del espécimen de ensayo de limite liquido

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Especímenes de ensayo</b>	Se realizaron los ensayos en suelos estratificados sobre el estrato de interés sin contaminación de otros estratos (Si aplica).			
<b>Tamaño</b>	Se tomaron entre 130 a 200 g de material pasante del tamiz No.40			

### 4. Calibración del Equipo de limite liquido

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Base de la Cazuela</b>	La huella, marca del desgaste, es menor de 10 mm.			

<b>Cazuela</b>	La depresión producida por el ranurador en la cazuela es menor a 0.1 mm o a la mitad del espesor de la misma.			
<b>Ajuste de la altura</b>	La altura de caída de la cazuela una vez ajustada es de $10 \pm 2$ mm.			

#### 5. Preparación del espécimen de ensayo de limite liquido

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Preparación de la muestra</b>	Se hizo la preparación por vía húmeda teniendo en cuenta que si mas del 15 % del material se retenía en el tamiz No.40 se realiza el lavado(cantidades no mayores a 500 g a la vez), en caso contrario se retiran las partículas trabajando sobre este tamiz la mezcla con ayuda de una lamina de caucho o retirándolas manualmente.			
<b>Reducción de la humedad</b>	Se redujo la humedad usando los elementos adecuados para esto.			
<b>Curado</b>	Se realizo un curado por un tiempo no inferior a 16 horas en el recipiente de mezclado con la humedad adecuada para la realización del ensayo.			

#### 6. Determinación del limite liquido

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Mezclado</b>	Se remezclo y ajusto la humedad del material después del curado y antes de la realización del ensayo.			
<b>Ranurado</b>	El ranurado se hizo con una sola pasada firme o varias pasadas del ranurador y/o la espátula, con el bisel hacia el frente y de arriba hacia abajo.			
<b>Verificación</b>	No había restos de material ni en la base ni en la parte inferior de la cazuela.			
<b>Cierre de la ranura</b>	La ranura se cerro en una distancia cerca a 13 mm (1/2").			

<b>Toma de Humedad</b>	Se tomo una tajada de suelo perpendicular a la ranura de aproximadamente el ancho de la espátula.			
<b>Siguiente tanteo</b>	Se limpio la cazuela y el ranurador antes de los tanteos.			
<b>Tanteos</b>	Se realizaron tres tanteos para el método multipunto o dos con diferencia de dos golpes para el de un solo punto.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

#### 7. Equipos adicionales para la determinación del limite plástico

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Placa de vidrio esmerilado</b>	Con tamaño adecuado para el enrollamiento.			

#### 8. Preparación del espécimen de ensayo de limite plástico

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Material</b>	Se tomaron 20 g o más de material de limite liquido después del segundo mezclado o al final del ensayo.			
<b>Secado</b>	Se redujo la humedad mezclando o extendiéndolo sobre la placa de vidrio o el mortero, y/o acelerándolo con un ventilador o papel secante, nunca bajo el sol.			

#### 9. Determinación del límite plástico

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Enrollamiento</b>	Con porciones de 1.5 a 2 g se formo una masa elipsoidal que se hizo rodar entre la palma de las manos o los dedos y la placa de vidrio, reduciendo su diámetro hasta 3.2 mm o 1/8" en menos de 2 minutos a una velocidad normal de 80 a 90 recorridos/min, se dividió el rollo, se comprimió y se repitió el ensayo hasta que se desmorone.			

<b>Fin del enrollamiento</b>	Finalizo el ensayo con la muestra enrollada al menos una vez en un cilindro de 3.2 mm de diámetro.			
<b>Determinación de la humedad</b>	Se obtuvieron dos recipientes con al menos 6 g de material fallado en cada uno.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:

Firma:

Firma:

Realizo:

Reviso:

Aprobó:

## Anexo 25 Formato de Inspección Técnica del Personal INV E-130-13

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INV E-130-13</b></p> <p>Código: XX-FO-XXX Versión: XX</p>						
<p><b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA</b></p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO			
DÍA	MES	AÑO					
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>							
<p>Persona Supervisada: _____</p> <p>Cargo: _____ Id: _____</p>							
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>							
<p>Ensayo supervisado: <u>PERMEABILIDAD DE SUELOS (CABEZA CONSTANTE)</u></p> <p>Normativa(s) evaluadora(s): <u>INVE-130-13</u></p>							
Tipo de muestra:	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50%;">Contaminada</td> <td style="width: 50%;">No Contaminada</td> </tr> </table>	Contaminada	No Contaminada				
Contaminada	No Contaminada						
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>							
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN		
	SI	NO	OBSERVACIÓN				
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C						
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz						
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?						
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada						
<b>2. Preparación del equipo a utilizar</b>							
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN		
	SI	NO	OBSERVACIÓN				
<b>Permeámetros</b>	Selección del permeámetro en función del tamaño máximo de las partículas.						
<b>Tubos manométricos</b>	Selección y utilización de los tubos manométricos.						
<b>Tanque de cabeza</b>	Utilización del tanque.						
<b>Embudos</b>	Selección del embudo en función del tamaño máximo de las partículas.						
<b>Equipo de compactación</b>	Utilización del pisón.						
<b>Bomba de vacío</b>	Utilización de la bomba de vacío con presión de 500 mm de Hg.						
<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.						

<b>Balanza</b>	Selección de balanza con precisión adecuada.			
<b>Cronometro</b>	Selección de dispositivo de medición de tiempo.			
<b>Probeta</b>	Selección de la probeta de volumen adecuado.			
<b>Termómetro</b>	Selección de termómetro adecuado.			
<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cucharas, cucharones u otros.			
<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).			
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.			
<b>EPP</b>	Uso de Bata.			
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

### 3. Selección del espécimen de ensayo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Selección del material</b>	Se selecciono por cuarteo la muestra de material secado al aire.			
<b>Granulometría</b>	Se realizó una granulometría del material previa a la realización del ensayo.			
<b>Características del Material</b>	El espécimen contiene menos del 10% de material pasante del tamiz No. 200, además no posee sobretamaños, es decir partículas mayores de 3/4".			
<b>Cantidad de material</b>	La cantidad de material seleccionado por cuarteo es del doble del necesario para llenar la cámara del permeámetro.			

### 4. Preparación del espécimen de ensayo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Toma de medidas</b>	Se tomaron el diámetro interior (D), la longitud entre las salidas de manómetros (L) y la profundidad (H1), esta ultima medida en cuatro puntos hasta la piedra porosa superior.			

<b>Determinación de humedad</b>	Se determinó la humedad del material secado al aire seleccionado para el ensayo.			
<b>Masa inicial</b>	Se determinó la masa inicial de material secado al aire (M1) total.			
<b>Distribución del material</b>	Se utilizó el embudo de 1/2" para introducir a la cámara material de tamaño máximo No.10, el embudo de 1" para material de tamaño máximo de 3/8" o el cucharón para tamaños mayores a este último.			
<b>Espesor de las capas</b>	El espesor mínimo de las capas fue 15 mm y un máximo igual al mayor tamaño de las partículas.			
<b>Compactación</b>	Con ayuda del pisón se compactó el material a la densidad deseada (0%, entre 0% y 100% y el 100%).			
<b>Altura de la última capa</b>	Se compactó la última capa hasta una altura de alrededor de 2 cm por encima de la salida del manómetro superior.			
<b>Altura final de la muestra</b>	Se colocó y rotó la piedra porosa superior para nivelar la superficie y se tomaron 4 lecturas de altura final (H2) simétricamente espaciadas.			
<b>Masa final</b>	Se determinó la masa final de suelo sobrante (M2) para sustraérsela a M1 y obtener el total de material contenido dentro del permeámetro.			
<b>Remoción de aire</b>	Se aspiró la muestra con una bomba de vacío a 500 mm de Hg durante mínimo 15 minutos.			
	Se saturó lentamente el material de abajo hacia arriba con la bomba de vacío aun conectada hasta que el permeámetro se llene de agua.			
<b>Revisión de los sistemas de flujo y manómetros</b>	Se introdujo agua del tanque abriendo ligeramente la válvula de admisión, se llenaron los tubos manométricos, se cerró la válvula de admisión y se abrió el desagüe para llegar a nivel de cabeza cero.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

**5. Procedimiento de ensayo**

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Primera prueba</b>	Se abrió ligeramente la válvula del tanque, y se dejó alcanzar un nivel de cabeza estable.			
	Se midieron el tiempo (t), la cabeza (h), el gasto (Q) y la temperatura (T).			
<b>Segunda prueba</b>	Se repitió la prueba con un incremento de 0.5 cm.			
<b>Examinación de la muestra</b>	Una vez drenada la muestra se examinó estableciendo si era homogénea e isotrópica, buscando rayas o capas.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:	Firma:	Firma:
Realizo:	Reviso:	Aprobó:

**Anexo 26 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-142-13**

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small></p>	<p><b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INV E-142-13</b></p> <p>Código: XX-FO-XXX Versión: XX</p>																																
<p><b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA</b></p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO																													
DÍA	MES	AÑO																															
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>																																	
<p>Persona Supervisada: _____</p> <p>Cargo: _____ Id: _____</p>																																	
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>																																	
<p>Ensayo supervisado: <u>RELACIONES DE HUMEDAD - MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS</u></p> <p>Normativa(s) evaluadora(s): <u>INVE-142-13</u></p>																																	
<p>Tipo de muestra:</p> <table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Contaminada</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">No Contaminada</td> </tr> </table>		Contaminada	No Contaminada																														
Contaminada	No Contaminada																																
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>																																	
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Temperatura</b> Almacenaje entre 3°C y 30°C</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Luz</b> Zona sin contacto directo con la luz</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Tiempos</b> ¿Tiempo adecuado de almacenamiento?</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Lugar</b> Almacenaje en zona designada</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			SI	NO	OBSERVACIÓN	<b>Temperatura</b> Almacenaje entre 3°C y 30°C				<b>Luz</b> Zona sin contacto directo con la luz				<b>Tiempos</b> ¿Tiempo adecuado de almacenamiento?				<b>Lugar</b> Almacenaje en zona designada															
	SI	NO	OBSERVACIÓN																														
<b>Temperatura</b> Almacenaje entre 3°C y 30°C																																	
<b>Luz</b> Zona sin contacto directo con la luz																																	
<b>Tiempos</b> ¿Tiempo adecuado de almacenamiento?																																	
<b>Lugar</b> Almacenaje en zona designada																																	
<b>2. Preparación del equipo a utilizar</b>																																	
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Moldes</b> Selección de moldes de diámetros adecuados (4" o 6").</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Martillo metálico manual</b> Selección de martillo de diámetro de 2" y peso de 10 lb con cuatro agujeros en la parte superior y cuatro en la parte inferior.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Extractor de muestras</b> Utilización de gato hidráulico con marco.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Balanza 1</b> Selección de balanza con capacidad de 11.5 kg y aproximación de 1g.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Balanza 2</b> Selección de balanza con capacidad de 1 kg y legibilidad de 0.1g.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Regla Metálica</b> De 250 mm con borde biselado.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Horno</b> Revisión y Selección de temperatura.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			SI	NO	OBSERVACIÓN	<b>Moldes</b> Selección de moldes de diámetros adecuados (4" o 6").				<b>Martillo metálico manual</b> Selección de martillo de diámetro de 2" y peso de 10 lb con cuatro agujeros en la parte superior y cuatro en la parte inferior.				<b>Extractor de muestras</b> Utilización de gato hidráulico con marco.				<b>Balanza 1</b> Selección de balanza con capacidad de 11.5 kg y aproximación de 1g.				<b>Balanza 2</b> Selección de balanza con capacidad de 1 kg y legibilidad de 0.1g.				<b>Regla Metálica</b> De 250 mm con borde biselado.				<b>Horno</b> Revisión y Selección de temperatura.			
	SI	NO	OBSERVACIÓN																														
<b>Moldes</b> Selección de moldes de diámetros adecuados (4" o 6").																																	
<b>Martillo metálico manual</b> Selección de martillo de diámetro de 2" y peso de 10 lb con cuatro agujeros en la parte superior y cuatro en la parte inferior.																																	
<b>Extractor de muestras</b> Utilización de gato hidráulico con marco.																																	
<b>Balanza 1</b> Selección de balanza con capacidad de 11.5 kg y aproximación de 1g.																																	
<b>Balanza 2</b> Selección de balanza con capacidad de 1 kg y legibilidad de 0.1g.																																	
<b>Regla Metálica</b> De 250 mm con borde biselado.																																	
<b>Horno</b> Revisión y Selección de temperatura.																																	

<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).			
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.			
<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas u otros.			
<b>EPP</b>	Uso de Bata.			
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

### 3. Procedimiento

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Cantidad de material</b>	Se seleccionaron 16 kg de material no compactado para el ensayo completo con los métodos A y B, o 26 kg para el método C.			
<b>Selección del método</b>	Se proceso la muestra sobre los tamices No. 4 para el método A, 3/8" para el método B o 3/4" para el método C para determinar el método de ensayo y las fracciones con sobretamaño (PFG) y de ensayo (PFE).			
	Se seleccionó el método que permita una mayor cantidad de porcentaje retenido en el tamiz designado por el método.			
<b>Lavado de la fracción con sobretamaño</b>	Se realizó el lavado de la fracción con sobretamaño si mas del 0.5% de la masa total seca estaba adherida a la misma, se registro su masa seca después del lavado.			

<b>Preparación de las submuestras por vía húmeda</b>	Se tomaron submuestras con tamaño de mas o menos 2.3 kg para el método A y B, o de 5.9 kg para el método C.			
	Se prepararon 4 o mas submuestras con diferencias de humedades del 2%, en algunos casos mayores pero sin excederse del 4% atomizando agua o secándolas a temperatura ambiente o en aparatos a temperaturas inferiores a 60°C.			
	Se dejaron en curado según los tiempos establecidos en la norma.			
<b>Compactación</b>	Se registro la masa y el volumen del molde sin el collar.			
	Se aseguró el molde con la placabase y el collar sobre una fundación firme y rígida, sin bamboleo.			
	Se compactaron las cinco capas a razón de 25 golpes por minuto siguiendo la secuencia de golpeo propia del molde.			
	La altura dentro del collar del material de la ultima capa no supero el máximo permitido por la noma, es decir 6 mm.			
	Se enraso la capa superior de la muestra con la regla metálica, rellenando los posibles orificios con material no usado.			
<b>Pesado</b>	Se peso el molde sin collar y el suelo compactado con aproximación a 1 g.			
<b>Material para humedad</b>	Se extrajo una porción representativa de todas las capas en cantidad suficiente para reportar la humedad al 0.1%.			
<b>Continuación del proceso</b>	Se repitió el proceso con la totalidad de las submuestras indicadas.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

**4. Correccion por sobretamaños**

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Determinación de las masas</b>	Se determinó la masa húmeda de la fracción fina y fracción de gruesa.			
<b>Determinación de Humedades</b>	Se determinó la humedad de la fracción fina y gruesa adecuadamente.			
<b>Gravedad especifica</b>	Se determinó la gravedad especifica de los sobretamaños (GM).			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:	Firma:	Firma:
Realizo:	Reviso:	Aprobó:

## Anexo 27 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-151-13

 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	<b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INVE-151-13</b> Código:XX-FO-XXX Versión: XX							
	<b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA</b>		<table border="1"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO		
DÍA	MES	AÑO						
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>								
Persona Supervisada: _____ Cargo: _____ Id: _____								
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>								
Ensayo supervisado: <u>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS</u> Normativa(s) evaluadora(s): <u>INVE-151-13</u>								
Tipo de muestra: <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 50px;">Contaminada</td> <td style="width: 50px;">No Contaminada</td> </tr> </table>				Contaminada	No Contaminada			
Contaminada	No Contaminada							
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>								
		<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>				
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C							
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz							
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?							
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada.							
<b>Alteraciones</b>	Se evitó la vibración, distorsión y compresión de la muestra durante su almacenaje.							
<b>2.Preparación del equipo a utilizar</b>								
		<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>				
<b>Equipo de consolidación</b>	Revisión del dispositivo de carga.							
	Revisión del consolidómetro.							
	Revisión y limpieza de los discos porosos .							
<b>Papel Filtro</b>	De Nylon-monofilamento o papel filtro grado 54 con bajo contenido de ceniza.							
<b>Deformímetro</b>	Se selección un deformímetro con resolución mínima de 0.0001".							
<b>Balanza</b>	Selección de balanza con precisión adecuada.							
<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.							

