

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/76

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

NOMBRES: BRAYAN DARIO

APELLIDOS: QUINTERO GÓMEZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: TECNOLOGÍA EN OBRAS CIVILES

DIRECTOR:

NOMBRE: OSCAR ALBERTO

APELLIDOS: DALLOS LUNA

TÍTULO DEL TRABAJO: PASANTÍA COMO AUXILIAR TÉCNICO EN EL

LABORATORIO DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA

SANTANDER

RESUMEN

En este documento se presentan las actividades realizadas durante la pasantía como auxiliar técnico en el laboratorio de suelos civiles de la universidad Francisco de Paula Santander, en el primer semestre de 2019. Así mismo, resaltan los objetivos de establecer las actividades que vayan encauzadas a la elaboración y la realización de los proyectos que adelanta el laboratorio suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander.

PALABRAS CLAVE: suelos, laboratorios, obras civiles, invias.

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 76 **PLANOS:** ___ **ILUSTRACIONES:** ___ **CD ROOM:** 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

**PASANTÍA COMO AUXILIAR TECNICO EN EL LABORATORIO DE SUELOS
CIVILES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

BRAYAN DARIO QUINTERO GOMEZ

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE TECNOLOGIA EN OBRAS CIVILES
SAN JOSE DE CUCUTA**

2019

**PASANTIA COMO AUXILIAR TECNICO EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE
LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

BRAYAN DARIO QUINTERO GOMEZ

CODIGO: 1921114

Proyecto presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo En Obras Civiles

Director

OSCAR ALBERTO DALLOS LUNA

Licenciado en Educación Énfasis en Áreas Tecnológicas

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE TECNOLOGIA EN OBRAS CIVILES

SAN JOSE DE CUCUTA

2019

**ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO
TECNOLOGIA EN OBRAS CIVILES**

HORA: 9:00 a.m.
FECHA: 16/08/2019
LUGAR: FUNDADORES 304 - UFPS

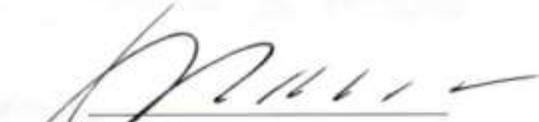
JURADOS: ING. RICARDO ZARATE CABALLERO
ING. CARLOS FLOREZ GONGORA

TITULO DEL PROYECTO: "PASANTIA COMO AUXILIAR TECNICO EN EL LABORATORIO DE SUELOS CIVILES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER"

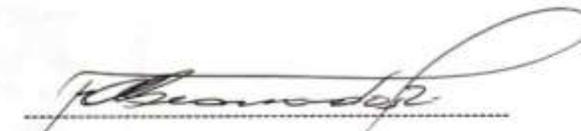
DIRECTOR: ING. OSCAR DALLOS LUNA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO	NOTA
<u>BRAYAN DARIO QUINTERO GOMEZ</u>	<u>1921114</u>	<u>4.4</u>

FIRMA DE LOS JURADOS


CODIGO: 03919


CODIGO: 00103


VoBo. ING. FRANCISCO GRANADOS RODRIGUEZ
COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

FORMATO CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Cúcuta, 14 de octubre de 2019

Señores

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

Ciudad

Cordial saludo:

Brayan Dario Quintero Gómez, identificado con la C.C. N° 1.090.510.342, autor de la pasantía titulado "Pasantía como auxiliar técnico en el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander" presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de Tecnólogo en Obras Civiles; autorizamos a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander "Eduardo Cote Lamus", para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción parcial o total, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, entre otros; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior de conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 1982 y el Artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, que establece que "los derechos morales del trabajo de grado son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Para constancia se firma el presente documento en la ciudad de Cúcuta, a los 14 días del mes de octubre de 2019.

NOMBRE DEL AUTOR	Nº DE CÉDULA	FIRMA
Brayan Dario Quintero Gómez	1.090.510.342	Brayan Quintero

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de terminar satisfactoriamente este proceso en mi vida profesional y colocar tantas personas que me han ayudado de una y/u otra forma en este camino.

A mi familia, en especial mis padres Rubén y Nubia, y hermanos que me han brindado su apoyo incondicional en todo momento.

A Angie Cárdena, que me ha ayudado en la última etapa de esta gran aventura.

Agradecimientos

Agradezco al ingeniero óscar Alberto Dallos Luna y al ingeniero Isidoro Rangel del laboratorio de suelos de obras civiles de la universidad Francisco de Paula Santander que orientaron mi pasantía, fortaleciendo mis conocimientos como profesional en obras civiles.