<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).			
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.			
<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, navajas o cierra de alambres.			
<b>Ambiente</b>	Temperatura ambiente constante a $22 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .			
<b>Temperatura del consolidómetro</b>	Temperatura constante del consolidómetro a $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .			
<b>EPP</b>	Uso de Bata.			
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

#### 4. Preparación de la muestra

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Anillo de consolidación</b>	La muestra se introdujo en el anillo quedando ajustada y sin vacíos perimetrales.			
<b>Enrasado</b>	Se enrasó la muestra con ayuda de la sierra de alambre o la regla metálica y se rellenaron los vacíos con suelo de recorte.			
<b>Masa inicial</b>	Se determino la masa inicial de la muestras (MTO) con precisión de 0.01g, sin la masa del anillo (Mr).			
<b>Altura inicial</b>	Se determino la altura inicial tomando el promedio de cuatro mediciones.			
<b>Humedad inicial</b>	Se tomaron al menos dos humedades naturales con los residuos de recorte.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

### 5. Procedimiento de ensayo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Estado de los discos porosos</b>	Las piedras porosas estaban en el mismo estado del espécimen (secas, humedecidas o saturadas) o en el estado adecuado para el ensayo.			
<b>Carga de asiento</b>	Se aplicó la carga de asiento equivalente a 5 kPa o diferente según el suelo.			
<b>Ajuste del deformímetro</b>	Se ajustó el deformímetro inmediatamente después de aplicar la carga de asiento.			
<b>Inundación</b>	Se inundó el consolidómetro inmediatamente después de aplicar la carga.			
<b>Aplicación de cargas</b>	La aplicación de carga se hizo con un incremento de carga (RIC) de 1, es decir del doble de la carga anterior.			
<b>Toma de lecturas</b>	Se realizaron las lecturas a los intervalos de tiempo establecidos.			
<b>Método</b>	Se siguieron los tiempos de carga, la toma de datos y los requerimientos propios designados por el método.			
<b>Desmante</b>	Se llevó la muestra a la carga de asiento y se desmontó el equipo una vez la deformación axial se redujo a menos del 0.2% por hora y después de registrarse la carga final de asiento.			
<b>Medición final del espécimen</b>	Una vez desmontado y seca el agua presente en el espécimen, se tomaron 4 medidas de la altura con aproximación de 0.01 mm.			
<b>Masa total de la probeta</b>	Se determinó la masa total de la probeta con aproximación a 0.01 g.			
<b>Humedad</b>	Se determinó el contenido de agua de acuerdo a la norma INVE-122-13.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:		
Firma:	Firma:	Firma:
Realizo:	Reviso:	Aprobó:

**Anexo 28 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-152-13**

 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	<b>FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INV E-152-13</b> Código:XX-FO-XXX Versión: XX						
<b>LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA</b>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">DÍA</th> <th style="width: 33%;">MES</th> <th style="width: 33%;">AÑO</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO			
DÍA	MES	AÑO					
<b>PERSONA SUPERVISADA</b>							
Persona Supervisada: _____ Cargo: _____ Id: _____							
<b>ASPECTOS SUPERVISADOS</b>							
Ensayo supervisado: <u>COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS</u> Normativa(s) evaluadora(s): <u>INV E-152-13</u>							
Tipo de muestra: <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 50px;">Contaminada</td> <td style="width: 50px;">No Contaminada</td> </tr> </table>		Contaminada	No Contaminada				
Contaminada	No Contaminada						
<b>1. Almacenaje de las muestras</b>							
	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN		
	SI	NO	OBSERVACIÓN				
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C						
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz						
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?						
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada						
<b>2.Preparación del equipo a utilizar</b>							
	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">SI</th> <th style="width: 10%;">NO</th> <th style="width: 20%;">OBSERVACIÓN</th> </tr> </table>		SI	NO	OBSERVACIÓN		
	SI	NO	OBSERVACIÓN				
<b>Aparato de compresión</b>	Se revisó la nivelación y el uso de la celda de carga adecuada para el ensayo.						
<b>Extractor de muestras</b>	Se revisó el correcto funcionamiento del equipo de extracción.						
<b>Indicador de deformaciones</b>	Se reviso el correcto funcionamiento del deformímetro y que este pueda medir al menos el 20% de la longitud del espécimen, su precisión debe ser de 0.001".						
<b>Instrumento de medición</b>	Se reviso el correcto funcionamiento del equipo, así como su resolución (0.1%).						
<b>Cronometro</b>	Se reviso el correcto funcionamiento del mismo y su precisión (1s).						

<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.			
<b>Balanza</b>	Selección de balanza con precisión adecuada (0.1%).			
<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).			
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.			
<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas o lona de cuarteo.			
<b>EPP</b>	Uso de Bata.			
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

### 3. Preparación de la muestra

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Extracción</b>	Se realizó la extracción sin producir compresión o alteraciones notorias.			
<b>Emparejamiento de los extremos</b>	Se emparejaron los extremos con material de recorte o labrado de la muestra o en su defecto, si es completamente necesario, con yeso de Paris, cemento u otro similar.			
<b>Medición</b>	Se tomaron mínimo tres mediciones de diámetro y altura igualmente espaciadas antes del emparejamiento con yeso o cemento, si fue necesario.			
	La muestra tenía un diámetro igual o superior a 30 mm.			
	La relación altura/diámetro estuvo entre 2 y 2.5.			
<b>Masa</b>	Se determinó la masa de la muestra antes del emparejamiento con yeso o cemento, si fue necesario.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

#### 4. Procedimiento de ensayo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Montaje</b>	Se colocó el espécimen centrado sobre la platina inferior, se ajusto el equipo de carga cuidadosamente y se puso en cero el deformímetro.			
<b>Tiempo</b>	El tiempo de falla no se excedió de 15 minutos.			
<b>Humedad</b>	Se determino el contenido de agua utilizando preferiblemente toda la muestra.			
<b>Esquema</b>	Se realizo el esquema de la falla mostrando el ángulo de inclinación de la superficie de rotura, si este fue medible.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:

Firma:

Firma:

Firma:

Realizo:

Reviso:

Aprobó:

**Anexo 29 Formato de Supervisión Técnica del Personal INV E-154-13**

**FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL INVE-154-13**

Código:XX-FO-XXX

Versión: XX

**LABORATORIO DE SUELOS Y  
GEOTECNIA**

DÍA	MES	AÑO

**PERSONA SUPERVISADA**

Persona Supervisada: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_ Id: \_\_\_\_\_

**ASPECTOS SUPERVISADOS**Ensayo supervisado: CORTE DIRECTO EN CONDICION CONSOLIDADA DRENADA (CD)Normativa(s) evaluadora(s): INVE-154-13Tipo de muestra: 

Contaminada	No Contaminada
-------------	----------------

**1. Almacenaje de las muestras**

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Temperatura</b>	Almacenaje entre 3°C y 30°C			
<b>Luz</b>	Zona sin contacto directo con la luz			
<b>Tiempos</b>	¿Tiempo adecuado de almacenamiento?			
<b>Lugar</b>	Almacenaje en zona designada.			

**2. Preparación del equipo a utilizar**

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Aparato de corte</b>	Revisión del dispositivo de carga.			
	Revisión del mecanismo de cizalladura.			
	Revisión y limpieza de la caja de corte.			
	Revisión y limpieza de la cubeta de la caja de corte.			
	Revisión y limpieza de los discos porosos.			
<b>Instrumento de medición de la fuerza de corte</b>	Revisar y utilizar una celda o anillo de carga con precisión de 2.5 N de la fuerza de corte en la falla.			
<b>Indicador de deformación (Espesor)</b>	Revisión de deformímetro con precisión de 0.0001".			

<b>Indicador de deformación (Lateral)</b>	Revisión de deformímetro con precisión de 0.001".			
<b>Horno</b>	Revisión y Selección de temperatura.			
<b>Balanza</b>	Selección de balanza con precisión adecuada.			
<b>Recipientes Herméticos</b>	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).			
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.			
<b>Elementos Misceláneos</b>	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas o lona de cuarteo.			
<b>EPP</b>	Uso de Bata.			
	Uso de Guantes para manejo de muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de tapabocas para trabajo con muestras contaminadas (Si aplica).			
	Uso de Guantes resistentes al calor.			
	Uso de gafas de protección (Si aplica).			

#### 4. Preparación de la muestra

		SI	NO	OBSERVACIÓN
<b>Preparación de la muestra</b>	La muestra se preparó de acuerdo al método indicado para tal fin.			
<b>Especimen</b>	El diámetro o lado fue superior a 50 mm.			
	El espesor fue superior a 13 mm.			
	La relación diámetro(lado)/espesor fue de 2:1.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

#### 4. Procedimiento de ensayo

		SI	NO	OBSERVACIÓN
	Se colocaron las piedras porosas y la muestra dentro de la caja de corte y esto a su vez dentro de la cubeta.			

<b>Sistema de carga de corte</b>	Se coloco y ajusto el sistema de carga de corte y se pone en ceros.			
	Se ajustó el deformimetro horizontal o se tomó la lectura inicial.			
<b>Sistema de carga vertical</b>	Se colocó la placa de transferencia de carga y el marco de carga en posicion.			
	Se aplicó una carga de ajuste y se ubica el dispositivo de desplazamiento vertical.			
<b>Consolidación</b>	Se aplicó el primer incremento de carga y se inundo la cubeta con agua, si se requirio.			
<b>Consolidación primaria</b>	Se mantuvo el incremento de carga hasta la consolidación primaria y se tomaron lecturas de las deformaciones normales.			
<b>Pre-corte</b>	Se tomo el desplazamiento normal de pre-corte.			
	Se removieron los tornillos de alineamiento.			
	Se abrio un espacio con los tornillos de separación entre las mitades de la caja de corte de minimo 0.64 mm y despues se retiraron los tornillos.			
<b>Lecturas inicial</b>	Se tomarón las lecturas iniciales de tiempo, desplazamiento vertical y horizontal y las fuerzas normales y cortantes.			
<b>Corte drenado</b>	Se inició el corte y se tomaron las lecturas de tiempo, desplazamiento vertical y horizontal y las fuerzas cortantes.			
	Se sometió el espécimen a corte hasta el 10% de desplazamiento lateral relativo.			
<b>Fin del ensayo</b>	Se removió la fuerza normal, se desarmo el aparato y se separaron las mitades de la caja deslizando sobre ella misma en el caso de los suelos cohesivos.			
<b>Determinacion de la humedad</b>	Se retiro el espécimen de la caja de corte y se determina su humedad.			
<b>Toma de datos</b>	Se tomaron la totalidad de los datos exigidos en el formato.			

Observaciones, Recomendaciones y/o sugerencias:		
Firma:	Firma:	Firma:
Realizo:	Reviso:	Aprobó:





## Anexo 31 Humedad suelo no contaminado INV E 122-13

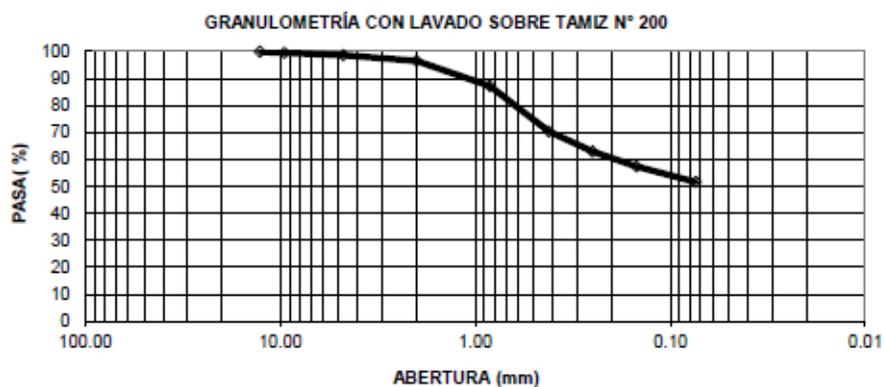
REPORTE DE ENSAYO																																													
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO INV E - 122 — 13</p>			OBRA: CONFIDENCIAL				FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																						
			SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL				FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																						
			APIQUE : N.A		N° DE ENSAYOS: 1		FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																						
			MUESTRAS: 1		PROFUNDIDAD: N.A		CALCULÓ: CONFIDENCIAL																																						
MÉTODO				DESCRIPCIÓN: ARCILLA ROJIZA				OPERADOR: CONFIDENCIAL																																					
A		B	x	INFORME N° 1				PÁGINAS: 1 de 1																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Prueba No.</th> <th>Referencia N°</th> <th>Cápsula No.</th> <th>Peso cápsula + suelo húm. (g)</th> <th>Peso cápsula + suelo seco (g)</th> <th>Peso del agua (g)</th> <th>Peso de la cápsula (g)</th> <th>Peso del suelo seco (g)</th> <th>Contenido de agua (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="9" style="text-align: center;">HUMEDADES</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">21</td> <td style="text-align: center;">131.40</td> <td style="text-align: center;">120.69</td> <td style="text-align: center;">10.71</td> <td style="text-align: center;">40.63</td> <td style="text-align: center;">80.06</td> <td style="text-align: center;">13.4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">147.16</td> <td style="text-align: center;">134.18</td> <td style="text-align: center;">12.98</td> <td style="text-align: center;">40.49</td> <td style="text-align: center;">93.69</td> <td style="text-align: center;">13.9</td> </tr> </tbody> </table>										Prueba No.	Referencia N°	Cápsula No.	Peso cápsula + suelo húm. (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	HUMEDADES									1	1	21	131.40	120.69	10.71	40.63	80.06	13.4	2	2	6	147.16	134.18	12.98	40.49	93.69	13.9
Prueba No.	Referencia N°	Cápsula No.	Peso cápsula + suelo húm. (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)																																					
HUMEDADES																																													
1	1	21	131.40	120.69	10.71	40.63	80.06	13.4																																					
2	2	6	147.16	134.18	12.98	40.49	93.69	13.9																																					
OBSERVACIONES:																																													
FIN DE REPORTE																																													

## Anexo 32 Determinación del tamaño de las partículas de suelo no contaminado INV E-123-13

 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL MECAGARANDA</small> Km 7 vía Piedecuesta	OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL
DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE SUELO I.N.V. E - 123-13	APIQUE No. N.R.	N° DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL
	MUESTRAS: 1	PROFUNDIDAD: N.R.	CALCULO: CONFIDENCIAL
	DESCRIPCIÓN: SUELO ROJIZO		OPERADOR: CONFIDENCIAL
	INFORME N°: 2		PÁGINAS: 1

PESO MUESTRA (g.)	1,253
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ N° 200 (g.)	610

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO			Pasa (%)
		Retenido			
		Parcial (g.)	Parcial (%)	Acumulado (%)	REAL
1/2"	12.70	0	0	0	100
3/8"	9.52	5.4	0.4	0.4	99.6
N° 4	4.75	10.6	0.8	1.3	98.7
N° 10	2.00	27.4	2.2	3.5	96.5
N° 20	0.84	117.2	9.4	12.8	87.2
N° 40	0.42	210.4	16.8	29.6	70.4
N° 60	0.25	93.6	7.5	37.1	62.9
N° 100	0.149	70.00	5.8	42.7	57.3
N° 200	0.074	71.00	5.7	48.3	51.7
Fondo	.....	643.33	51.3	100	0

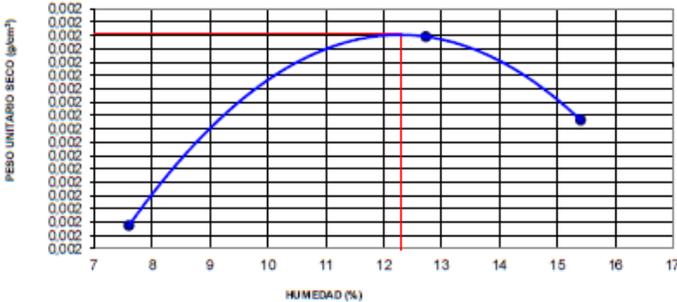




## Anexo 34 Permeabilidad cabeza constante suelo no contaminado INV E-130-13

REPORTE DE ENSAYO																																																							
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta</p>	OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																																				
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																																				
<p><b>PERMEABILIDAD DE SUELOS CABEZA CONSTANTE INVE-130-13</b></p>	SONDEO: N.R.	N° DE ENSAYOS: 1		FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																																			
	MUESTRAS: 1	PROFUNDIDAD: N.R.		CÁLCULO: CONFIDENCIAL																																																			
	DESCRIPCIÓN: ARENA			OPERADOR: CONFIDENCIAL																																																			
	INFORME N° 4			PÁGINAS: 1 de 1																																																			
<p>Dimensiones de la muestra</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">D (cm)</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">7.581</td> <td style="width: 30%;">Distancia entre manómetros L</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">4.51</td> <td style="width: 10%;">Peso cámara + base (g)</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">1408.72</td> </tr> <tr> <td>H (cm)</td> <td style="text-align: center;">14.13</td> <td></td> <td></td> <td>Peso cámara + base + suelo (g)</td> <td style="text-align: right;">2837.01</td> </tr> <tr> <td>Area (cm<sup>2</sup>) A</td> <td style="text-align: center;">45.14</td> <td></td> <td></td> <td>Peso suelo húmedo (g)</td> <td style="text-align: right;">1228.29</td> </tr> <tr> <td>Volúmen (cm<sup>3</sup>) V</td> <td style="text-align: center;">637.50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>								D (cm)	7.581	Distancia entre manómetros L	4.51	Peso cámara + base (g)	1408.72	H (cm)	14.13			Peso cámara + base + suelo (g)	2837.01	Area (cm <sup>2</sup> ) A	45.14			Peso suelo húmedo (g)	1228.29	Volúmen (cm <sup>3</sup> ) V	637.50																												
D (cm)	7.581	Distancia entre manómetros L	4.51	Peso cámara + base (g)	1408.72																																																		
H (cm)	14.13			Peso cámara + base + suelo (g)	2837.01																																																		
Area (cm <sup>2</sup> ) A	45.14			Peso suelo húmedo (g)	1228.29																																																		
Volúmen (cm <sup>3</sup> ) V	637.50																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>ENSAYO No.</th> <th>Cabeza h</th> <th>t (seg)</th> <th>Q (cm<sup>3</sup>)</th> <th>T (°C)</th> <th>K (cm/seg)</th> <th>F.C</th> <th>K<sub>20</sub> (cm/seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>30.3</td> <td>60.0</td> <td>165.0</td> <td>24</td> <td>0.00907828</td> <td>0.911000</td> <td>0.008268488</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30.3</td> <td>60.0</td> <td>163.0</td> <td>24</td> <td>0.00898626</td> <td>0.911000</td> <td>0.008168264</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30.3</td> <td>60.0</td> <td>164.0</td> <td>24</td> <td>0.00902127</td> <td>0.911000</td> <td>0.008218376</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>30.3</td> <td>60.0</td> <td>163.0</td> <td>24</td> <td>0.00898626</td> <td>0.911000</td> <td>0.008168264</td> </tr> <tr> <td colspan="7">PROMEDIO</td> <td>0.008205848</td> </tr> </tbody> </table>								ENSAYO No.	Cabeza h	t (seg)	Q (cm <sup>3</sup> )	T (°C)	K (cm/seg)	F.C	K <sub>20</sub> (cm/seg)	1	30.3	60.0	165.0	24	0.00907828	0.911000	0.008268488	2	30.3	60.0	163.0	24	0.00898626	0.911000	0.008168264	3	30.3	60.0	164.0	24	0.00902127	0.911000	0.008218376	4	30.3	60.0	163.0	24	0.00898626	0.911000	0.008168264	PROMEDIO							0.008205848
ENSAYO No.	Cabeza h	t (seg)	Q (cm <sup>3</sup> )	T (°C)	K (cm/seg)	F.C	K <sub>20</sub> (cm/seg)																																																
1	30.3	60.0	165.0	24	0.00907828	0.911000	0.008268488																																																
2	30.3	60.0	163.0	24	0.00898626	0.911000	0.008168264																																																
3	30.3	60.0	164.0	24	0.00902127	0.911000	0.008218376																																																
4	30.3	60.0	163.0	24	0.00898626	0.911000	0.008168264																																																
PROMEDIO							0.008205848																																																
<p>OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME</p>																																																							
FIN DEL REPORTE																																																							