Contenido

Introducción	12
1. Problema	13
1.1. Título	13
1.2. Planteamiento del Problema	13
1.3. Formulación del problema	13
1.4. Justificación	13
1.5. Objetivos	14
15.1. Objetivo general	14
1.5.2. Objetivos Específicos	14
1.6. Alcances y Limitaciones	15
1.7. Delimitaciones	15
2. Marco Referencial o Teórico	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Marco Teórico	18
2.3. Marco Conceptual	22
2.4. Marco Contextual	23
2.5. Marco Legal	24
3. Diseño metodológico	25

3.1 Tipo de Investigación	25
3.2 Población y Muestra	25
3.3 Instrumentos de Recolección de Información	25
3.4 Técnica de Análisis y Procesamientos de Datos	25
3.5 Presentación de Resultados	26
4. Actividades cumplidas en el proyecto	27
4.1. Actividades técnico administrativas	27
4.2. Asesoría a los estudiantes que adelantan prácticas en el laboratorio de suelos civiles	27
4.3. Ensayos realizados y asesorados en el laboratorio de suelos civiles	33
4.3.1 Ensayos de Suelos	33
4.3.2 Ensayos de diseño de mezclas	47
4.3.3 Ensayos de Pavimentos	57
Bibliografía	65
Anexos	68

Lista de tablas

Tabla 1: Asistencia en el laboratorio	28
Tabla 2: Asistencia a campo	32
Tabla 3: Asistencia proyectos de grado.	33
Tabla 4: Porciones recomendadas según el Diámetro Nominal de las Partículas	34
Tabla 5: Serie de Tamices mm – pulg	35
Tabla 6: Numero de capas requeridas por espécimen	52
Tabla 7: Diámetro de la varilla y número de golpes por capa	54
Tabla 8: Capacidad mínima de carga	60
Tabla 9: Masa mínima de Muestra de Ensayo	61
Tabla 10: Dimensiones de los Calibradores	62
Tabla 11: Tamizado recomendado	63
Tabla 12: Precisión	64

Lista de figuras

Figura 1: Estados del suelo	37
Figura 2: Molde para Determinar el Asentamiento	56
Figura 3: Esquema del Dispositivo PDC	58
Figura 4: Calibrador de Alargamiento	61

Introducción

El laboratorio de suelos civiles de la universidad Francisco de Paula Santander presta sus servicios, tanto a la comunidad universitaria así como a la comunidad en general, brindando su experiencia y compromiso en la ejecución de ensayos de laboratorio.

En esta pasantía se realizaron los ensayos correspondientes para el análisis de las propiedades física y mecánicas de cada una de las muestras traídas desde campo, respectivamente rotuladas para su ensayo y ejecución.

Las prácticas de laboratorio realizadas por parte de los estudiantes adscritos a la facultad de ingenierías, comprenden los ensayos respectivos en cada una de las asignaturas programadas por el plan de estudios durante el primer semestre del año 2019.

1. Problema

1.1.Titulo

Pasantía como auxiliar técnico del laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander

1.2.Planteamiento del Problema

La Universidad Francisco de Paula Santander, es un centro de formación integral de los profesionales de la frontera colombo-venezolana, zona de intercambio cultural en donde confluyen saberes binacionales, para una región que exige un alto grado de calificación de su obra de mano y, excelente nivel cognoscitivo para liderar las obras sociales y de infraestructura, que tiendan a conseguir el progreso de la ciudad, región o país.

En razón a la demanda de trabajo que se presenta en el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander, se ha solicitado la asignación de un estudiante de último semestre de Tecnología en Obras Civiles para la ejecución de diferentes funciones administrativas y como apoyo para los estudiantes de Obras Civiles modalidad presencial y distancia con el fin de brindarles las herramientas necesarias para avanzar en su camino profesional. Con esta labor se permite un mejor avance y desempeño en el laboratorio.

1.3.Formulación del problema

¿Cómo los factores familiares y de proyecto de vida inciden en el proceso de resocialización de los jóvenes infractores del Centro de Formación Juvenil Crecer en Familia?

1.4.Justificación

Es notorio que la falta de conocimientos sobre suelos genere un déficit en la formación técnica de los profesionales; El Proyecto Educativo Institucional, considera como objetivo

fundamental la labor académica, concebida como el desarrollo de la actividad práctica e investigativa de la Universidad Francisco de Paula Santander, la capacitación del hombre en su actitud responsable frente a los hechos y deberes sociales como persona; apoyados en el alcance de la investigación y extensión a la comunidad.

La realización de las pasantías en el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander, contribuye a un excelente cumplimiento de los propósitos pactados y a dar una solución más efectiva a los problemas allí presentados.

1.5 Objetivos

15.1. Objetivo general

Realizar las actividades correspondientes a la Pasantía como Auxiliar Técnico del Laboratorio de Suelos Civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander.

1.5.2. Objetivos Específicos

Establecer las actividades que vayan encauzadas a la elaboración y realización de los proyectos que adelanta el laboratorio suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Proveer apoyo técnico-administrativo a los alumnos de las distintas áreas, que adelantan prácticas de laboratorio.

Asistir en la elaboración de los diferentes ensayos solicitados o laboratorios, así como en actividades asociadas.

Brindar ayuda y/o asesoría a los estudiantes de Tecnología en Obras Civiles, modalidad presencial y distancia.

1.6. Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances

Este proyecto tiene como propósito satisfacer las necesidades que surjan en el laboratorio de suelos civiles en el transcurso del primer semestre académico del 2019 y dejar al servicio de la comunidad estudiantil, los conocimientos adquiridos dentro de la institución, brindando la asistencia técnica para la realización de los diferentes proyectos, que tengan como fin determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre y, responder a los compromisos adquiridos por la Universidad.

1.6.2 Limitaciones

Este proyecto estará sujeto directamente a la programación y el cronograma de trabajo específico elaborado por el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander y el director de pasantía para la ejecución de los diferentes proyectos. La movilización para la toma de muestras, dependerá de la asignación dada al laboratorio de suelos civiles y, la división de servicios académicos.

1.7. Delimitaciones

1.7.1 Delimitación Espacial

El proyecto se desarrollará dentro de la Universidad Francisco de Paula Santander, en el laboratorio de suelos civiles, ubicado en el edificio térreo. Las funciones técnico-administrativas de esta pasantía, se realizarán en el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander, dónde se llevarán a cabo las labores descritas.

1.7.2 Delimitación Temporal

Esta pasantía se realizará durante el primer semestre académico del año 2019.

1.7.3 Delimitación Conceptual

Se trabajará a partir de conceptos claves como son:

- Mecánica de suelos
- Pavimentos

Diseño de Mezclas

2. Marco Referencial o Teórico

2.1. Antecedentes

La pasantía realizada por Gómez (2005, p. 50), se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos Civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander, donde le permitió al estudiante vincularse al desarrollo de las actividades propias del desempeño profesional de un tecnólogo en Obras Civiles, estas actividades se encaminan a brindar asistencia técnico administrativa en las labores que adelanta el Laboratorio. En materia de investigación y extensión a la comunidad, así como los convenios en curso.

En el proyecto educativo institucional, Piedrahita (2004) considera como objetivo fundamental la labor académica concebida como el desarrollo de la actividad práctica e investigativa de la Universidad Francisco de Paula Santander, la capacitación del hombre en su actitud. Responsable frente a los hechos y deberes sociales como persona; apoyados en el alcance de la investigación y extensión a la comunidad.

En la pasantía ejecutada por Vega (2005) se desarrolló en Planeación Municipal de San José de Cúcuta, y se trabajó como Tecnólogo en obras civiles en actividades de inspección visual de daños de las vías de acceso y circulación de las comuna 3 y 4, consistía en hacer levantamientos de las vías pavimentadas, los diferentes pavimentos, para crear una base de datos estadísticos acerca del estado actual de la malla vial.

Por otra parte, la pasantía de Pérez (2010) se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos Civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander, donde le permitió al estudiante vincularse al desarrollo de las actividades propias del desempeño profesional de un tecnólogo en Obras Civiles, estas actividades se encaminan a brindar asistencia técnico administrativa en las labores

que adelante el Laboratorio. En materia de investigación y extensión a la comunidad, así como los convenios en curso.

Además, en el proyecto realizado por Herrera y Muñoz (2005) se encuentra, primero que todo un reconocimiento de las fallas presentes en el pavimento flexible de la avenida Libertadores de la Ciudad de San José de Cúcuta y ,algunas posibles soluciones.

2.2. Marco Teórico

Importancia De Las Pruebas De Laboratorio.

Las pruebas de laboratorio constituyen nuestra herramienta para dilucidar las condiciones en las que trabajaría la constructora, dándonos mediante la realización de diferentes ensayos las propiedades de los suelos y la resistencia de los materiales a utilizar, y el estado en que se encuentra y de esta forma, poder aplicar la teoría que mejor se ajuste a este entorno. En la mecánica de suelos este el procedimiento más común a seguir.

En la actualidad la mecánica de suelos tiene tres tareas: primero, en base a ensayos de laboratorio, suministrar los datos numéricos necesarios para el diseño técnicamente correcto y económico de las obras; segundo, realizar ensayos de campo y observaciones durante el proceso de la construcción, y tercero, realizar observaciones en la obra concluida.

Al encontrarse las pruebas de laboratorio al inicio del estudio de un problema geotécnico, es realmente importante que se realicen con profesionalismo y responsabilidad, pues estas aportarán datos representativos del material térreo. Igualmente importante es la toma de estas muestras y la conveniente ubicación de los apiques de donde se extraerán, de forma que sean realmente muestra que identifiquen la totalidad del material que se verá comprometido. Todo esto permitirá resultados eficientes y considerables ahorros de tiempo y dinero.

Características Que Debe Reunir Un Pavimento.

Un pavimento, para cumplir adecuadamente sus funciones, debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperie.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto de abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, debe ser adecuadamente moderado. Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Clasificación De Los Pavimentos.

Un pavimento está compuesto por un grupo de capas intercaladas, horizontalmente, que se construyen y diseñan específicamente con materiales indicados y debidamente compactados. Estas estructuras estratificadas se afirman sobre la sub-rasante de una vía (Barajas y Buitrago, 2017, p. 13).

De acuerdo con el artículo escrito por Barajas y Buitrago (2017) los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y sub-base (Montejo, 2002). Bajo la sub-base aparece otra capa denominada, sub-rasante que es de menor calidad que las capas anteriormente mencionadas; finalmente bajo esta capa se encuentra el suelo natural que es tratado mecánicamente al compactarlo (Montejo, 2002).