## Anexo 35 Proctor modificado suelo no contaminado INV E-142-13

REPORTE DE ENSAYO																																																			
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUENAVISTA</small> LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL Km 7 vía Piedecuesta (Oficina K-210)	OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																																
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																																
	MUESTRA N° 1	N° DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																																
<b>RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)</b> I.N.V. E -142-13	APIQUE N° N.R	PROFUNDIDAD: N.R	CALCULO: CONFIDENCIAL																																																
	DESCRIPCIÓN: Arcilla Natural Color Rojizo		OPERADOR: CONFIDENCIAL																																																
METODO	A	INFORME N°: 5	PAGINAS: 1 de 1																																																
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td style="width: 50%;">Caida</td><td style="width: 50%; text-align: center;">18"</td></tr> <tr><td>Numero de Capas</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>Golpes por Capa</td><td style="text-align: center;">25</td></tr> <tr><td>Peso del Martillo</td><td style="text-align: center;">10 lb</td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td style="width: 50%;">Molde No</td><td style="width: 50%; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>Diametro (cm)</td><td style="text-align: center;">10,18</td></tr> <tr><td>Altura Molde (cm)</td><td style="text-align: center;">11,75</td></tr> <tr><td>Peso Molde (gr)</td><td style="text-align: center;">1981</td></tr> <tr><td>Volumen (cm<sup>3</sup>)</td><td style="text-align: center;">956,4</td></tr> </table> </td> </tr> </table>				<table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td style="width: 50%;">Caida</td><td style="width: 50%; text-align: center;">18"</td></tr> <tr><td>Numero de Capas</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>Golpes por Capa</td><td style="text-align: center;">25</td></tr> <tr><td>Peso del Martillo</td><td style="text-align: center;">10 lb</td></tr> </table>	Caida	18"	Numero de Capas	5	Golpes por Capa	25	Peso del Martillo	10 lb	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td style="width: 50%;">Molde No</td><td style="width: 50%; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>Diametro (cm)</td><td style="text-align: center;">10,18</td></tr> <tr><td>Altura Molde (cm)</td><td style="text-align: center;">11,75</td></tr> <tr><td>Peso Molde (gr)</td><td style="text-align: center;">1981</td></tr> <tr><td>Volumen (cm<sup>3</sup>)</td><td style="text-align: center;">956,4</td></tr> </table>	Molde No	1	Diametro (cm)	10,18	Altura Molde (cm)	11,75	Peso Molde (gr)	1981	Volumen (cm <sup>3</sup> )	956,4																												
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td style="width: 50%;">Caida</td><td style="width: 50%; text-align: center;">18"</td></tr> <tr><td>Numero de Capas</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>Golpes por Capa</td><td style="text-align: center;">25</td></tr> <tr><td>Peso del Martillo</td><td style="text-align: center;">10 lb</td></tr> </table>	Caida	18"	Numero de Capas	5	Golpes por Capa	25	Peso del Martillo	10 lb	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td style="width: 50%;">Molde No</td><td style="width: 50%; text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>Diametro (cm)</td><td style="text-align: center;">10,18</td></tr> <tr><td>Altura Molde (cm)</td><td style="text-align: center;">11,75</td></tr> <tr><td>Peso Molde (gr)</td><td style="text-align: center;">1981</td></tr> <tr><td>Volumen (cm<sup>3</sup>)</td><td style="text-align: center;">956,4</td></tr> </table>	Molde No	1	Diametro (cm)	10,18	Altura Molde (cm)	11,75	Peso Molde (gr)	1981	Volumen (cm <sup>3</sup> )	956,4																																
Caida	18"																																																		
Numero de Capas	5																																																		
Golpes por Capa	25																																																		
Peso del Martillo	10 lb																																																		
Molde No	1																																																		
Diametro (cm)	10,18																																																		
Altura Molde (cm)	11,75																																																		
Peso Molde (gr)	1981																																																		
Volumen (cm <sup>3</sup> )	956,4																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ENSAYO</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD</td> </tr> <tr><td>Peso molde + Suelo Húmedo (g.)</td><td style="text-align: center;">3810</td><td style="text-align: center;">4050</td><td style="text-align: center;">4030</td></tr> <tr><td>Peso Suelo Húmedo (g.)</td><td style="text-align: center;">1829</td><td style="text-align: center;">2069</td><td style="text-align: center;">2049</td></tr> <tr><td>Peso específico húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</td><td style="text-align: center;">1,91</td><td style="text-align: center;">2,16</td><td style="text-align: center;">2,14</td></tr> <tr><td>Cápsula N°</td><td style="text-align: center;">300</td><td style="text-align: center;">301</td><td style="text-align: center;">302</td></tr> <tr><td>Peso cáp. y s. húmedo (g.)</td><td style="text-align: center;">136,98</td><td style="text-align: center;">134,40</td><td style="text-align: center;">133,91</td></tr> <tr><td>Peso cáp. y s. seco (g.)</td><td style="text-align: center;">130,16</td><td style="text-align: center;">123,77</td><td style="text-align: center;">121,43</td></tr> <tr><td>Peso cáp. (g.)</td><td style="text-align: center;">40,36</td><td style="text-align: center;">40,26</td><td style="text-align: center;">40,42</td></tr> <tr><td>Peso agua (g.)</td><td style="text-align: center;">6,82</td><td style="text-align: center;">10,63</td><td style="text-align: center;">12,48</td></tr> <tr><td>Humedad (%)</td><td style="text-align: center;">7,59</td><td style="text-align: center;">12,73</td><td style="text-align: center;">15,41</td></tr> <tr><td>Peso específico seco (g/cm<sup>3</sup>)</td><td style="text-align: center;">1,777</td><td style="text-align: center;">1,919</td><td style="text-align: center;">1,856</td></tr> </tbody> </table>				ENSAYO	1	2	3	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD				Peso molde + Suelo Húmedo (g.)	3810	4050	4030	Peso Suelo Húmedo (g.)	1829	2069	2049	Peso específico húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,91	2,16	2,14	Cápsula N°	300	301	302	Peso cáp. y s. húmedo (g.)	136,98	134,40	133,91	Peso cáp. y s. seco (g.)	130,16	123,77	121,43	Peso cáp. (g.)	40,36	40,26	40,42	Peso agua (g.)	6,82	10,63	12,48	Humedad (%)	7,59	12,73	15,41	Peso específico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1,777	1,919	1,856
ENSAYO	1	2	3																																																
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD																																																			
Peso molde + Suelo Húmedo (g.)	3810	4050	4030																																																
Peso Suelo Húmedo (g.)	1829	2069	2049																																																
Peso específico húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1,91	2,16	2,14																																																
Cápsula N°	300	301	302																																																
Peso cáp. y s. húmedo (g.)	136,98	134,40	133,91																																																
Peso cáp. y s. seco (g.)	130,16	123,77	121,43																																																
Peso cáp. (g.)	40,36	40,26	40,42																																																
Peso agua (g.)	6,82	10,63	12,48																																																
Humedad (%)	7,59	12,73	15,41																																																
Peso específico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1,777	1,919	1,856																																																
<p><b>PROCTOR MODIFICADO</b> <b>RELACIÓN PESO UNITARIO SECO-HUMEDAD</b></p>  <p style="font-size: small;">The graph plots 'PESO UNITARIO SECO (g/cm³)' on the y-axis (ranging from 0.002 to 0.002) against 'HUMEDAD (%)' on the x-axis (ranging from 7 to 17). A blue curve shows the relationship, with a peak at approximately 12.3% moisture content and 1.921 g/cm³ dry unit weight. A vertical red line marks the peak at 12.3%.</p>																																																			
<p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p style="margin-left: 20px;">                     Densidad máxima seca: 1,921 g/cm<sup>3</sup>                      Humedad óptima : 12,3 %                      Preparación de la muestra: Por Vía Humedad                 </p> <p style="font-size: x-small;">LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME.</p>																																																			
<b>FIN DEL REPORTE</b>																																																			

## Anexo 36 Compresión Inconfinada suelo no contaminado INV E-152-13

REPORTE DE ENSAYO																																																																																																																																																															
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SELECCIÓN EDUCACIONAL Km 7 vía Piedecuesta</p>	OBRA: CONFIDENCIAL					FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																									
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL					FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																									
	SONDEO: N.A			Nº DE ENSAYOS: 1		FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																									
	MUESTRAS: 2			PROFUNDIDAD: N.A		CALCULÓ: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																									
<b>COMPRESION INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS L.N.V.E - 152-13</b>	DESCRIPCIÓN: Arcilla Color Rojizo					OPERADOR: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																									
	INFORME N°: 7					PÁGINAS: 1 de 2																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Ds (cm)</td><td>3.54</td><td>As (cm<sup>2</sup>)</td><td>9.83</td><td>W (g)</td><td>143.2</td> </tr> <tr> <td>Dc (cm)</td><td>3.51</td><td>Ac (cm<sup>2</sup>)</td><td>9.65</td><td>V (cm<sup>3</sup>)</td><td>69.49</td> </tr> <tr> <td>Di (cm)</td><td>3.52</td><td>Ai (cm<sup>2</sup>)</td><td>9.73</td><td>γ (g/cm<sup>3</sup>)</td><td>2.06</td> </tr> <tr> <td>Hm (cm)</td><td>7.15</td><td>Am (cm<sup>2</sup>)</td><td>9.71</td><td>Vel.</td><td>1.00</td> </tr> </table>								Ds (cm)	3.54	As (cm <sup>2</sup> )	9.83	W (g)	143.2	Dc (cm)	3.51	Ac (cm <sup>2</sup> )	9.65	V (cm <sup>3</sup> )	69.49	Di (cm)	3.52	Ai (cm <sup>2</sup> )	9.73	γ (g/cm <sup>3</sup> )	2.06	Hm (cm)	7.15	Am (cm <sup>2</sup> )	9.71	Vel.	1.00																																																																																																																																
Ds (cm)	3.54	As (cm <sup>2</sup> )	9.83	W (g)	143.2																																																																																																																																																										
Dc (cm)	3.51	Ac (cm <sup>2</sup> )	9.65	V (cm <sup>3</sup> )	69.49																																																																																																																																																										
Di (cm)	3.52	Ai (cm <sup>2</sup> )	9.73	γ (g/cm <sup>3</sup> )	2.06																																																																																																																																																										
Hm (cm)	7.15	Am (cm <sup>2</sup> )	9.71	Vel.	1.00																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Carga(Lb)</th><th>Carga(Kg)</th><th>Def 10<sup>-3</sup> in</th><th>Def 10<sup>-2</sup> mm</th><th>Def. Unit 10<sup>-3</sup></th><th>1-Def. Unit</th><th>Area correg (cm<sup>2</sup>)</th><th>Esfuerzo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>1.000000</td><td>9.71</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>1.1</td><td>0.50</td><td>0.002</td><td>5.08</td><td>0.001</td><td>0.999290</td><td>9.72</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>2.2</td><td>1.00</td><td>0.009</td><td>22.86</td><td>0.003</td><td>0.996805</td><td>9.74</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>3.3</td><td>1.50</td><td>0.021</td><td>53.34</td><td>0.007</td><td>0.992544</td><td>9.79</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>4.4</td><td>2.00</td><td>0.03</td><td>76.2</td><td>0.011</td><td>0.989349</td><td>9.82</td><td>0.20</td></tr> <tr><td>5.5</td><td>2.49</td><td>0.039</td><td>99.06</td><td>0.014</td><td>0.986153</td><td>9.85</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>5.5</td><td>2.49</td><td>0.049</td><td>124.46</td><td>0.017</td><td>0.982603</td><td>9.89</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>8.8</td><td>3.99</td><td>0.06</td><td>152.4</td><td>0.021</td><td>0.978697</td><td>9.93</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>9.9</td><td>4.49</td><td>0.069</td><td>175.26</td><td>0.024</td><td>0.975502</td><td>9.96</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>11.0</td><td>4.99</td><td>0.079</td><td>200.66</td><td>0.028</td><td>0.971951</td><td>9.99</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>12.1</td><td>5.49</td><td>0.089</td><td>226.06</td><td>0.032</td><td>0.968401</td><td>10.03</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>14.3</td><td>6.49</td><td>0.1</td><td>254</td><td>0.036</td><td>0.964495</td><td>10.07</td><td>0.64</td></tr> <tr><td>15.4</td><td>6.99</td><td>0.12</td><td>304.8</td><td>0.043</td><td>0.957394</td><td>10.15</td><td>0.69</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>7.48</td><td>0.14</td><td>355.6</td><td>0.050</td><td>0.950294</td><td>10.22</td><td>0.73</td></tr> <tr><td>17.6</td><td>7.98</td><td>0.16</td><td>406.4</td><td>0.057</td><td>0.943193</td><td>10.30</td><td>0.78</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>7.48</td><td>0.18</td><td>457.2</td><td>0.064</td><td>0.936092</td><td>10.38</td><td>0.72</td></tr> <tr><td>15.4</td><td>6.99</td><td>0.2</td><td>508</td><td>0.071</td><td>0.928991</td><td>10.46</td><td>0.67</td></tr> <tr><td>14.3</td><td>6.49</td><td>0.22</td><td>558.8</td><td>0.078</td><td>0.921890</td><td>10.54</td><td>0.62</td></tr> </tbody> </table>								Carga(Lb)	Carga(Kg)	Def 10 <sup>-3</sup> in	Def 10 <sup>-2</sup> mm	Def. Unit 10 <sup>-3</sup>	1-Def. Unit	Area correg (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo	0.0	0.00	0	0	0.000	1.000000	9.71	0.00	1.1	0.50	0.002	5.08	0.001	0.999290	9.72	0.05	2.2	1.00	0.009	22.86	0.003	0.996805	9.74	0.10	3.3	1.50	0.021	53.34	0.007	0.992544	9.79	0.15	4.4	2.00	0.03	76.2	0.011	0.989349	9.82	0.20	5.5	2.49	0.039	99.06	0.014	0.986153	9.85	0.25	5.5	2.49	0.049	124.46	0.017	0.982603	9.89	0.25	8.8	3.99	0.06	152.4	0.021	0.978697	9.93	0.40	9.9	4.49	0.069	175.26	0.024	0.975502	9.96	0.45	11.0	4.99	0.079	200.66	0.028	0.971951	9.99	0.50	12.1	5.49	0.089	226.06	0.032	0.968401	10.03	0.55	14.3	6.49	0.1	254	0.036	0.964495	10.07	0.64	15.4	6.99	0.12	304.8	0.043	0.957394	10.15	0.69	16.5	7.48	0.14	355.6	0.050	0.950294	10.22	0.73	17.6	7.98	0.16	406.4	0.057	0.943193	10.30	0.78	16.5	7.48	0.18	457.2	0.064	0.936092	10.38	0.72	15.4	6.99	0.2	508	0.071	0.928991	10.46	0.67	14.3	6.49	0.22	558.8	0.078	0.921890	10.54	0.62
Carga(Lb)	Carga(Kg)	Def 10 <sup>-3</sup> in	Def 10 <sup>-2</sup> mm	Def. Unit 10 <sup>-3</sup>	1-Def. Unit	Area correg (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo																																																																																																																																																								
0.0	0.00	0	0	0.000	1.000000	9.71	0.00																																																																																																																																																								
1.1	0.50	0.002	5.08	0.001	0.999290	9.72	0.05																																																																																																																																																								
2.2	1.00	0.009	22.86	0.003	0.996805	9.74	0.10																																																																																																																																																								
3.3	1.50	0.021	53.34	0.007	0.992544	9.79	0.15																																																																																																																																																								
4.4	2.00	0.03	76.2	0.011	0.989349	9.82	0.20																																																																																																																																																								
5.5	2.49	0.039	99.06	0.014	0.986153	9.85	0.25																																																																																																																																																								
5.5	2.49	0.049	124.46	0.017	0.982603	9.89	0.25																																																																																																																																																								
8.8	3.99	0.06	152.4	0.021	0.978697	9.93	0.40																																																																																																																																																								
9.9	4.49	0.069	175.26	0.024	0.975502	9.96	0.45																																																																																																																																																								
11.0	4.99	0.079	200.66	0.028	0.971951	9.99	0.50																																																																																																																																																								
12.1	5.49	0.089	226.06	0.032	0.968401	10.03	0.55																																																																																																																																																								
14.3	6.49	0.1	254	0.036	0.964495	10.07	0.64																																																																																																																																																								
15.4	6.99	0.12	304.8	0.043	0.957394	10.15	0.69																																																																																																																																																								
16.5	7.48	0.14	355.6	0.050	0.950294	10.22	0.73																																																																																																																																																								
17.6	7.98	0.16	406.4	0.057	0.943193	10.30	0.78																																																																																																																																																								
16.5	7.48	0.18	457.2	0.064	0.936092	10.38	0.72																																																																																																																																																								
15.4	6.99	0.2	508	0.071	0.928991	10.46	0.67																																																																																																																																																								
14.3	6.49	0.22	558.8	0.078	0.921890	10.54	0.62																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD INICIAL</th> </tr> <tr> <th colspan="2">w (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cap</td><td>56</td></tr> <tr><td>Peso cap y s.h.</td><td>85.03</td></tr> <tr><td>Peso cap y s.s.</td><td>77.38</td></tr> <tr><td>Peso cap</td><td>40.13</td></tr> <tr><td>Peso agua</td><td>7.7</td></tr> <tr><td>Peso s.s.</td><td>37.25</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>20.5</td></tr> </tbody> </table>								HUMEDAD INICIAL		w (%)		Cap	56	Peso cap y s.h.	85.03	Peso cap y s.s.	77.38	Peso cap	40.13	Peso agua	7.7	Peso s.s.	37.25	Humedad	20.5																																																																																																																																						
HUMEDAD INICIAL																																																																																																																																																															
w (%)																																																																																																																																																															
Cap	56																																																																																																																																																														
Peso cap y s.h.	85.03																																																																																																																																																														
Peso cap y s.s.	77.38																																																																																																																																																														
Peso cap	40.13																																																																																																																																																														
Peso agua	7.7																																																																																																																																																														
Peso s.s.	37.25																																																																																																																																																														
Humedad	20.5																																																																																																																																																														