Pavimentos Semi-Rígidos.

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentran rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos.

El uso de estos aditivos tiene como fin básicamente reformar o cambiar las características mecánicas de los materiales de la zona que son los adecuados para la construcción de las capas del pavimento. Este pavimento también es llamado pavimento compuesto ya que es una combinación entre el pavimento flexible y el rígido. (Montejo Alfonso, 2002)

Pavimentos Rígidos.

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado la cual se denomina sub.-base del pavimento rígido.

De acuerdo a su rigidez y alto módulo de elasticidad, la repartición de los esfuerzos se produce en una zona amplia. Así mismo como el concreto está capacitado para resistir, en

determinado grado, esfuerzos a tensión, la conducta de un pavimento rígido es bastante amena aun cuando hallan zonas frágiles en la sub-rasante. La potencia estructural del pavimento rígido depende de la resistencia de las losas (Sanchez Fernando, 2009, citado por Barajas y Buitrago, 2017).

Pavimentos Articulados.

El pavimento articulado es una estructura conformada por capas compuestas por materiales que sirven de acabado para la vía, el objetivo es dar resistencia estructural para soportar el tránsito cotidiano. Entre los materiales que conforman la capa superior encontramos el concreto, arcilla cocida o piedras duras en su forma natural que también son cortadas según el requerimiento (Montejo, 2002).

Diseños De Mezclas.

El concreto es de acuerdo con Ruiz (2008, p. 26) una masa heterogénea constituida básicamente por agregados, cemento Portland, agua, aire y algunas veces aditivos, que una vez endurecida tiene la característica de resistir esfuerzos mecánicos en especial los de compresión.

Agregados o Áridos.

Constituyen el material llenante; está compuesto por una parte fina y otra gruesa. Al agregado fino comúnmente se le conoce como arena y al agregado grueso como grava o piedra triturada. La diferencia entre arena y grava se ha establecido en forma conveniente y arbitraria tomando como base su tamaño. En general, la arena es aquella cuyo diámetro es inferior a 5 mm, mientras que la grava es aquella superior a 5 mm (Ruiz, 2008, p. 26).

Cemento Portland.

Es el pegante o ligante hidráulico, es decir, el material que en determinadas condiciones es capaz de endurecerse con el transcurso del tiempo, uniendo a los otros materiales heterogéneos

(agregó fino y grueso). En particular, el cemento Portland se endurece al ponerlo en contacto con el agua (proceso de hidratación) lo que da lugar a una acción inicial de fraguado (reacción química), que a su término convierte la masa plástica de concreto fresco en una masa endurecida e indeformable (Matallana, s.f, citado en Ruiz, 2008, p. 26)..

Luego de que el concreto ha fraguado continúa un largo período de endurecimiento por lo que se alcanzan las resistencias mecánicas previstas. Además, Matallana (citado por Ruiz, 2008, p. 26). explica que el proceso de endurecimiento es indefinido pero se considera que a los 28 días se obtiene la resistencia de trabajo, la cual se expresa en Kg. /cm. o en algunas veces en lb. /pul.

A la mezcla de cemento Portland, agua, aire (naturalmente atrapado o introducido a propósito) y aditivos (cuando se utilizan) se le conoce como PASTA DE CEMENTO y constituye la llamada MATRIZ. Así mismo, a la mezcla de pasta de cemento y arena se le denomina CEMENTO (Ruiz, 2008, p. 26).

El aire atrapado es aquel que queda incluido inevitablemente dentro de la mezcla durante los procesos de mezclado y colocación del concreto dentro de la formaleta.

El aire introducido a propósito se refiere a las burbujas que se son introducidas a la mezcla por medio de un aditivo o un cemento especial con el fin de proporcionarle características especiales al concreto (Ruiz, 2008, p. 26).

2.3 Marco Conceptual

Límite De Cohesión.

Es el contenido de humedad con el cual las boronas del suelo son capaces de pegarse unas con otras.

Límite De Contracción.

Es el contenido de humedad por debajo del cual no se produce reducción adicional de volumen o contracción en el suelo.

Límite De Fluencia.

Aquel en el que se presenta un alargamiento notable sin existir un aumento de carga.

Limite Líquido.

Es el contenido de húmeda de debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico

Límite De Pegajosidad.

Es el contenido de humedad con el cual el suelo comienza a pegarse a las superficies metálicas tales como la cuchilla de la espátula.

Mecánica De Suelos.

Es el nombre dado a la interpretación científica del comportamiento del suelo. Puede definirse como la ciencia que trata con todos fenómenos que afectan el comportamiento del suelo.

Limite Plástico.

Es el contenido de húmeda de debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

Pavimento.

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales que se diseñan y construyen con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

2.4 Marco Contextual

La pasantía se realiza en las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander, en el Laboratorio de Suelos Civiles, ubicado en el edificio de Aulas Térreos, ubicado a un costado

de la cancha de futbol. Se les brinda asistencia técnica a los alumnos de Ingeniería Civil, tecnología en Obras Civiles, Ingeniería de Minas, Ingeniería Civil.