## Anexo 37 Corte directo suelo no contaminado INV E-154-13

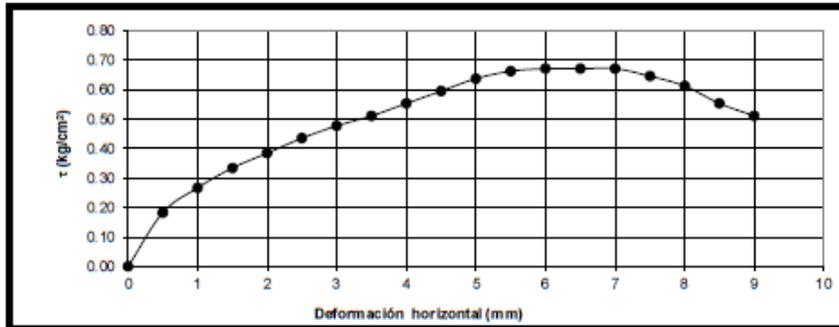
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUICARAMANGA  Km 7 vía a Piedecuesta	<b>OBRA:</b>		<b>FECHA DE INFORME:</b>
	CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL
	<b>SOLICITADO POR:</b>		<b>FECHA DE RECEPCION:</b>
	CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL
<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)</b> <b>I.N.V. E - 154 - 13</b>	<b>APIQUE N°:</b>	<b>N° DE ENSAYOS:</b>	<b>FECHA DE PRUEBA:</b>
	N.R	1	CONFIDENCIAL
	<b>MUESTRA N°:</b>	<b>PROFUNDIDAD:</b>	<b>CALCULO:</b>
	1	N.R	CONFIDENCIAL
	<b>DESCRIPCIÓN:</b>		<b>OPERADOR:</b>
Arcilla Natural Rojiza		CONFIDENCIAL	
<b>INFORME N°:</b>		<b>PAGINA:</b>	
8		1 de 4	

VELOCIDAD: 1.0 mm/min  
 AREA: 36 cm<sup>2</sup>

$\sigma$ : 0.500 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{\text{máx}}$ : 0.671 kg/cm<sup>2</sup>

W(%) Inicial			
Peso Muestra+molde (gr)	278.62	Cápsula No.	2
Peso del Molde(gr)	147.72	Peso cápsula	40.68
Peso Muestra (g)	130.90	Cápsula + sh	154.24
Altura de la muestra(cm)	2.05	Cápsula + as	136.79
Volumen (cm <sup>3</sup> )	73.80	Agua	17.45
Humedad (%)	18.16	as	96.11
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.77	W(%)	18.16
$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.50		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	$\tau$ kg/cm <sup>2</sup>	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 <sup>-2</sup> mm	$\tau/\sigma$
0.0	0	0	0.000	0.0	0	0.0000
0.5	11	6.581	0.183	0.5	2	0.3659
1.0	21	9.612	0.267	1.0	2	0.5340
1.5	29	12.037	0.334	1.5	2	0.6687
2.0	35	13.855	0.385	2.0	2	0.7697
2.5	41	15.674	0.435	2.5	2	0.8708
3.0	46	17.189	0.477	3.0	2	0.9550
3.5	50	18.401	0.511	3.5	2	1.0223
4.0	55	19.917	0.553	4.0	2	1.1065
4.5	60	21.432	0.595	4.5	2	1.1907
5.0	65	22.948	0.637	5.0	2	1.2749
5.5	68	23.857	0.663	5.5	2	1.3254
6.0	69	24.160	0.671	6.0	2	1.3422
6.5	69	24.160	0.671	6.5	2	1.3422
7.0	69	24.160	0.671	7.0	2	1.3422
7.5	66	23.251	0.646	7.5	62	1.2917
8.0	62	22.039	0.612	8.0	128	1.2244
8.5	55	19.917	0.553	8.5	180	1.1065
9.0	50	18.401	0.511	9.0	186	1.0223



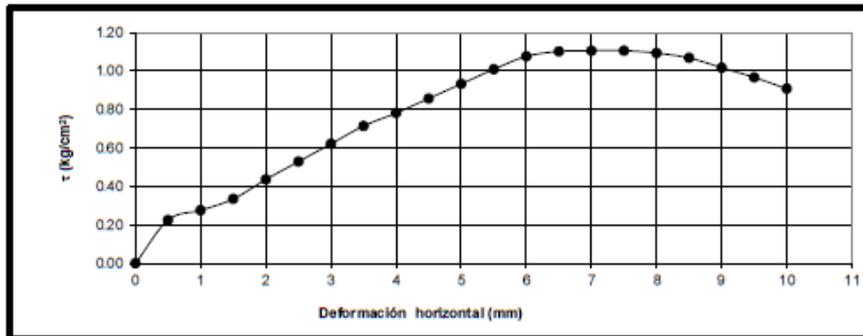
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> UNIVERSIDAD BOLIVARIANA</p> <p>Km 7 vía a Piedecuesta</p>	OBRA:	FECHA DE INFORME:	
	CONFIDENCIAL	CONFIDENCIAL	
<p><b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)</b> I.N.V. E – 154 – 13</p>	SOLICITADO POR:	FECHA DE RECEPCIÓN:	
	CONFIDENCIAL	CONFIDENCIAL	
	APIQUE N°:	N° DE ENSAYOS:	FECHA DE PRUEBA:
	N.R	1	CONFIDENCIAL
MUESTRA N°:	PROFUNDIDAD:	CALCULO:	
1	N.R	CONFIDENCIAL	
DESCRIPCIÓN:	OPERADOR:		
Arcilla Natural Rojiza	CONFIDENCIAL		
INFORME N°:	PAGINA:		
8	2 de 4		

VELOCIDAD: 1.0 mm/min  
 AREA: 36 cm<sup>2</sup>

$\sigma$  : 1.000 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{max}$ : 1.105 kg/cm<sup>2</sup>

W(%) Inicial	
Peso Muestra+molde (gr)	273.07
Peso del Molde(g)	141.04
Peso Muestra (g)	132.03
Altura de la muestra(cm)	2.08
Volumen (cm <sup>3</sup> )	74.88
Humedad (%)	16.94
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.76
$\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.51

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	$\tau$ kg/cm <sup>2</sup>	Def.Horizantal mm	Def.Vertical 10 <sup>-3</sup> mm	$\tau/\sigma$
0.0	0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
0.5	16	8.097	0.2249	0.5	2	0.2249
1.0	22	9.915	0.2754	1.0	2	0.2754
1.5	29	12.037	0.3344	1.5	2	0.3344
2.0	41	15.674	0.4354	2.0	-16	0.4354
2.5	52	19.008	0.5280	2.5	-98	0.5280
3.0	63	22.342	0.6206	3.0	-110	0.6206
3.5	74	25.676	0.7132	3.5	-144	0.7132
4.0	82	28.100	0.7806	4.0	-144	0.7806
4.5	91	30.828	0.8563	4.5	-156	0.8563
5.0	100	33.556	0.9321	5.0	-210	0.9321
5.5	109	36.284	1.0079	5.5	-226	1.0079
6.0	117	38.708	1.0752	6.0	-226	1.0752
6.5	120	39.617	1.1005	6.5	-226	1.1005
7.0	120.5	39.789	1.1047	7.0	-226	1.1047
7.5	120.5	39.789	1.1047	7.5	-226	1.1047
8.0	119	39.314	1.0921	8.0	-226	1.0921
8.5	116	38.405	1.0668	8.5	-226	1.0668
9.0	110	36.587	1.0163	9.0	-194	1.0163
9.5	104	34.768	0.9658	9.5	-180	0.9658
10.0	97	32.647	0.9068	10.0	-164	0.9068

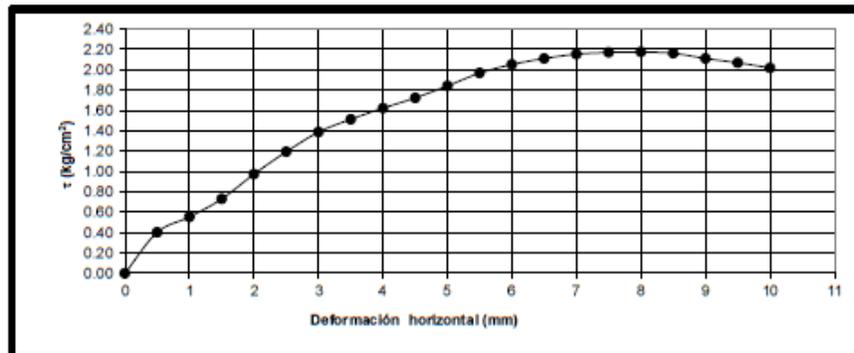


 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL RICABAMANGA Km 7 vía a Piedecuesta	OBRA:	CONFIDENCIAL	FECHA DE INFORME:	CONFIDENCIAL	
	SOLICITADO POR:	CONFIDENCIAL	FECHA DE RECEPCION:	CONFIDENCIAL	
<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)</b> <b>I.N.V. E - 154 - 13</b>	APIQUE N°:	N.R	N° DE ENSAYOS:	1	
	MUESTRA N°:	1	PROFUNDIDAD:	N.R	
	DESCRIPCIÓN:	Arcilla Natural Rojiza		OPERADOR:	CONFIDENCIAL
	INFORME N°:	8		PAGINA:	3 de 4

VELOCIDAD: 1.0 mm/min  
 AREA: 36 cm<sup>2</sup>  
  
 $\sigma$ : 2.000 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{max}$ : 2.174 kg/cm<sup>2</sup>

W(%) Inicial			
Peso Muestra+molde (gr)	278.12	Cápsula No.	55
Peso del Molde(gr)	145.24	Peso cápsula	40.33
Peso Muestra (g)	132.88	Cápsula + sh	140.49
Altura de la muestra(cm)	2.02	Cápsula +ss	126.56
Volumen (cm <sup>3</sup> )	72.72	Agua	13.93
Humedad (%)	16.15	ss	86.23
g (g/cm <sup>3</sup> )	1.83	W(%)	16.15
gd(g/cm <sup>3</sup> )	1.57		

Tiempo	Lectura de	P	$\tau$	Def.Horizontal	Def.Vertical	$\tau/\sigma$
m in	Carga	kg	kg/cm <sup>2</sup>	mm	10 <sup>-3</sup> mm	
0.0	0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
0.5	37	14.461	0.4017	0.5	-48	0.2009
1.0	55	19.917	0.5532	1.0	-144	0.2766
1.5	76	26.282	0.7300	1.5	-209	0.3650
2.0	105	35.071	0.9742	2.0	-288	0.4871
2.5	131	42.951	1.1931	2.5	-372	0.5965
3.0	154	49.922	1.3867	3.0	-490	0.6934
3.5	169	54.469	1.5130	3.5	-534	0.7565
4.0	182	58.409	1.6225	4.0	-594	0.8112
4.5	194	62.046	1.7235	4.5	-670	0.8617
5.0	208	66.289	1.8414	5.0	-716	0.9207
5.5	223	70.835	1.9676	5.5	-768	0.9838
6.0	233	73.866	2.0518	6.0	-802	1.0259
6.5	240	75.988	2.1108	6.5	-810	1.0554
7.0	245	77.503	2.1529	7.0	-824	1.0764
7.5	247	78.109	2.1697	7.5	-824	1.0849
8.0	247.5	78.261	2.1739	8.0	-824	1.0870
8.5	246	77.806	2.1613	8.5	-824	1.0806
9.0	240	75.988	2.1108	9.0	-824	1.0554
9.5	235	74.472	2.0687	9.5	-824	1.0343
10.0	229	72.654	2.0182	10.0	-824	1.0091

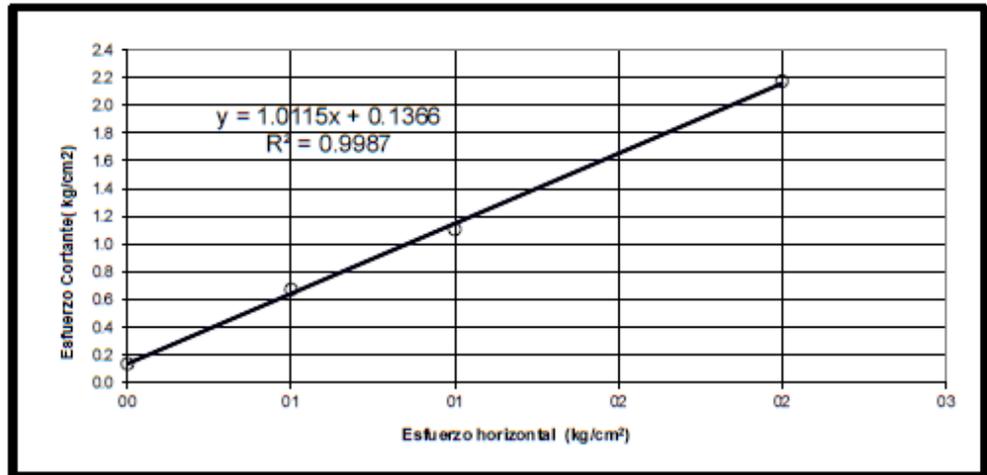


**ENVOLVENTE**

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> GOBIERNO BOLIVARIANO Km 7 vía a Piedecuesta</p>	<b>OBRA:</b> CONFIDENCIAL		<b>FECHA DE INFORME:</b> CONFIDENCIAL
	<b>SOLICITADO POR:</b> CONFIDENCIAL		<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> CONFIDENCIAL
	<b>APIQUE N°:</b> N.R	<b>N° DE ENSAYOS:</b> 1	<b>FECHA DE PRUEBA:</b> CONFIDENCIAL
<p align="center"><b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD)</b> I.N.V. E – 154 – 13</p>	<b>MUESTRA N°:</b> 1	<b>PROFUNDIDAD:</b> N.R	<b>CALCULO:</b>
	<b>DESCRIPCIÓN:</b> Arcilla Natural Rojiza		<b>OPERADOR:</b> CONFIDENCIAL
	<b>INFORME N°:</b> 8		<b>PAGINA:</b> 4 de 4

**GRAFICA DE ESFUERZO NORMAL Vs ESFUERZO CORTANTE**

Muestra No	Humedad %	Area cm²	Densidad Humeda g/cm³	Densidad Seca g/cm³	Esfuerzo Normal kg/cm²	Esfuerzo Cortante Máx kg/cm²
1	18.16	36	1.77	1.50	0.50	0.671
2	16.94	36	1.76	1.51	1.0	1.105
3	16.15	36	1.83	1.57	2.0	2.174



**OBSERVACIONES:**

$\phi =$	45.3	°
Cohesión=	0.137	kg/cm²

## Anexo 38 Humedad suelo contaminado PTSC-1-13

REPORTE DE ENSAYO																																													
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>				OBRA: CONFIDENCIAL			FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																						
				SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL			FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																						
<b>CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBURO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBURO -AGREGADO INV E - 122 — 13</b>				APIQUE: N.A	N° DE ENSAYOS: 1		FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																						
				MUESTRAS: 1	PROFUNDIDAD: N.A		CALCULO: CONFIDENCIAL																																						
METODO				DESCRIPCIÓN: ARCILLA ROJIZA			OPERADOR: CONFIDENCIAL																																						
A		B	x	INFORME N° 10			PÁGINAS: 1 de 1																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Prueba No.</th> <th>Referencia N°</th> <th>Cápsula No.</th> <th>Peso cápsula + suelo húm. (g)</th> <th>Peso cápsula + suelo seco (g)</th> <th>Peso del agua (g)</th> <th>Peso de la cápsula (g)</th> <th>Peso del suelo seco (g)</th> <th>Contenido de agua (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="9" style="text-align: center;"><b>HUMEDADES</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">107.88</td> <td style="text-align: center;">100.88</td> <td style="text-align: center;">7.00</td> <td style="text-align: center;">40.51</td> <td style="text-align: center;">60.37</td> <td style="text-align: center;">11.6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">117.62</td> <td style="text-align: center;">109.66</td> <td style="text-align: center;">7.96</td> <td style="text-align: center;">40.12</td> <td style="text-align: center;">69.54</td> <td style="text-align: center;">11.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>OBSERVACIONES:</p> <hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: auto;"/> <p style="text-align: center;">FIN DE REPORTE</p>										Prueba No.	Referencia N°	Cápsula No.	Peso cápsula + suelo húm. (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	<b>HUMEDADES</b>									1	1	10	107.88	100.88	7.00	40.51	60.37	11.6	2	2	30	117.62	109.66	7.96	40.12	69.54	11.4
Prueba No.	Referencia N°	Cápsula No.	Peso cápsula + suelo húm. (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)																																					
<b>HUMEDADES</b>																																													
1	1	10	107.88	100.88	7.00	40.51	60.37	11.6																																					
2	2	30	117.62	109.66	7.96	40.12	69.54	11.4																																					

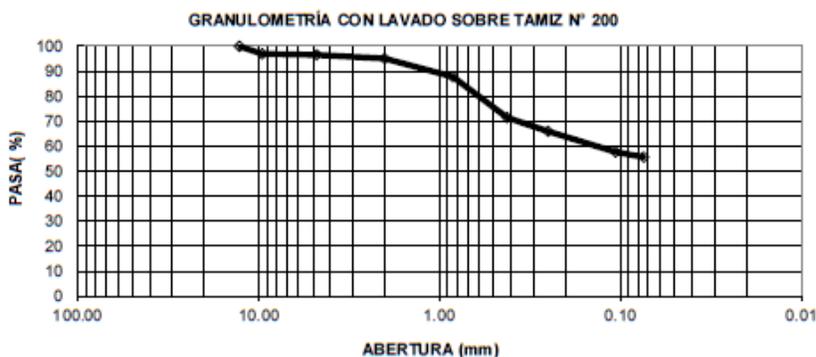
## Anexo 39 Determinación del tamaño de las partículas de suelo contaminado PTSC-2-13

### REPORTE DE ENSAYO

 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL MECERREMANA</small> Km 7 vía Piedecuesta	OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL
DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE SUELO I.N.V. E - 123-13	APIQUE No. N.R.	Nº DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL
	MUESTRAS: 1	PROFUNDIDAD: N.R.	CALCULÓ: CONFIDENCIAL
	DESCRIPCIÓN: SUELO ROJIZO		OPERADOR: CONFIDENCIAL
	INFORME N°: 10		PÁGINAS: 1

PESO MUESTRA (g.)	657.1
PESO MUESTRA LAVADA POR TAMIZ Nº 200 (g.)	295.0

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO			Pasa (%)
		Retenido			
		Parcial (g.)	Parcial (%)	Acumulado (%)	REAL
1/2"	12.70	0	0	0	100
3/8"	9.52	19.82	3.0	3.0	97.0
Nº 4	4.75	2.97	0.5	3.5	96.5
Nº 10	2.00	9.36	1.4	4.9	95.1
Nº 20	0.84	47.81	7.3	12.2	87.8
Nº 40	0.42	108.02	16.4	28.6	71.4
Nº 60	0.25	35.86	5.5	34.1	65.9
Nº 140	0.106	53.95	8.2	42.3	57.7
Nº 200	0.074	13.66	2.1	44.4	55.6
Fondo	.....	365.65	55.6	100	0



**OBSERVACIONES:**

\*LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS.