2.5 Marco Legal

El Consejo Superior Universitario de la U.F.P.S, estableció el Estatuto estudiantil el día 26 de agosto de 1996, mediante el acuerdo N° 065, donde el artículo 140, define las diferentes opciones que tiene el estudiante para realizar su trabajo de grado, que contempla posibles proyectos, como los trabajos de investigación y sistematizaron del conocimiento o proyectos de extensión como las pasantías, trabajo de grado y reglamentado por el acuerdo 069 del 5 de septiembre de 1997, Inciso F de este acuerdo.

Inciso F: Pasantía: Rotación o permanencia del estudiante en una comunidad o institución, en la cual, bajo la dirección de un profesional experto en el área de trabajo, realiza actividades propias de la profesión, adquiriendo destreza y aprendizaje que contemplan su formación.

3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de Investigación

En el proyecto a desarrollar se aplica una investigación descriptiva ya que estas investigaciones apuntan a describir un fenómeno, proceso o situación mediante el estudio del mismo, en una circunstancia determinada en el espacio y el tiempo.

3.2 Población y Muestra

Se les brinda asistencia técnica a los alumnos de Ingeniería Civil, Tecnología en obras Civiles, Ingeniería de Minas, siendo aproximadamente quinientos alumnos por semana y, a los 14 profesores quienes conforman la parte docente de las ingenierías de la Universidad Francisco de Paula Santander.

3.3 Instrumentos de Recolección de Información

Para la recolección de información, se utiliza formatos de captura de los diferentes datos obtenidos, ya sea en el terreno objeto de estudio o en el laboratorio de suelos civiles.

3.3.1 Fuente Primaria

Es la información obtenida directamente del Laboratorio, además de la información referente a la base de datos que posee esta dependencia, la cual sirve de base para recolectar lo faltante.

3.3.2 Fuente Secundaria

La información secundaria, consiste en aquella suministrada por los encargados del desarrollo del proyecto, asesorías, bibliografía especializada, normas y el director de proyecto.

3.4 Técnica de Análisis y Procesamientos de Datos

En el análisis procesamiento de datos, se deben tener en cuenta las observaciones realizadas durante los respectivos ensayos.

1. Ensayo de Humedad.

2. Ensayo de Granulometría.
3. Masa unitaria.
4. Peso unitario.
5. Densidad específica.
6. Lavado sobre tamiz 200.
7. Proctor modificado.
8. CBR.

3.5 Presentación de Resultados

La información se presentará por medio de fotografías, tablas y gráficos, lo cual permitirá interpretar y comprender el comportamiento de los suelos, por medio de ensayos realizados en el laboratorio de suelos civiles.

4. Actividades cumplidas en el proyecto

4.1. Actividades técnico administrativas

Se realizó la limpieza e inventario del laboratorio de suelos civiles y adecuación de los implementos, materiales y equipos, para un mejor servicio de los estudiantes en el I semestre del 2019.

Entrega y recolección de los materiales, equipos y herramienta menor necesarios para cada una de las prácticas de laboratorio correspondientes a las materias de las Ingenierías: Ingeniería Civil (Distancia y Presencial), Tecnología Obras Civiles (Distancia y Presencial), Ingeniería Minas, Ingeniería Ambiental

Para la entrega de materiales y equipos a cada grupo de estudiantes para el desarrollo de un ensayo determinado se realiza la solicitud de carnet estudiantil actualizado de un representante para, el control de manejo y préstamo de los mismos de cada grupo, finalizado el ensayo, se verifica su limpieza y buen estado, para evitar contratiempos, incidentes, daños y/o reclamos de los alumnos por retención, multa o sanción por daños.

4.2. Asesoría a los estudiantes que adelantan prácticas en el laboratorio de suelos civiles

Se les presta asesoría a los estudiantes que cursan asignaturas Diseño de mezclas, Geotecnia I, II ,III, Materiales de Construcción, Pavimentos, Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas, en modalidad presencial y distancia , adscritas a la Facultad de Ingenierías, sobre temas relacionados con el desarrollo de los laboratorios correspondientes.

Tabla 1: Asistencia en el laboratorio

Fecha	Ensayo	Materia	N° alumnos	Docente	Carrera
10/04/2019	Humedad Natural	Geotecnia I	35	Ing Carlos Flores	Tecnología Obras civiles-Ing civil
9/04/2019	Límites de Atterberg, Granulometría y Desgaste	Pavimentos	32	Ing Andrea Cacique	Tecnología Obras civiles- Ing Civil
12/03/2019	Humedad Natural	Diseño de Mezclas	40	Ing Carlos Bonilla	Tecnología Obras Civiles
13/03/2019	Granulometría	Diseño de Mezclas	40	Ing Carlos Bonilla	Tecnología Obras Civiles
8/04/2019	Densidad	Diseño de Mezclas	40	Ing Carlos Bonilla	Tecnología Obras Civiles
11/03/2019	Granulometría, MUS-MUC	Materiales	15	Ing Bermont	Ing Ambiental
8,9/04/2019	Densidad	Materiales	15	Ing Bermont	Ing Ambiental
13/03/2019	Humedad Natural y Densidad	Pavimentos	25	Ing Yee Wan Yung Vargas	Ing civil
28/03/2019	Preparación del material	Pavimentos	25	Ing Yee Wan Yung Vargas	Ing civil
27,28/02/2019	Granulometría	Materiales	30	Ing Rogelio Ruge Roncancio	Tecnología Obras civiles-Ing civil
6,7/03/2019	MUS-MUC	Materiales	30	Ing Rogelio Ruge Roncancio	Tecnología Obras civiles-Ing civil