\*SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME.

**FIN DEL REPORTE**

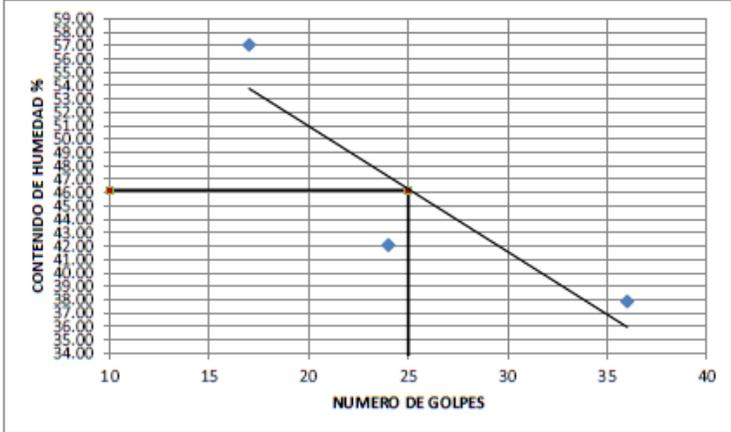
**Anexo 40 Límite líquido, plástico e índice de plasticidad de suelos contaminados PTSC-3-13 y PTCS-4-13**

REPORTE DE ENSAYO								
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía a Piedecuesta</p>			OBRA:			FECHA DE INFORME:		
			CONFIDENCIAL			CONFIDENCIAL		
			SOLICITADO POR:			FECHA DE RECEPCIÓN:		
			CONFIDENCIAL			CONFIDENCIAL		
<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO</b> Tomado y adaptado de I.N.V. E – 126 – 13			APIQUE N°	N° DE ENSAYOS:		FECHA DE PRUEBA:		
			0	1		CONFIDENCIAL		
			MUESTRA N°:	PROFUNDIDAD:		CALCULÓ:		
1	N.A.		CONFIDENCIAL					
			DESCRIPCIÓN:			OPERADOR:		
			ARCILLA ROJIZA CONTAMINADA AL 20%			CONFIDENCIAL		
METODO LIMITE LIQUIDO			INFORME No:			PAGINA:		
A	X	B	12			1 de 1		

Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
1	27	36	58.32	53.52	4.80	40.84	12.68	37.85
2	24	24	57.85	52.78	5.07	40.73	12.05	42.07
3	8	17	59.65	52.72	6.93	40.57	12.15	57.04
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>								
1	33		45.17	44.09	1.08	40.30	3.79	28.50
2	76		46.44	45.16	1.28	40.60	4.56	28.07
							PROMEDIO	28.28



Límite líquido	46.20
Límite plástico	28.28
Índice de plasticidad	17.92

**OBSERVACIONES:**  
LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS  
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME

**FIN DE REPORTE**

## Anexo 41 Permeabilidad de cabeza constante en suelos no contaminados PTSC-5-13

REPORTE DE ENSAYO																																																							
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía Piedecuesta</p>	OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																																				
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																																				
	SONDEO: N.R.	Nº DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																																				
	MUESTRAS: 1	PROFUNDIDAD: N.R.	CÁLCULO: CONFIDENCIAL																																																				
	DESCRIPCIÓN: ARENA CONTAMINADO AL 20 %		OPERADOR: CONFIDENCIAL																																																				
	INFORME N° 13		PÁGINAS: 1 de 1																																																				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Dimensiones de la muestra</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: right;">Peso cámara + base (g)</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">1615.26</td> </tr> <tr> <td>D (cm) 7.581</td> <td>Distancia entre manómetros L 4.51</td> <td style="text-align: right;">Peso cámara + base + suelo (g)</td> <td style="text-align: right;">2789.4</td> </tr> <tr> <td>H (cm) 13.378</td> <td></td> <td style="text-align: right;">Peso suelo húmedo (g)</td> <td style="text-align: right;">1174.14</td> </tr> <tr> <td>Area (cm<sup>2</sup>) A 45.14</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volúmen (cm<sup>3</sup>) V 603.86</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>								Dimensiones de la muestra		Peso cámara + base (g)	1615.26	D (cm) 7.581	Distancia entre manómetros L 4.51	Peso cámara + base + suelo (g)	2789.4	H (cm) 13.378		Peso suelo húmedo (g)	1174.14	Area (cm <sup>2</sup> ) A 45.14				Volúmen (cm <sup>3</sup> ) V 603.86																															
Dimensiones de la muestra		Peso cámara + base (g)	1615.26																																																				
D (cm) 7.581	Distancia entre manómetros L 4.51	Peso cámara + base + suelo (g)	2789.4																																																				
H (cm) 13.378		Peso suelo húmedo (g)	1174.14																																																				
Area (cm <sup>2</sup> ) A 45.14																																																							
Volúmen (cm <sup>3</sup> ) V 603.86																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>ENSAYO No.</th> <th>Cabeza h</th> <th>t (seg)</th> <th>Q (cm<sup>3</sup>)</th> <th>T (°C)</th> <th>K (cm/seg)</th> <th>F.C</th> <th>K<sub>20</sub> (cm/seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>48.9</td> <td>60.0</td> <td>460.0</td> <td>24</td> <td>0.01670143</td> <td>0.911000</td> <td>0.015215002</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>48.9</td> <td>60.0</td> <td>503.0</td> <td>24</td> <td>0.01714453</td> <td>0.911000</td> <td>0.015618865</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>48.9</td> <td>60.0</td> <td>498.0</td> <td>24</td> <td>0.01697411</td> <td>0.911000</td> <td>0.015463410</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>48.9</td> <td>60.0</td> <td>506.0</td> <td>24</td> <td>0.01724678</td> <td>0.911000</td> <td>0.015711818</td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;">PROMEDIO</td> <td>0.015502224</td> </tr> </tbody> </table>								ENSAYO No.	Cabeza h	t (seg)	Q (cm <sup>3</sup> )	T (°C)	K (cm/seg)	F.C	K <sub>20</sub> (cm/seg)	1	48.9	60.0	460.0	24	0.01670143	0.911000	0.015215002	2	48.9	60.0	503.0	24	0.01714453	0.911000	0.015618865	3	48.9	60.0	498.0	24	0.01697411	0.911000	0.015463410	4	48.9	60.0	506.0	24	0.01724678	0.911000	0.015711818	PROMEDIO							0.015502224
ENSAYO No.	Cabeza h	t (seg)	Q (cm <sup>3</sup> )	T (°C)	K (cm/seg)	F.C	K <sub>20</sub> (cm/seg)																																																
1	48.9	60.0	460.0	24	0.01670143	0.911000	0.015215002																																																
2	48.9	60.0	503.0	24	0.01714453	0.911000	0.015618865																																																
3	48.9	60.0	498.0	24	0.01697411	0.911000	0.015463410																																																
4	48.9	60.0	506.0	24	0.01724678	0.911000	0.015711818																																																
PROMEDIO							0.015502224																																																
<p><b>OBSERVACIONES:</b>          LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS          SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME</p>																																																							
FIN DEL REPORTE																																																							

## Anexo 42 Proctor modificado suelo contaminado PTSC-6-13

REPORTE DE ENSAYO																																																			
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> REGIONAL BARRANCOQUILLA LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL Km 7 vía Piedecuesta (Oficina K-210)</p>	OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																																
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																																
	MUESTRA N° 1	N° DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																																
<b>RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS PARA SUELOS CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN BASADO EN LA NORMA I.N.V. E -142-13)</b>	APIQUE N° N.R	PROFUNDIDAD: N.R	CALCULO: CONFIDENCIAL																																																
	DESCRIPCIÓN: Arcilla Rojiza Contaminada		OPERADOR: CONFIDENCIAL																																																
METODO	A	INFORME N°: 14	PAGINAS: 1 de 1																																																
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Caida</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">18"</td> </tr> <tr> <td>Numero de Capas</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> <tr> <td>Golpes por Capa</td> <td style="text-align: right;">25</td> </tr> <tr> <td>Peso del Martillo</td> <td style="text-align: right;">10 lb</td> </tr> </table> </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Molde No</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>Diametro (cm)</td> <td style="text-align: right;">10.18</td> </tr> <tr> <td>Altura Molde (cm)</td> <td style="text-align: right;">11.75</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde (gr)</td> <td style="text-align: right;">1981</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: right;">956.4</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>				<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Caida</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">18"</td> </tr> <tr> <td>Numero de Capas</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> <tr> <td>Golpes por Capa</td> <td style="text-align: right;">25</td> </tr> <tr> <td>Peso del Martillo</td> <td style="text-align: right;">10 lb</td> </tr> </table>	Caida	18"	Numero de Capas	5	Golpes por Capa	25	Peso del Martillo	10 lb	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Molde No</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>Diametro (cm)</td> <td style="text-align: right;">10.18</td> </tr> <tr> <td>Altura Molde (cm)</td> <td style="text-align: right;">11.75</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde (gr)</td> <td style="text-align: right;">1981</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: right;">956.4</td> </tr> </table>	Molde No	1	Diametro (cm)	10.18	Altura Molde (cm)	11.75	Peso Molde (gr)	1981	Volumen (cm <sup>3</sup> )	956.4																												
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Caida</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">18"</td> </tr> <tr> <td>Numero de Capas</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> <tr> <td>Golpes por Capa</td> <td style="text-align: right;">25</td> </tr> <tr> <td>Peso del Martillo</td> <td style="text-align: right;">10 lb</td> </tr> </table>	Caida	18"	Numero de Capas	5	Golpes por Capa	25	Peso del Martillo	10 lb	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Molde No</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>Diametro (cm)</td> <td style="text-align: right;">10.18</td> </tr> <tr> <td>Altura Molde (cm)</td> <td style="text-align: right;">11.75</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde (gr)</td> <td style="text-align: right;">1981</td> </tr> <tr> <td>Volumen (cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: right;">956.4</td> </tr> </table>	Molde No	1	Diametro (cm)	10.18	Altura Molde (cm)	11.75	Peso Molde (gr)	1981	Volumen (cm <sup>3</sup> )	956.4																																
Caida	18"																																																		
Numero de Capas	5																																																		
Golpes por Capa	25																																																		
Peso del Martillo	10 lb																																																		
Molde No	1																																																		
Diametro (cm)	10.18																																																		
Altura Molde (cm)	11.75																																																		
Peso Molde (gr)	1981																																																		
Volumen (cm <sup>3</sup> )	956.4																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ENSAYO</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD</td> </tr> <tr> <td>Peso molde + Suelo Húmedo (g.)</td> <td style="text-align: center;">3900</td> <td style="text-align: center;">4000</td> <td style="text-align: center;">4010</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Húmedo (g.)</td> <td style="text-align: center;">1919</td> <td style="text-align: center;">2019</td> <td style="text-align: center;">2029</td> </tr> <tr> <td>Peso específico húmedo (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;">2.01</td> <td style="text-align: center;">2.11</td> <td style="text-align: center;">2.12</td> </tr> <tr> <td>Cápsula N°</td> <td style="text-align: center;">304</td> <td style="text-align: center;">305</td> <td style="text-align: center;">306</td> </tr> <tr> <td>Peso cap. y s. húmedo (g.)</td> <td style="text-align: center;">145.36</td> <td style="text-align: center;">155.35</td> <td style="text-align: center;">132.69</td> </tr> <tr> <td>Peso cap. y s. seco (g.)</td> <td style="text-align: center;">139.25</td> <td style="text-align: center;">146.23</td> <td style="text-align: center;">123.34</td> </tr> <tr> <td>Peso cap. (g.)</td> <td style="text-align: center;">40.42</td> <td style="text-align: center;">40.72</td> <td style="text-align: center;">40.66</td> </tr> <tr> <td>Peso agua (g.)</td> <td style="text-align: center;">6.11</td> <td style="text-align: center;">9.12</td> <td style="text-align: center;">9.35</td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td style="text-align: center;">6.18</td> <td style="text-align: center;">8.64</td> <td style="text-align: center;">11.31</td> </tr> <tr> <td>Peso específico seco (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;">1.890</td> <td style="text-align: center;">1.943</td> <td style="text-align: center;">1.906</td> </tr> </tbody> </table>				ENSAYO	1	2	3	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD				Peso molde + Suelo Húmedo (g.)	3900	4000	4010	Peso Suelo Húmedo (g.)	1919	2019	2029	Peso específico húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.01	2.11	2.12	Cápsula N°	304	305	306	Peso cap. y s. húmedo (g.)	145.36	155.35	132.69	Peso cap. y s. seco (g.)	139.25	146.23	123.34	Peso cap. (g.)	40.42	40.72	40.66	Peso agua (g.)	6.11	9.12	9.35	Humedad (%)	6.18	8.64	11.31	Peso específico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.890	1.943	1.906
ENSAYO	1	2	3																																																
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD																																																			
Peso molde + Suelo Húmedo (g.)	3900	4000	4010																																																
Peso Suelo Húmedo (g.)	1919	2019	2029																																																
Peso específico húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.01	2.11	2.12																																																
Cápsula N°	304	305	306																																																
Peso cap. y s. húmedo (g.)	145.36	155.35	132.69																																																
Peso cap. y s. seco (g.)	139.25	146.23	123.34																																																
Peso cap. (g.)	40.42	40.72	40.66																																																
Peso agua (g.)	6.11	9.12	9.35																																																
Humedad (%)	6.18	8.64	11.31																																																
Peso específico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.890	1.943	1.906																																																
<p><b>PROCTOR MODIFICADO</b> <b>RELACIÓN PESO UNITARIO SECO-HUMEDAD</b></p> 																																																			
<p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p style="margin-left: 40px;">Densidad máxima seca: 1,944 g/cm<sup>3</sup>                  Humedad óptima : 9 %                  Preparacion de la muestra: Por Vía Humedad</p> <p>LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS.                  SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME.</p>																																																			
<b>FIN DEL REPORTE</b>																																																			

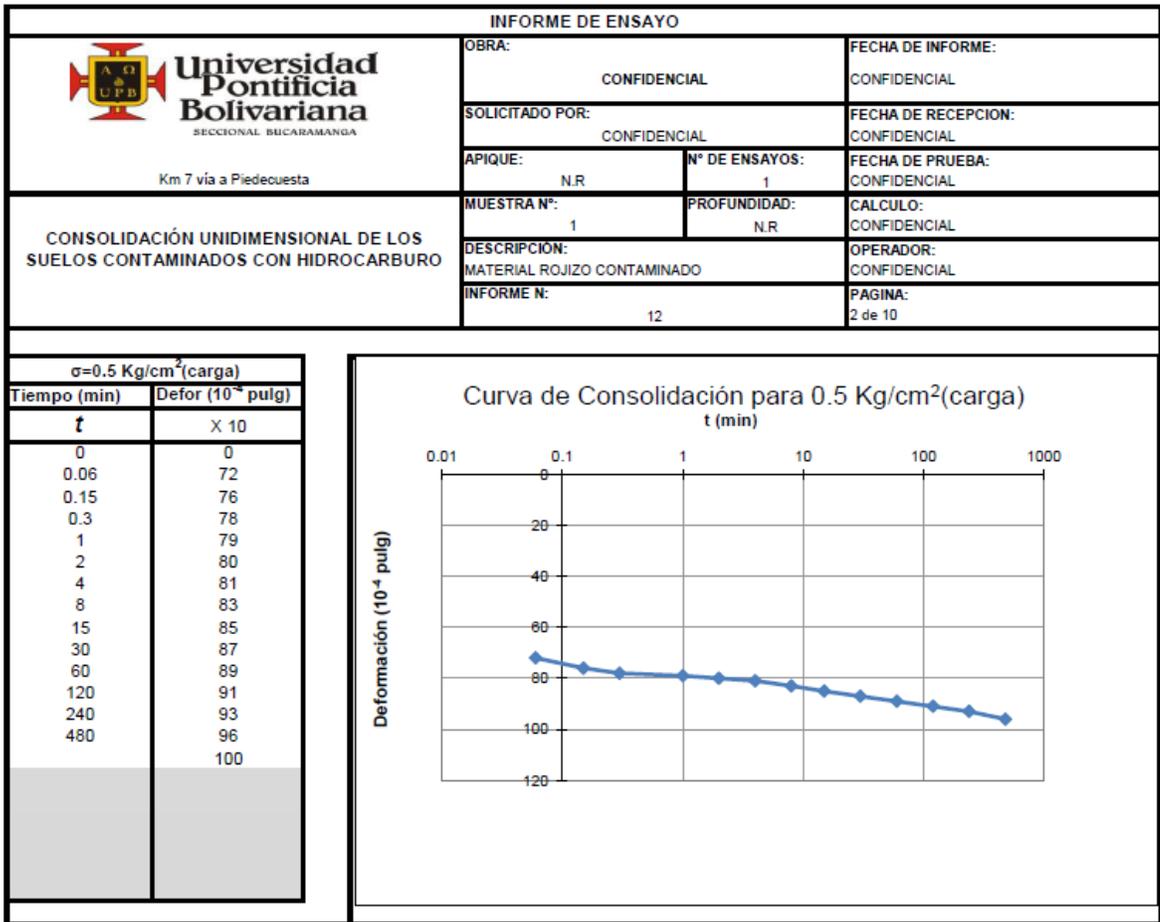
## Anexo 43 Consolidación unidimensional de suelos contaminados PTSC-7-13