13,14,15,1 8/03/2019	Densidad	Materiales	30	Ing Rogelio Ruge Roncancio	Tecnología Obras civiles-Ing civil
20,21/03/2 019	Desgaste	Materiales	30	Ing Rogelio Ruge Roncancio	Tecnología Obras civiles-Ing civil
27/02/2019	Humedad	Geotecnia I	35	Ing Alieth Sánchez	Ing Civil
8/03/2019	Límites	Geotecnia I	35	Ing. Alieth Sánchez	Ing Civil
18,19,20,2 1/03/2019	Lavado tamiz 200 y Granulometría	Geotecnia I	35	Ing Alieth Sánchez	Ing Civil
7/03/2019	Granulometría y Humedad Natural	Diseño de Mezclas	25	Ing Miguel Ángel Barrera	Ing civil
11/04/2019	Límites de Atterberg y Cono de Arena	Pavimentos	30	Ing Francisco Suárez	Tecnología Obras Civiles
03/05/20 19	Límites de Contracción	Geotecni a I	35	Ing. Carlos Flores	Ing. civil- tecnología obras civiles
02/05/20 19	Granulometría por hidrómetro	Geotecni a I	35	Ing. Carlos Flores	Ing. civil- tecnología obras civiles
07/05/20 19	Peso Unitario	Geotecni a I	35	Ing. Carlos Flores	Ing. civil- tecnología obras civiles
14/05/20 19	Asentamiento en concreto	Geotecni a I	35	Ing. Carlos Flores	Ing. civil- tecnología obras civiles

15/05/2019	Elaboración de cilindros en concreto	Geotecnia I	35	Ing. Carlos Flores	Ing. civil- tecnología obras civiles
03/05/2019	Límites de contracción	Geotecnia I	30	Ing. Ricardo Zarate	Ing. civil- tecnología obras civiles
07/05/2019	Granulometría por Hidrómetro	Geotecnia I	30	Ing. Ricardo Zarate	Ing. civil- tecnología obras civiles
14/05/2019	Elaboración de cilindros en concreto	Diseño de mezclas	40	Ing. Carlos Bonilla	Tecnología obras civiles
08/04/2019	Densidad y Absorción	Diseño de mezclas	40	Ing. Carlos Bonilla	Tecnología obras civiles
26/04/2019	Máquina de los ángeles	Diseño de mezclas	40	Ing. Carlos Bonilla	Tecnología obras civiles
13/05/2019	Peso unitario	Diseño de mezclas	40	Ing. Carlos Bonilla	Tecnología obras civiles
02/05/2019	Humedad Límites plástico y líquido Lavado por tamiz 200	Pavimentos	20	Ing. Alba Yajaira Sánchez	Ing. civil- tecnología obras civiles
09/05/2019	Proctor modificado Peso unitario	Pavimentos	20	Ing. Alba Yajaira Sánchez	Ing. civil- tecnología obras civiles

11/04/2019	Cono de arena Limites plástico y liquido	Paviment os	30	Ing. Francisco Suarez	Ing. civil- tecnología obras civiles
12/04/2019	CBR inalterado	Paviment os	30	Ing. Francisco Suarez	Ing. civil- tecnología obras civiles
14/05/2019	Lavado tamiz 200 Proctor modificado	Paviment os	30	Ing. Francisco Suarez	Ing. civil- tecnología obras civiles
15/05/2019	Desgaste y equivalente de arena	Paviment os	30	Ing. Francisco Suarez	Ing. civil- tecnología obras civiles
14/05/ 2019	CBR penetración Solidez	Paviment os	32	Ing Andrea Cacique	Tecnología Obras civiles- Ing Civil
08/04/ 2019	Densidad y absorción	Material es	15	Ing Bermont	Ing Ambiental
16/05/ 2019	Elaboración de cilindros	Material es	15	Ing Bermont	Ing Ambiental
03/05/ 2019	Máquina de los Ángeles	Material es	15	Ing Bermont	Ing Ambiental
15-16- 17/05/20 19	Diseño de mezclas	Material es	30	Ing Rogelio Ruge Roncancio	Tecnologia Obras civiles-Ing civil
03/05/ 2019	Asentamiento en concreto	Material es	30	Ing Rogelio Ruge Roncancio	Tecnologia Obras civiles-Ing civil

24/04/ 2019 06/05/ 2019	Proctor modificado	Geotecni a I	35	Ing Alieth Sánchez	Ing Civil
30/04/ 2019	Compresión inconfínada	Geotecni a I	35	Ing Alieth Sánchez	Ing Civil
06/05/ 2019	Peso unitario	Geotecni a I	35	Ing Alieth Sánchez	Ing Civil
24/04/ 2019	Proctor modificado	paviment os	25	Ing Yee Wan Yung Vargas	Ing civil