INFORME DE ENSAYO			
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL RICARABANGA Km 7 vía a Piedecueña</p>	OBRA:	FECHA DE INFORME:	
	CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL
	SOLICITADO POR:	FECHA DE RECEPCIÓN:	
CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL	
APIQUE N°:	N° DE ENSAYOS:	FECHA DE PRUEBA:	
N.R	1	CONFIDENCIAL	
MUESTRA N°:	PROFUNDIDAD:	CALCULO:	
1	N.R	CONFIDENCIAL	
DESCRIPCIÓN:	OPERADOR:		
MATERIAL ROJIZO CONTAMINADO	CONFIDENCIAL		
INFORME N°:	PAGINA:		
12	1 de 10		

Diámetro de la muestra, $d$ :	63.5 mm	Gravedad Especifica, $G_s$ :	2.68
Area de la Muestra, $A$ :	31.62 cm <sup>2</sup>	Masa Seca, $W_s$ :	133.43 g.
Altura de la muestra, $h_m$ :	2.54 cm	Ultima Medición, $M_e$ :	0.2482 cm
densidad, $\rho$ (inicial):	1.79 g/cm <sup>3</sup>	densidad, $\rho$ (final):	2.08 g/cm <sup>3</sup>
Altura de Sólidos, $h_s = \frac{W_s}{A \gamma_s} =$	1.57 cm	$h_m - h_s =$	0.97 cm

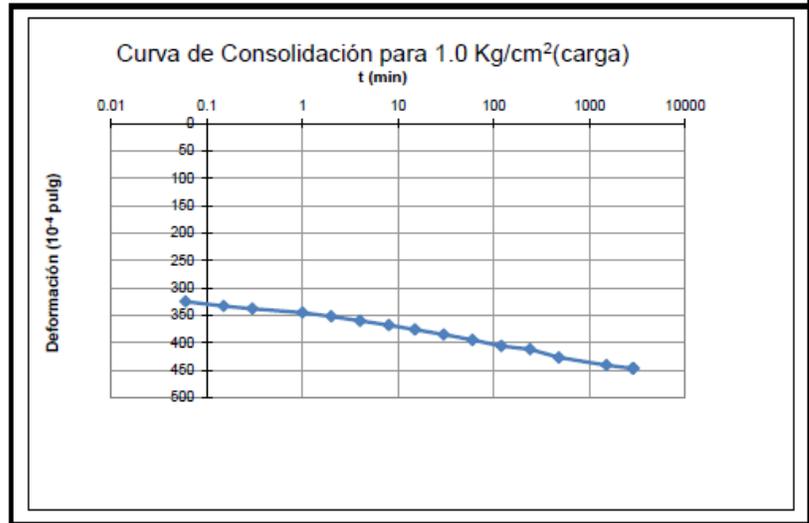
	ANTES DEL ENSAYO		DESPUES DEL ENSAYO	
Humedad	$\omega_{b1}$	8.18%	$\omega_{b2}$	13.12%
Relación de Vacíos	$e_1 = \frac{h_m - h_s}{h_s}$	0.616	$e_2 = \frac{h_m - h_s - M_e}{h_s}$	0.458
Saturación	$G_{w1} = \frac{\omega_{b1} G_s}{e_1} \cdot 100$	35.6%	$G_{w2} = \frac{\omega_{b2} G_s}{e_2} \cdot 100$	76.7%
Porosidad	$n_1 = \frac{e_1}{1 + e_1} \cdot 100$	38.1%	$n_2 = \frac{e_2}{1 + e_2} \cdot 100$	31.4%
Poros Llenos con Agua	$n_{a1} = \frac{n_1 G_{w1}}{100}$	13.6%	$n_{a2} = \frac{n_2 G_{w2}}{100}$	24.1%
Poros Llenos con Aire	$n_{h1} = n_1 - n_{a1}$	24.5%	$n_{h2} = n_2 - n_{a2}$	7.3%
Altura de sólidos	$h_s$	1.57 cm	$h_s$	1.57 cm
Altura de Agua	$h_{a1} = \frac{\omega_{b1} W_s}{A}$	0.345 cm	$h_{a2} = \frac{\omega_{b2} W_s}{A}$	0.554 cm
Altura de Aire	$h_{i1} = \frac{n_{h1}}{100} h_m$	0.625 cm	$h_{i2} = \frac{n_{h2}}{100} [h_m - M_e]$	0.168 cm
Ultima Medición antes del desmonte			$M_e$	0.2482 cm
$h'_1 = h'_2 = h_m$	$h'_1 = h_s + h_{a1} + h_{i1}$	2.544 cm	$h'_2 = h_s + h_{a2} + h_{i2} + M_e$	2.544 cm

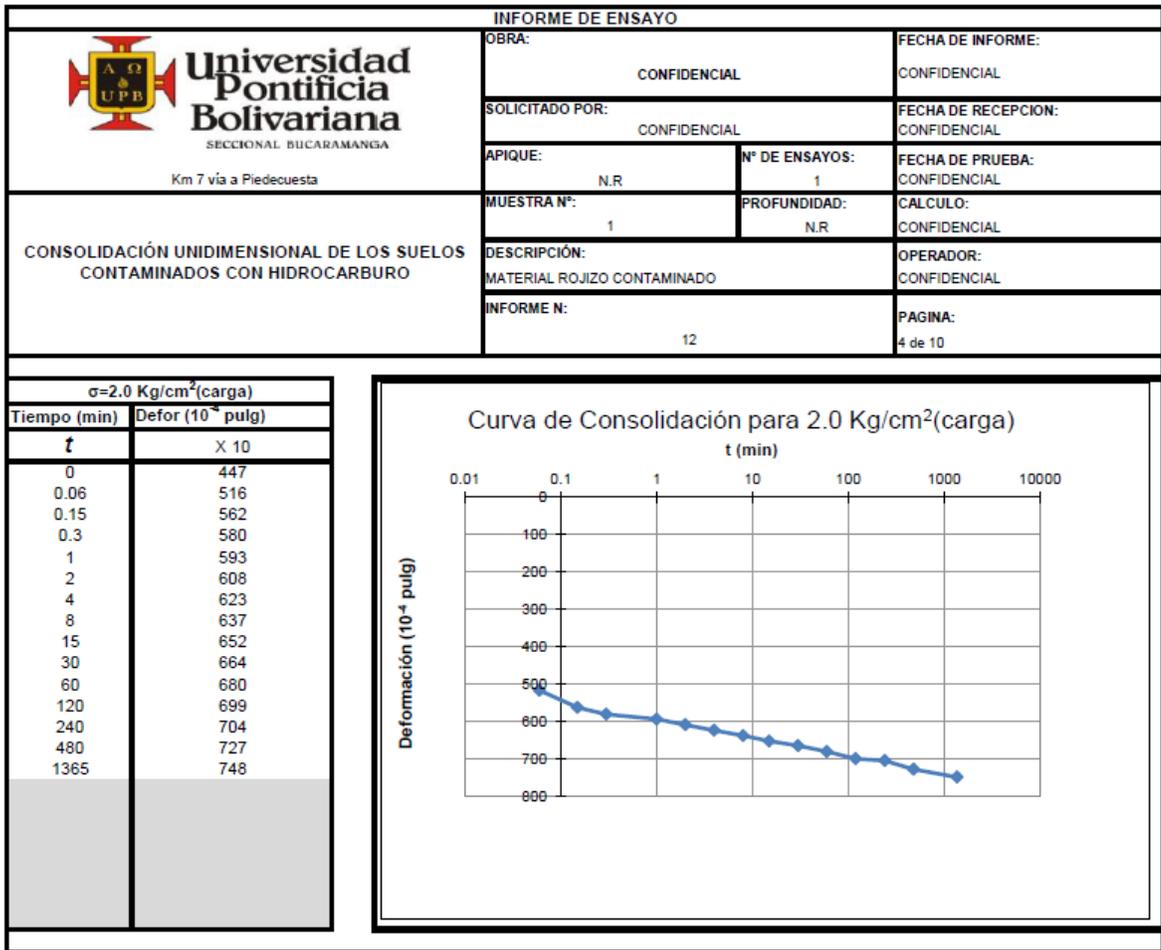
Escalón de Carga	Carga, P (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura, M ( <sup>1</sup> /10000 inch)	$e' = \frac{M}{h_m}$	$h_m - h_s - M$ (cm)	$e = \frac{h_m - h_s - M}{h_s}$
0	0.00	0.00	0.000	0.97	0.616
I	0.50	8.00	0.001	0.97	0.615
II	1.00	447.00	0.045	0.86	0.544
III	2.00	748.00	0.075	0.78	0.495
IV	4.00	1150.00	0.115	0.68	0.431
V	2.00	1133.00	0.113	0.68	0.433
VI	1.00	1105.00	0.110	0.69	0.438
VII	0.50	1083.00	0.108	0.69	0.441
VIII	0.00	977.00	0.098	0.72	0.458



INFORME DE ENSAYO			
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía a Piedecuesta	OBRA:	CONFIDENCIAL	FECHA DE INFORME:
	SOLICITADO POR:	CONFIDENCIAL	CONFIDENCIAL
<b>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO</b>	APIQUE:	N.R.	Nº DE ENSAYOS:
	MUESTRA Nº:	1	PROFUNDIDAD:
	DESCRIPCIÓN:	MATERIAL ROJIZO CONTAMINADO	
	INFORME N:	12	PAGINA:
			3 de 10

$\sigma = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ (carga)	
Tiempo (min)	Deform ( $10^{-4}$ pulg)
t	X10
0	262
0.06	325
0.15	333
0.3	338
1	345
2	352
4	360
8	368
15	376
30	385
60	395
120	406
240	412
480	427
1505	441
2825	447
2900	447







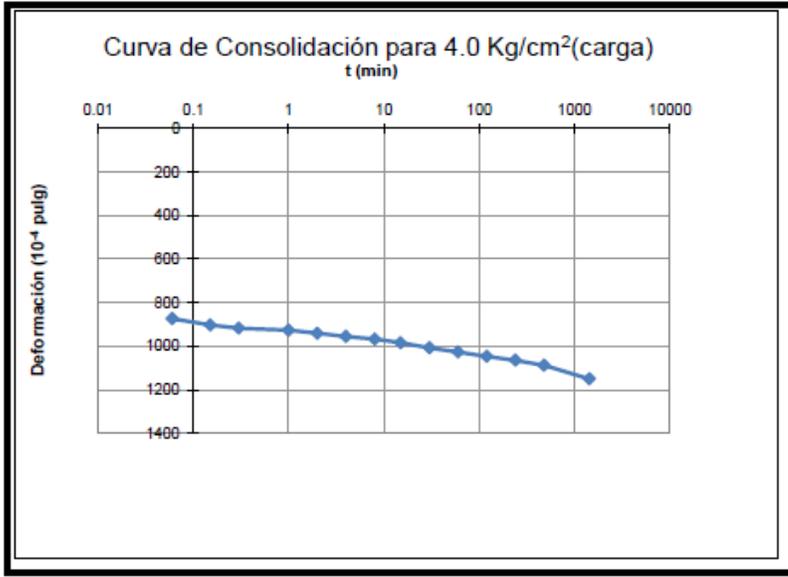
**Universidad Pontificia Bolivariana**  
SECCIONAL BUCARAMANGA

Km 7 vía a Piedecuesta

**INFORME DE ENSAYO**

<b>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO</b>	OBRA:		FECHA DE INFORME:
	CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL
	SOLICITADO POR:		FECHA DE RECEPCION:
	CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL
	APIQUE:	Nº DE ENSAYOS:	FECHA DE PRUEBA:
	N.R	1	CONFIDENCIAL
MUESTRA Nº:	PROFUNDIDAD:	CALCULO:	
1	N.R	CONFIDENCIAL	
DESCRIPCIÓN:		OPERADOR:	
MATERIAL ROJIZO CONTAMINADO		CONFIDENCIAL	
INFORME N:		PAGINA:	
12		5 de 10	

$\sigma=4.0 \text{ Kg/cm}^2$ (carga)	
Tiempo (min)	Defor ( $10^{-4}$ pulg)
t	X10
0	748
0.06	873
0.15	902
0.3	917
1	926
2	940
4	955
8	967
15	984
30	1007
60	1026
120	1046
240	1064
480	1087
1435	1150





**Universidad Pontificia Bolivariana**  
SECCIONAL BUENAVISTA

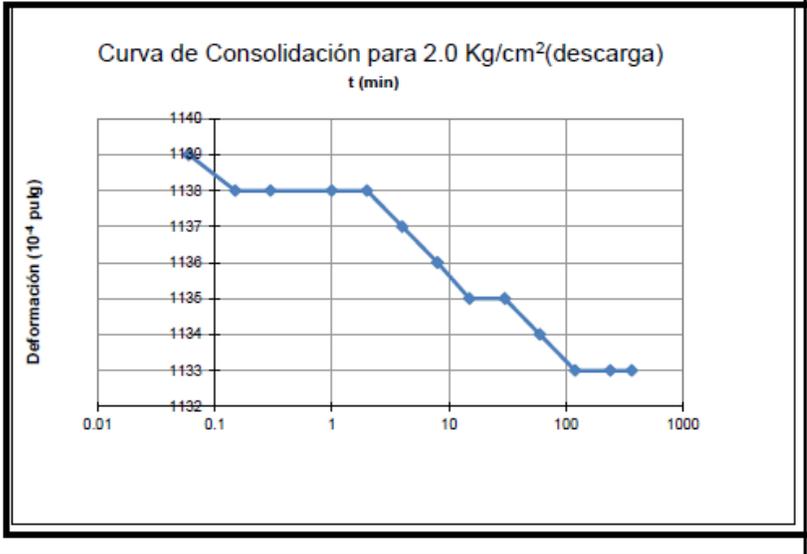
Km 7 vía a Piedecuesta

**INFORME DE ENSAYO**

OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL
SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCION: CONFIDENCIAL
APIQUE: N.R	Nº DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL
MUESTRA Nº: 1	PROFUNDIDAD: N.R	CALCULO: CONFIDENCIAL
DESCRIPCIÓN: MATERIAL ROJIZO CONTAMINADO		OPERADOR: CONFIDENCIAL
INFORME N: 12		PAGINA: 6 de 10

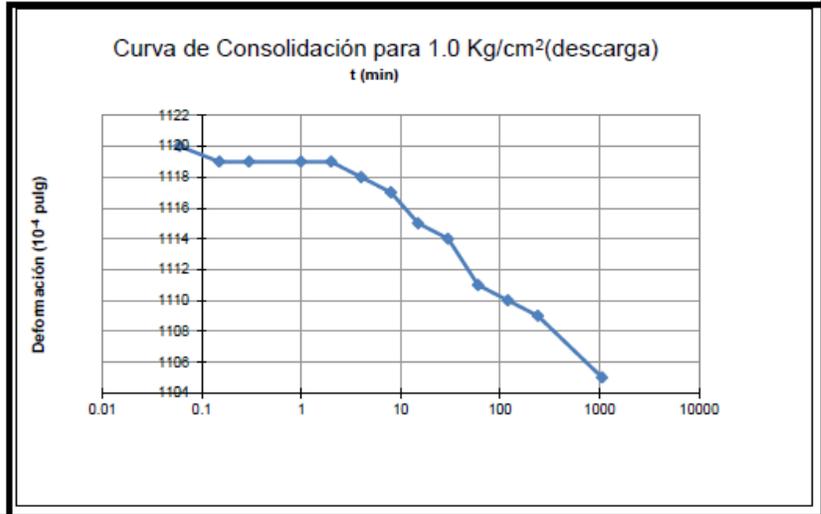
**CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO**

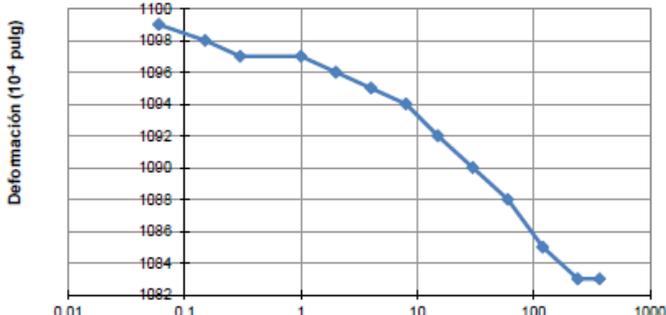
$\sigma=2.0 \text{ Kg/cm}^2$ (descarga)	
Tiempo (min)	Defor ( $10^{-4}$ pulg)
t	X 10
0	1150
0.06	1139
0.15	1138
0.3	1138
1	1138
2	1138
4	1137
8	1136
15	1135
30	1135
60	1134
120	1133
240	1133
365	1133



INFORME DE ENSAYO					
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía a Piedecuesta	OBRA:	CONFIDENCIAL	FECHA DE INFORME:	CONFIDENCIAL	
	SOLICITADO POR:	CONFIDENCIAL	FECHA DE RECEPCION:	CONFIDENCIAL	
<b>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO</b>	APIQUE:	N.R	Nº DE ENSAYOS:	1	
	MUESTRA Nº:	1	PROFUNDIDAD:	N.R	
	DESCRIPCIÓN:	MATERIAL ROJIZO CONTAMINADO		OPERADOR:	CONFIDENCIAL
	INFORME N.º:	12		PAGINA:	7 de 10