Tabla 2: Asistencia a campo

Fecha	Tipo de ensayo	Dirección	Solicitante	Ciudad
8/03/2019	Límites, Humedad Natural y Corte Directo	Calle 34 entre 3 y 4 Los Patios	Ing. Carlos Flores	Cúcuta
4/03/2019	Humedad Natural, Límites y Granulometría	Urbanización San Diego- Aguas Calientes	Ing. Carlos Flores	Cúcuta
20/03/201 9	Corte Directo, Humedad, Límites y Granulometría	Garciaherreros	Ing. Carlos Flores	Cúcuta
11/04/201 9	Densidad de Terreno	Calle 7A con Av 6E Barrios popular	Ing. Pedro David Galindo	Cúcuta
3/04/2019	Corte Directo	Puente pajuila	Ing. Armando Maldonado	Cúcuta

Tabla 3: Asistencia proyectos de grado

Titulo	Ensayo	Autor del proyecto
"Diseño de pavimento rígido y flexible mediante las metodologías INVIAS-13 y AASHTO-93 como alternativas para la vía desde la intersección del Anillo vial con la vía que conduce al Carmen de Tonchala para el K0+000 hasta el K1+000 en la Ciudad de San José de Cúcuta". Proyecto de Tesis	Granulometría, Límites de Atterberg y Humedad Natural	Daniel Eduardo Guitarrero Guzmán y Gonzalo Andrés Cárdenas Pacheco
"Determinación del grado de vulnerabilidad por movimiento en masa en el barrio Alto Pamplonita, ubicado en la columna IV de la ciudad de Cúcuta, Colombia". Proyecto de Tesis	Lavado tamiz 200, Límites de Atterberg, Granulometría	María Isabel Capacho Sánchez y Michael Andrés Páez Porras

4.3. Ensayos realizados y asesorados en el laboratorio de suelos civiles

4.3.1 Ensayos de Suelos

4.3.1.1 Determinación En laboratorio del Contenido de Agua (Humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo INV E – 122-1.

Este método cubre la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca, y mezclas de suelo-agregado por peso. Por simplicidad, de aquí en adelante, la palabra "material" se refiere a suelo, roca o mezclas de suelo-agregado, la que sea aplicable (Invias E-122, 2012, p. 1).

El contenido de agua del material se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre", en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material (Invias E-122, 2012, p. 1). (Ver anexo 1 fotografía 1)

4.3.1.2 Determinación de tamaños de partículas de los suelos INV E – 123 – 13.

De acuerdo con INVIAS E-123 (2012, p. 1), el análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices, se puede efectuar sin previo lavado (INVIAS E-123, 2012, p. 2).

Tabla 4: Porciones recomendadas según el Diámetro Nominal de las Partículas.

Diámetro Nominal de Las Partículas mm – (Pulg)	Peso mínimo aproximado de la Porción gramos (gr)
9.5 (3/8")	500
19.0 (3/4")	1000
25.0 (1")	2000
37.50 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75.0 (3")	5000

El tamaño de la fracción que pasa la malla No.10 debe ser de aproximadamente 115 g para arenas y 65 g. para limos y arcillas (INVIAS E-123, 2012, p. 2).

Los tamices de malla cuadrada que se utilizan para el tamizado de análisis granulométrico son los siguientes:

Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar esto las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada (INVIAS E-123- 07, 2012, p. 2).

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, en Invias E123 -07 (2012) el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices, se puede efectuar sin previo lavado pasa la malla No.10 debe ser de aproximadamente 115 g para arenas y 65 g. para limos y arcillas (INVIAS E-123- 07, 2012, p. 2).

Tabla 5: Serie de Tamices mm – pulg (INVIAS E-123- 07, 2012, p. 2).

Tamices
75 mm - (3")
50 mm - (2")
37.5 mm - (1-1/2")
25 mm – (1")

19.0 mm – (3/4”)
9.5 mm – (1/2”)
9.5 mm – (3/8”)
4.75 mm – (No.4)
2.0 mm – (No. 10)
850 mm (No. 20)
425 mm – (No. 40)
250 mm –((No. 60)
180 mm – (No. 100)
75 mm – (No. 200)

4.3.1.3 Límites de Atterberg.

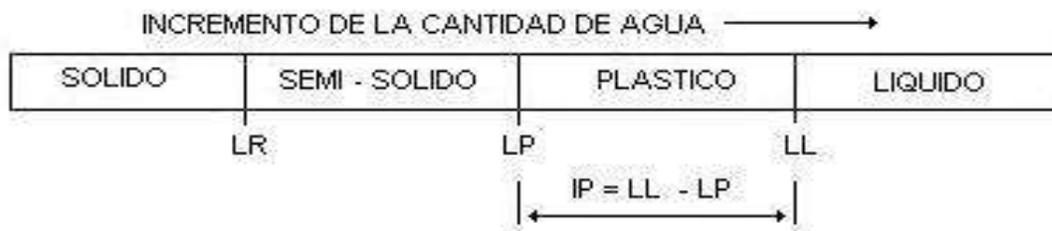
4.3.1.3.1 Límite Líquido INV E – 125-13.