$\sigma = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ (descarga)	
Tiempo (min)	Deform ( $10^{-4}$ pulg)
t	X 10
0	1133
0.06	1120
0.15	1119
0.3	1119
1	1119
2	1119
4	1118
8	1117
15	1115
30	1114
60	1111
120	1110
240	1109
1059	1105

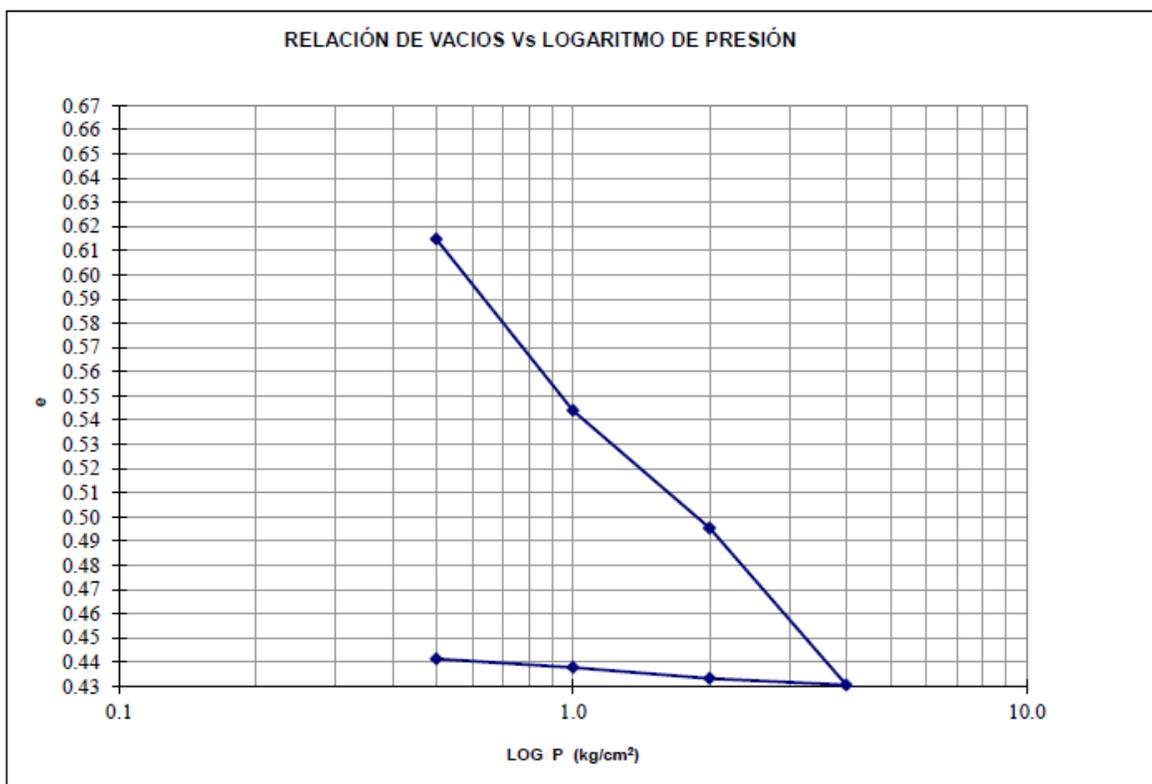


 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía a Piedecuesta</small>		INFORME DE ENSAYO																																			
<b>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO</b>		OBRA:	CONFIDENCIAL																																		
		SOLICITADO POR:	CONFIDENCIAL																																		
		APIQUE:	N.R.	Nº DE ENSAYOS:	1																																
		MUESTRA Nº:	1	PROFUNDIDAD:	N.R.																																
		DESCRIPCIÓN:	MATERIAL ROJIZO CONTAMINADO		OPERADOR:	CONFIDENCIAL																															
		INFORME N.º:	12	PAGINA:	8 de 10																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><math>\sigma=0.5 \text{ Kg/cm}^2</math> (descarga)</th> </tr> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Deform (<math>10^{-4}</math> pulg)</th> </tr> <tr> <th>t</th> <th>X 10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1105</td></tr> <tr><td>0.06</td><td>1099</td></tr> <tr><td>0.15</td><td>1098</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>1097</td></tr> <tr><td>1</td><td>1097</td></tr> <tr><td>2</td><td>1096</td></tr> <tr><td>4</td><td>1095</td></tr> <tr><td>8</td><td>1094</td></tr> <tr><td>15</td><td>1092</td></tr> <tr><td>30</td><td>1090</td></tr> <tr><td>60</td><td>1088</td></tr> <tr><td>120</td><td>1085</td></tr> <tr><td>240</td><td>1083</td></tr> <tr><td>370</td><td>1083</td></tr> </tbody> </table>		$\sigma=0.5 \text{ Kg/cm}^2$ (descarga)		Tiempo (min)	Deform ( $10^{-4}$ pulg)	t	X 10	0	1105	0.06	1099	0.15	1098	0.3	1097	1	1097	2	1096	4	1095	8	1094	15	1092	30	1090	60	1088	120	1085	240	1083	370	1083	<div style="text-align: center;"> <p>Curva de Consolidación para <math>0.5 \text{ Kg/cm}^2</math> (descarga)</p> <p>t (min)</p>  </div>	
$\sigma=0.5 \text{ Kg/cm}^2$ (descarga)																																					
Tiempo (min)	Deform ( $10^{-4}$ pulg)																																				
t	X 10																																				
0	1105																																				
0.06	1099																																				
0.15	1098																																				
0.3	1097																																				
1	1097																																				
2	1096																																				
4	1095																																				
8	1094																																				
15	1092																																				
30	1090																																				
60	1088																																				
120	1085																																				
240	1083																																				
370	1083																																				

INFORME DE ENSAYO			
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA Km 7 vía a Piedecuesta	OBRA: CONFIDENCIAL	FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL	
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL	FECHA DE RECEPCION: CONFIDENCIAL	
<b>CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO</b>	APIQUE: N.R.	N° DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL
	MUESTRA N°: 1	PROFUNDIDAD: N.R.	CALCULO: CONFIDENCIAL
	DESCRIPCIÓN: MATERIAL ROJIZO CONTAMINADO		OPERADOR: CONFIDENCIAL
	INFORME N°: 12		PAGINA: 9 de 10
	σ=0.0 Kg/cm <sup>2</sup> (descarga)		
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Defor (10<sup>-4</sup> pulg)</b>		
<b>t</b>	<b>X 10</b>		
0	1083		
0.06	1062		
0.15	1059		
0.3	1056		
1	1053		
2	1048		
4	1041		
8	1038		
15	1028		
30	1017		
60	1005		
120	995		
240	985		
1075	978		
1280	977		
1630	977		

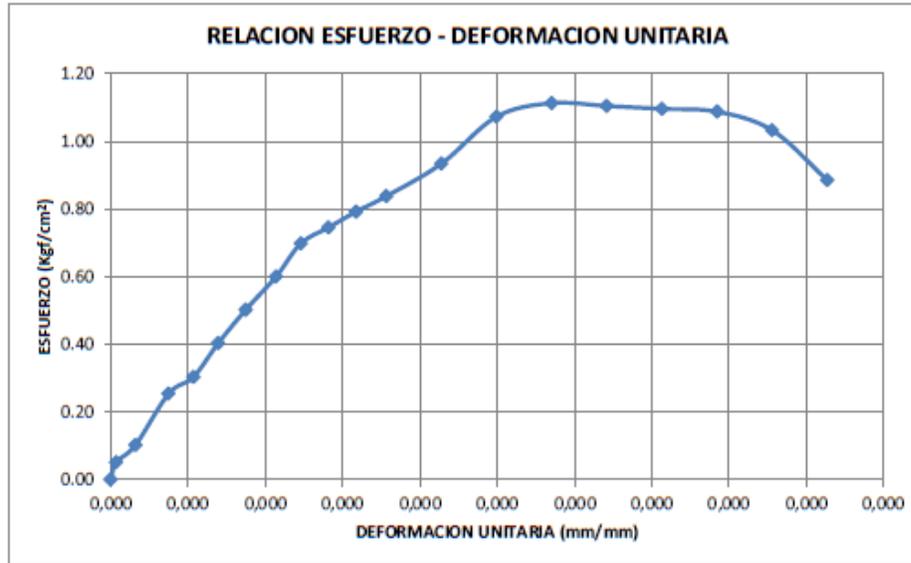
Curva de Consolidación para 0.0 Kg/cm <sup>2</sup> (descarga)	
t (min)	Deformación (10 <sup>-4</sup> pulg)
0	1083
0.06	1062
0.15	1059
0.3	1056
1	1053
2	1048
4	1041
8	1038
15	1028
30	1017
60	1005
120	995
240	985
1075	978
1280	977
1630	977



## Anexo 44 Compresión inconfiada suelo contaminado PTSC-8-13

REPORTE DE ENSAYO																																																																																																																																																																															
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> <small>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA</small> Km 7 vía Piedecuesta	OBRA: CONFIDENCIAL			FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																																											
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL			FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																																											
<b>COMPRESION INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS</b>	SONDEO: N.A.	N° DE ENSAYOS: 1		FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																																											
	MUESTRAS: 2	PROFUNDIDAD: N.A.		CALCULÓ: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																																											
	DESCRIPCIÓN: Arcilla Color Rojizo			OPERADOR: CONFIDENCIAL																																																																																																																																																																											
	INFORMEN N°: 14			PÁGINAS: 1 de 2																																																																																																																																																																											
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ds (cm)</td> <td>3.54</td> <td>As (cm<sup>3</sup>)</td> <td>9.81</td> <td>W (g)</td> <td>143.6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dc (cm)</td> <td>3.52</td> <td>Ac (cm<sup>3</sup>)</td> <td>9.73</td> <td>V (cm<sup>3</sup>)</td> <td>69.54</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Di (cm)</td> <td>3.53</td> <td>Ai (cm<sup>3</sup>)</td> <td>9.78</td> <td>γ (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>2.06</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hm (cm)</td> <td>7.12</td> <td>Am (cm<sup>3</sup>)</td> <td>9.76</td> <td>Vel</td> <td>1.00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Ds (cm)	3.54	As (cm <sup>3</sup> )	9.81	W (g)	143.6			Dc (cm)	3.52	Ac (cm <sup>3</sup> )	9.73	V (cm <sup>3</sup> )	69.54			Di (cm)	3.53	Ai (cm <sup>3</sup> )	9.78	γ (g/cm <sup>3</sup> )	2.06			Hm (cm)	7.12	Am (cm <sup>3</sup> )	9.76	Vel	1.00																																																																																																																																										
Ds (cm)	3.54	As (cm <sup>3</sup> )	9.81	W (g)	143.6																																																																																																																																																																										
Dc (cm)	3.52	Ac (cm <sup>3</sup> )	9.73	V (cm <sup>3</sup> )	69.54																																																																																																																																																																										
Di (cm)	3.53	Ai (cm <sup>3</sup> )	9.78	γ (g/cm <sup>3</sup> )	2.06																																																																																																																																																																										
Hm (cm)	7.12	Am (cm <sup>3</sup> )	9.76	Vel	1.00																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Carga(Lb)</th> <th>Carga(Kg)</th> <th>Def 10<sup>-3</sup> in</th> <th>Def 10<sup>-2</sup> mm</th> <th>Def. Unit 10<sup>-2</sup></th> <th>1-Def. Unit</th> <th>Area correg (cm<sup>2</sup>)</th> <th>Esfuerzo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0</td><td>0.000</td><td>1.000000</td><td>9.76</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>1.1</td><td>0.50</td><td>0.002</td><td>5.08</td><td>0.001</td><td>0.999287</td><td>9.77</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>2.2</td><td>1.00</td><td>0.009</td><td>22.86</td><td>0.003</td><td>0.996791</td><td>9.79</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>5.5</td><td>2.49</td><td>0.021</td><td>53.34</td><td>0.007</td><td>0.992512</td><td>9.84</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>6.6</td><td>2.99</td><td>0.03</td><td>76.2</td><td>0.011</td><td>0.989302</td><td>9.87</td><td>0.30</td></tr> <tr><td>8.8</td><td>3.99</td><td>0.039</td><td>99.06</td><td>0.014</td><td>0.986093</td><td>9.90</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>11.0</td><td>4.99</td><td>0.049</td><td>124.46</td><td>0.017</td><td>0.982527</td><td>9.94</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>13.2</td><td>5.99</td><td>0.06</td><td>152.4</td><td>0.021</td><td>0.978605</td><td>9.98</td><td>0.60</td></tr> <tr><td>15.4</td><td>6.99</td><td>0.069</td><td>175.26</td><td>0.025</td><td>0.975395</td><td>10.01</td><td>0.70</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>7.48</td><td>0.079</td><td>200.66</td><td>0.028</td><td>0.971829</td><td>10.05</td><td>0.74</td></tr> <tr><td>17.6</td><td>7.98</td><td>0.089</td><td>226.06</td><td>0.032</td><td>0.968263</td><td>10.08</td><td>0.79</td></tr> <tr><td>18.7</td><td>8.48</td><td>0.1</td><td>254</td><td>0.036</td><td>0.964341</td><td>10.12</td><td>0.84</td></tr> <tr><td>21.0</td><td>9.53</td><td>0.12</td><td>304.8</td><td>0.043</td><td>0.957209</td><td>10.20</td><td>0.93</td></tr> <tr><td>24.3</td><td>11.02</td><td>0.14</td><td>355.6</td><td>0.050</td><td>0.950077</td><td>10.28</td><td>1.07</td></tr> <tr><td>25.4</td><td>11.52</td><td>0.16</td><td>406.4</td><td>0.057</td><td>0.942945</td><td>10.35</td><td>1.11</td></tr> <tr><td>25.4</td><td>11.52</td><td>0.18</td><td>457.2</td><td>0.064</td><td>0.935814</td><td>10.43</td><td>1.10</td></tr> <tr><td>25.4</td><td>11.52</td><td>0.2</td><td>508</td><td>0.071</td><td>0.928682</td><td>10.51</td><td>1.10</td></tr> <tr><td>25.4</td><td>11.52</td><td>0.22</td><td>558.8</td><td>0.078</td><td>0.921550</td><td>10.59</td><td>1.09</td></tr> <tr><td>24.3</td><td>11.02</td><td>0.24</td><td>609.6</td><td>0.086</td><td>0.914418</td><td>10.68</td><td>1.03</td></tr> <tr><td>21.0</td><td>9.53</td><td>0.26</td><td>660.4</td><td>0.093</td><td>0.907286</td><td>10.76</td><td>0.89</td></tr> </tbody> </table>								Carga(Lb)	Carga(Kg)	Def 10 <sup>-3</sup> in	Def 10 <sup>-2</sup> mm	Def. Unit 10 <sup>-2</sup>	1-Def. Unit	Area correg (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo	0.0	0.00	0	0	0.000	1.000000	9.76	0.00	1.1	0.50	0.002	5.08	0.001	0.999287	9.77	0.05	2.2	1.00	0.009	22.86	0.003	0.996791	9.79	0.10	5.5	2.49	0.021	53.34	0.007	0.992512	9.84	0.25	6.6	2.99	0.03	76.2	0.011	0.989302	9.87	0.30	8.8	3.99	0.039	99.06	0.014	0.986093	9.90	0.40	11.0	4.99	0.049	124.46	0.017	0.982527	9.94	0.50	13.2	5.99	0.06	152.4	0.021	0.978605	9.98	0.60	15.4	6.99	0.069	175.26	0.025	0.975395	10.01	0.70	16.5	7.48	0.079	200.66	0.028	0.971829	10.05	0.74	17.6	7.98	0.089	226.06	0.032	0.968263	10.08	0.79	18.7	8.48	0.1	254	0.036	0.964341	10.12	0.84	21.0	9.53	0.12	304.8	0.043	0.957209	10.20	0.93	24.3	11.02	0.14	355.6	0.050	0.950077	10.28	1.07	25.4	11.52	0.16	406.4	0.057	0.942945	10.35	1.11	25.4	11.52	0.18	457.2	0.064	0.935814	10.43	1.10	25.4	11.52	0.2	508	0.071	0.928682	10.51	1.10	25.4	11.52	0.22	558.8	0.078	0.921550	10.59	1.09	24.3	11.02	0.24	609.6	0.086	0.914418	10.68	1.03	21.0	9.53	0.26	660.4	0.093	0.907286	10.76	0.89
Carga(Lb)	Carga(Kg)	Def 10 <sup>-3</sup> in	Def 10 <sup>-2</sup> mm	Def. Unit 10 <sup>-2</sup>	1-Def. Unit	Area correg (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo																																																																																																																																																																								
0.0	0.00	0	0	0.000	1.000000	9.76	0.00																																																																																																																																																																								
1.1	0.50	0.002	5.08	0.001	0.999287	9.77	0.05																																																																																																																																																																								
2.2	1.00	0.009	22.86	0.003	0.996791	9.79	0.10																																																																																																																																																																								
5.5	2.49	0.021	53.34	0.007	0.992512	9.84	0.25																																																																																																																																																																								
6.6	2.99	0.03	76.2	0.011	0.989302	9.87	0.30																																																																																																																																																																								
8.8	3.99	0.039	99.06	0.014	0.986093	9.90	0.40																																																																																																																																																																								
11.0	4.99	0.049	124.46	0.017	0.982527	9.94	0.50																																																																																																																																																																								
13.2	5.99	0.06	152.4	0.021	0.978605	9.98	0.60																																																																																																																																																																								
15.4	6.99	0.069	175.26	0.025	0.975395	10.01	0.70																																																																																																																																																																								
16.5	7.48	0.079	200.66	0.028	0.971829	10.05	0.74																																																																																																																																																																								
17.6	7.98	0.089	226.06	0.032	0.968263	10.08	0.79																																																																																																																																																																								
18.7	8.48	0.1	254	0.036	0.964341	10.12	0.84																																																																																																																																																																								
21.0	9.53	0.12	304.8	0.043	0.957209	10.20	0.93																																																																																																																																																																								
24.3	11.02	0.14	355.6	0.050	0.950077	10.28	1.07																																																																																																																																																																								
25.4	11.52	0.16	406.4	0.057	0.942945	10.35	1.11																																																																																																																																																																								
25.4	11.52	0.18	457.2	0.064	0.935814	10.43	1.10																																																																																																																																																																								
25.4	11.52	0.2	508	0.071	0.928682	10.51	1.10																																																																																																																																																																								
25.4	11.52	0.22	558.8	0.078	0.921550	10.59	1.09																																																																																																																																																																								
24.3	11.02	0.24	609.6	0.086	0.914418	10.68	1.03																																																																																																																																																																								
21.0	9.53	0.26	660.4	0.093	0.907286	10.76	0.89																																																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD INICIAL</th> </tr> <tr> <th colspan="2">w (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cap</td><td>58</td></tr> <tr><td>Peso cap y s.h.</td><td>79.74</td></tr> <tr><td>Peso cap y s.s.</td><td>73.52</td></tr> <tr><td>Peso cap</td><td>40.63</td></tr> <tr><td>Peso agua</td><td>6.2</td></tr> <tr><td>Peso s.s.</td><td>32.89</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>18.9</td></tr> </tbody> </table>								HUMEDAD INICIAL		w (%)		Cap	58	Peso cap y s.h.	79.74	Peso cap y s.s.	73.52	Peso cap	40.63	Peso agua	6.2	Peso s.s.	32.89	Humedad	18.9																																																																																																																																																						
HUMEDAD INICIAL																																																																																																																																																																															
w (%)																																																																																																																																																																															
Cap	58																																																																																																																																																																														
Peso cap y s.h.	79.74																																																																																																																																																																														
Peso cap y s.s.	73.52																																																																																																																																																																														
Peso cap	40.63																																																																																																																																																																														
Peso agua	6.2																																																																																																																																																																														
Peso s.s.	32.89																																																																																																																																																																														
Humedad	18.9																																																																																																																																																																														

REPORTE DE ENSAYO		
	OBRA: CONFIDENCIAL	FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL
	SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL	FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL
SONDEO: N.A	Nº DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL
<b>COMPRESION INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS</b>	MUESTRAS: 2	PROFUNDIDAD: N.A
	DESCRIPCIÓN: Arcilla Color Rojizo	OPERADOR: CONFIDENCIAL
	INFORME Nº: 14	PÁGINAS: 1



RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA  $q_u = 1.11 \text{ Kg/cm}^2$

OBSERVACIONES:  
 LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS  
 SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME

FIN DEL REPORTE

## Anexo 45 Corte directo suelo contaminado PTSC-9-13

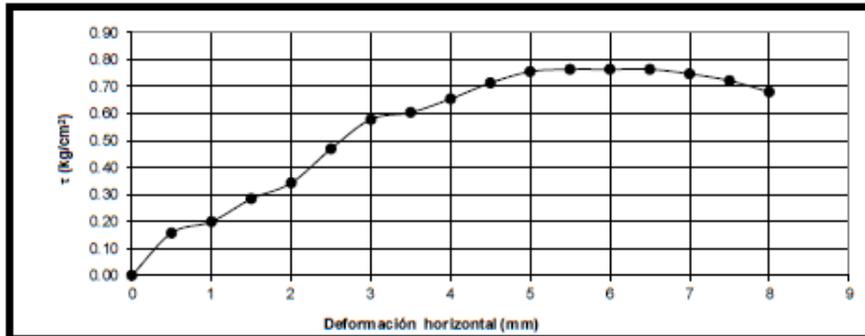
 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> SECCIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía a Piedecuesta</p> <p><b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO (CONSOLIDADO DRENADO) BASADO INV E 154-13</b></p>	<b>OBRA:</b>		<b>FECHA DE INFORME:</b>	
	CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL	
	<b>SOLICITADO POR:</b>		<b>FECHA DE RECEPCION:</b>	
	CONFIDENCIAL		CONFIDENCIAL	
	<b>APIQUE N°:</b>	<b>N° DE ENSAYOS:</b>	<b>FECHA DE PRUEBA:</b>	
N.R	1	CONFIDENCIAL		
<b>MUESTRA N°:</b>	<b>PROFUNDIDAD:</b>	<b>CALCULO:</b>		
1	N.R	CONFIDENCIAL		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		<b>OPERADOR:</b>		
Arcilla Rojiza		CONFIDENCIAL		
<b>INFORME N°:</b>		<b>PAGINA:</b>		
16		1 de 4		

VELOCIDAD: 1.0 mm/min  
AREA: 36 cm<sup>2</sup>

$\sigma$ : 0.500 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{max}$ : 0.764 kg/cm<sup>2</sup>

W(%) Inicial			
Peso Muestra molde (gr)	279.21	Cápsula No.	50
Peso del Molde (gr)	143.90	Peso cápsula	40.45
Peso Muestra (g)	135.31	Cápsula + sh	95.94
Altura de la muestra (cm)	1.93	Cápsula + se	87.45
Volumen (cm <sup>3</sup> )	69.34	Agua	8.49
Humedad (%)	18.06	ss	47
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.95	W(%)	18.06
$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.65		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	$\tau$ kg/cm <sup>2</sup>	Def.Horizontal	Def.Vertical	$\tau/\sigma$
				mm	10 <sup>-2</sup> mm	
0.0	0	0	0.000	0.0	0	0.0000
0.5	8	5.672	0.158	0.5	38	0.3151
1.0	13	7.187	0.200	1.0	22	0.3993
1.5	23	10.218	0.284	1.5	60	0.5677
2.0	30	12.340	0.343	2.0	60	0.6855
2.5	45	16.886	0.469	2.5	60	0.9381
3.0	58	20.826	0.579	3.0	60	1.1570
3.5	61	21.735	0.604	3.5	-44	1.2075
4.0	67	23.554	0.654	4.0	-49	1.3086
4.5	74	25.676	0.713	4.5	-62	1.4264
5.0	79	27.191	0.755	5.0	-61	1.5106
5.5	80	27.494	0.764	5.5	-30	1.5274
6.0	80	27.494	0.764	6.0	-2	1.5274
6.5	80	27.494	0.764	6.5	-1	1.5274
7.0	78	26.888	0.747	7.0	40	1.4938
7.5	75	25.979	0.722	7.5	58	1.4433
8.0	70	24.463	0.680	8.0	9	1.3591





Km 7 vía a Piedecuesta

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO (CONSOLIDADO DRENADO) BASADO INV E 154-13**

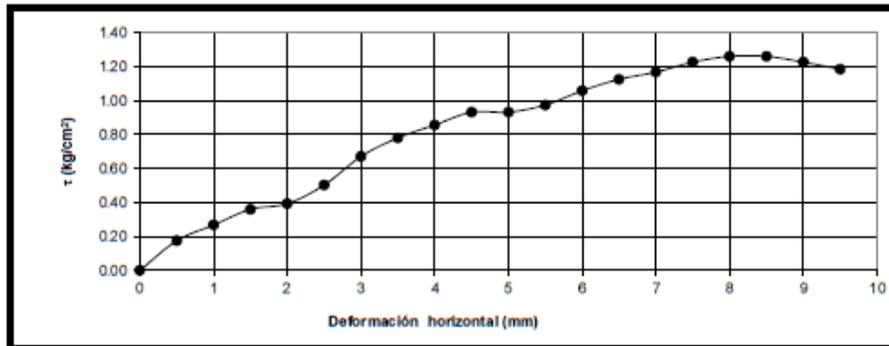
<b>OBRA:</b> CONFIDENCIAL		<b>FECHA DE INFORME:</b> CONFIDENCIAL
<b>SOLICITADO POR:</b> CONFIDENCIAL		<b>FECHA DE RECEPCION:</b> CONFIDENCIAL
<b>APIQUE N°:</b> N.R	<b>N° DE ENSAYOS:</b> 1	<b>FECHA DE PRUEBA:</b> CONFIDENCIAL
<b>MUESTRA N°:</b> 1	<b>PROFUNDIDAD:</b> N.R	<b>CALCULO:</b> CONFIDENCIAL
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Arcilla Rojiza		<b>OPERADOR:</b> CONFIDENCIAL
<b>INFORME N°:</b> 16		<b>PAGINA:</b> 2 de 4

VELOCIDAD: 1.0 mm/min  
 AREA: 36 cm<sup>2</sup>  
 $\sigma$ : 1.000 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{max}$ : 1.260 kg/cm<sup>2</sup>

**W(%) Inicial**

Peso Muestra+molde (gr)	287.35	Cápsula No.	51
Peso del Molde(gr)	149.07	Peso cápsula	40.58
Peso Muestra (g)	138.28	Cápsula + sh	114.87
Altura de la muestra(cm)	1.94	Cápsula +ss	103.56
Volumen (cm <sup>3</sup> )	69.88	Agua	11.31
Humedad (%)	17.96	ss	62.98
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.98	W(%)	17.96
$\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )=	1.68		

Tiempo min	Lectura de Carga	P kg	$\tau$ kg/cm <sup>2</sup>	Def.Horizontal mm	Def.Vertical 10 <sup>-2</sup> mm	$\tau/\sigma$
0.0	0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
0.5	10	6.278	0.1744	0.5	14	0.1744
1.0	21	9.612	0.2670	1.0	18	0.2670
1.5	32	12.946	0.3596	1.5	-124	0.3596
2.0	36	14.158	0.3933	2.0	-156	0.3933
2.5	49	18.098	0.5027	2.5	-225	0.5027
3.0	69	24.160	0.6711	3.0	-266	0.6711
3.5	82	28.100	0.7806	3.5	-292	0.7806
4.0	91	30.828	0.8563	4.0	-294	0.8563
4.5	100	33.556	0.9321	4.5	-304	0.9321
5.0	100	33.556	0.9321	5.0	-346	0.9321
5.5	105	35.071	0.9742	5.5	-418	0.9742
6.0	115	38.102	1.0584	6.0	-418	1.0584
6.5	123	40.527	1.1257	6.5	-418	1.1257
7.0	128	42.042	1.1678	7.0	-418	1.1678
7.5	135	44.164	1.2268	7.5	-418	1.2268
8.0	139	45.376	1.2604	8.0	-418	1.2604
8.5	139	45.376	1.2604	8.5	-418	1.2604
9.0	135	44.164	1.2268	9.0	-418	1.2268
9.5	130	42.648	1.1847	9.5	-418	1.1847





**Universidad Pontificia Bolivariana**  
SECCIONAL BUCARAMANGA

Km 7 vía a Piedecuesta

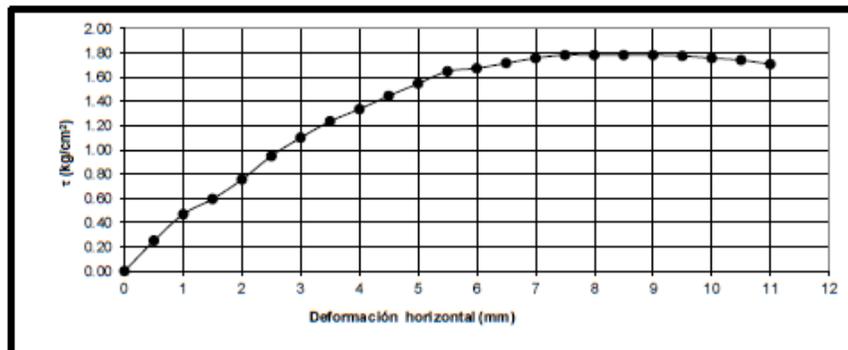
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO (CONSOLIDADO DRENADO) BASADO INV E 154-13**

OBRA: CONFIDENCIAL		FECHA DE INFORME: CONFIDENCIAL
SOLICITADO POR: CONFIDENCIAL		FECHA DE RECEPCIÓN: CONFIDENCIAL
APIQUE N°: N.R	N° DE ENSAYOS: 1	FECHA DE PRUEBA: CONFIDENCIAL
MUESTRA N°: 1	PROFUNDIDAD: N.R	CALCULO: CONFIDENCIAL
DESCRIPCIÓN: Aroilla Rojza		OPERADOR: CONFIDENCIAL
INFORMEN: 16		PAGINA: 3 de 4

VELOCIDAD: 1.0 mm/min  
AREA: 36 cm<sup>2</sup>  
  
σ : 2.000 kg/cm<sup>2</sup>  
τ<sub>máx</sub>: 1.782 kg/cm<sup>2</sup>

W(%) Inicial			
Peso Muestra+molde (gr)	281.56	Cápsula No.	52
Peso del Molde(gr)	147.26	Peso cápsula	40.26
Peso Muestra (g)	134.30	Cápsula + sh	103.29
Altura de la muestra(cm)	2.00	Cápsula +ss	93.64
Volumen (cm <sup>3</sup> )	72.00	Agua	9.65
Humedad (%)	18.08	ss	53.38
g (g/cm <sup>3</sup> )	1.87	W(%)	18.08
gd(g/cm <sup>3</sup> )=	1.58		

Tiempo	Lectura de Carga	P	τ	Def.Horizontal	Def.Vertical	σ/σ
min		kg	kg/cm <sup>2</sup>	mm	10 <sup>-3</sup> mm	
0.0	0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
0.5	19	9.006	0.2502	0.5	-24	0.1251
1.0	45	16.886	0.4691	1.0	-132	0.2345
1.5	60	21.432	0.5953	1.5	-228	0.2977
2.0	79	27.191	0.7553	2.0	-320	0.3777
2.5	102	34.162	0.9489	2.5	-434	0.4745
3.0	120	39.617	1.1005	3.0	-496	0.5502
3.5	136	44.467	1.2352	3.5	-562	0.6176
4.0	148	48.104	1.3362	4.0	-674	0.6681
4.5	161	52.044	1.4457	4.5	-728	0.7228
5.0	173	55.081	1.5467	5.0	-766	0.7733
5.5	185	59.318	1.6477	5.5	-840	0.8239
6.0	188	60.227	1.6730	6.0	-840	0.8365
6.5	193	61.743	1.7151	6.5	-840	0.8575
7.0	198	63.258	1.7572	7.0	-862	0.8786
7.5	201	64.167	1.7824	7.5	-862	0.8912
8.0	201	64.167	1.7824	8.0	-862	0.8912
8.5	201	64.167	1.7824	8.5	-862	0.8912
9.0	201	64.167	1.7824	9.0	-862	0.8912
9.5	200	63.864	1.7740	9.5	-866	0.8870
10.0	198	63.258	1.7572	10.0	-866	0.8786
10.5	196	62.652	1.7403	10.5	-866	0.8702
11.0	192	61.440	1.7067	11.0	-866	0.8533

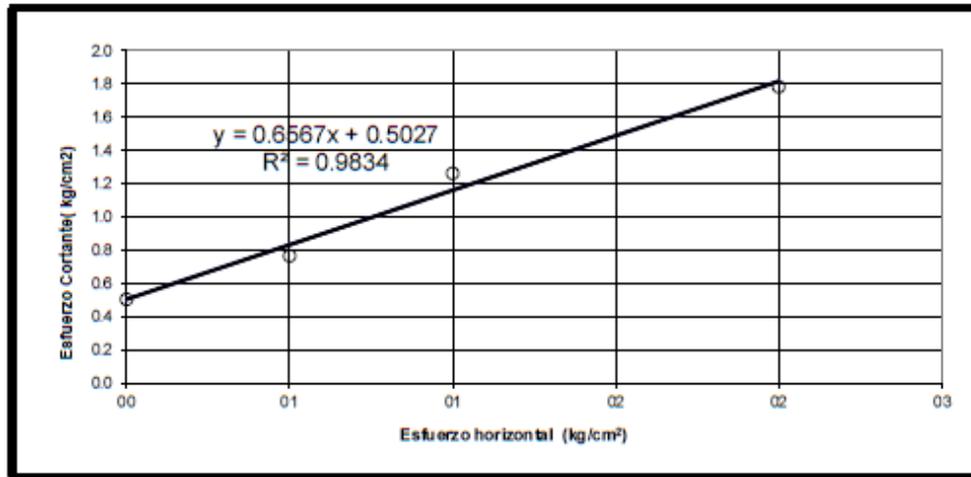


**ENVOLVENTE**

 <p><b>Universidad Pontificia Bolivariana</b> REGIONAL BUCARAMANGA</p> <p>Km 7 vía a Piedecuesta</p>	<b>OBRA:</b> CONFIDENCIAL		<b>FECHA DE INFORME:</b> CONFIDENCIAL
	<b>SOLICITADO POR:</b> CONFIDENCIAL		<b>FECHA DE RECEPCION:</b> CONFIDENCIAL
	<b>APIQUE N°:</b> N.R	<b>N° DE ENSAYOS:</b> 1	<b>FECHA DE PRUEBA:</b> CONFIDENCIAL
<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICIÓN CONSOLIDADA DRENADA (CD) SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO (CONSOLIDADO DRENADO) BASADO INV E 154-13</b>	<b>MUESTRA N°:</b> 1	<b>PROFUNDIDAD:</b> N.R	<b>CALCULO:</b>
	<b>DESCRIPCIÓN:</b> Arcilla Rojiza		<b>OPERADOR:</b> CONFIDENCIAL
	<b>INFORME N°:</b> 16		<b>PAGINA:</b> 4 de 4

**GRAFICA DE ESFUERZO NORMAL Vs ESFUERZO CORTANTE**

Muestra No	Humedad	Area cm <sup>2</sup>	Densidad Humeda	Densidad Seca	Esfuerzo Normal	Esfuerzo Cortante Máx
	%		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	18.06	36	1.95	1.65	0.50	0.764
2	17.96	36	1.98	1.68	1.0	1.260
3	18.08	36	1.87	1.58	2.0	1.782



**OBSERVACIONES:**

$\phi =$	33.3	°
Cohesión=	0.503	kg/cm <sup>2</sup>