La determinación del límite líquido interviene en varios sistemas de clasificación de suelos, dado que contribuye en la caracterización de la fracción fina de los suelos. El límite líquido, solo o en conjunto con el límite plástico y el índice de plasticidad (Invias E-125-07, 2012).

El límite líquido de un suelo que contiene cantidades apreciables de materia orgánica disminuye dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes del ensayo. La comparación de los valores de límite líquido de una muestra, antes y después de secada al horno.

El investigador en suelos, Atterberg (Duarte y Rojas, 2017, p. 42), desarrolló un sistema para cuantificar este comportamiento, que se basa en la determinación de los Límites de Atterberg e Índice de consistencia: Límite líquido, Límite Plástico, Límite de Retracción, e Índice de Plasticidad; estos datos indican el contenido de agua donde el suelo cambia de consistencia. Estos límites marcan una separación arbitraria entre los estados o modos de comportamiento de un suelo: sólido, semi-sólido, plástico y líquido (Duarte y Rojas, 2017, p.42).

Figura 1: Estados del suelo



4.3.1.3.2 Límite Plástico e índice plasticidad de los suelos INV E – 126 – 13.

Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelo de unos 3 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desmoronen (Invias E- 126, 2012, p. 1).

Si se quiere determinar sólo el límite plástico, se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 425 μm (No.40), Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de unos 6 g de dicha esfera como muestra para el ensayo (Invias E- 126, 2012, p. 2).

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto en los diversos tipos de suelo (Invias E- 126,2012 p. 2): En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños. En otros suelos se forma una capa tubular exterior que comienza a hendirse en ambos extremos y progresa hacia el centro hasta que, finalmente, el suelo se desmorona en partículas lajasas (ver anexo, fotografía 5).

4.3.1.4 Determinación De la Gravedad Específica de las Partículas Sólidas de los suelos, empleando un Picnómetro con Agua INV E -128-07.

Es la relación entre la masa de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y la masa del mismo volumen de agua destilada y libre de gas, a la misma temperatura (Invias, E -218- 07, 2012, p. 2).

La gravedad específica de un suelo se usa en casi toda ecuación que exprese relaciones de fase de aire, agua y sólidos en un volumen dado de material (Invias, E -218- 07, 2012, p. 2).

“El término partículas sólidas, como se usa en ingeniería geotécnica, hace relación a las partículas minerales que aparecen naturalmente y que no son prácticamente solubles en agua. Por lo tanto, la gravedad específica de materiales que contengan materias extrañas (tales como cemento, cal, etc.), materia soluble en agua (tal como cloruro de sodio) y suelos conteniendo materia con gravedad específica menor de uno, típicamente requieren un tratamiento especial o una definición particular de gravedad específica” (Ver anexo, fotografía 5).

4.3.1.5 Equivalente de Arena de Suelos y agregados Finos INV E – 133 – 13.

De acuerdo con Invias E- 133 (2012) este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo.

“A un volumen determinado de suelo o agregado fino se le adiciona una pequeña cantidad de solución floculante, mezclándolos en un cilindro de plástico graduado y agitándolos para que las partículas de arena pierdan la cobertura arcillosa. La muestra es entonces "irrigada", usando una cantidad adicional de solución floculante, para forzar el material arcilloso a quedar en suspensión encima de la arena” (Invias E- 133, 2012, p. 1).

Después de un período de sedimentación, se determinan las alturas de la arcilla floculada y de la arena en el cilindro. El "equivalente de arena" es la relación entre la altura de arena y la altura de arcilla, expresada en porcentaje (Invias E- 133, 2012, p. 1).

Solución Tipo (Stock). – De acuerdo con Invias E – 133- 07 (2012) los materiales enumerados a continuación se pueden usar para preparar la solución tipo Stock. Una cuarta alternativa es la de no usar ningún biosida, siempre y cuando el tiempo de almacenamiento de la solución no sea el suficiente para promover el crecimiento de hongos (ver anexos, fotografía 6).

4.3.1.6 Compresión Encofinada en Muestras de Suelo INV E – 152- 07.

El objeto de esta norma Invias E- 152- 07 (2007, p. 1) es indicar la forma de realizar el ensayo para determinar la resistencia a la compresión Encofinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas o re moldeadas, aplicando carga axial, usando cualquiera de los métodos de resistencia controlada o deformación controlada.

Este ensayo se emplea únicamente para suelos cohesivos, ya que en un suelo carente de cohesión no puede formarse una probeta sin confinamiento lateral (Invias E- 152- 07, 2007, p. 1).

Resistencia a la compresión Encofinada, es la carga por unidad de área a la cual una probeta de suelo, cilíndrica o prismática, falla en el ensayo de compresión simple (Invias E- 152- 07, 2007, p. 1).

En Invias E- 152- 07 (2007, p. 2) se presentan dos formas de preparación de muestras, las cuales son: las probetas inalteradas y Probetas Remodeladas. En primer lugar, las probetas inalteradas:

“Si se trata de muestras de tubo, hay que manejarlas con gran cuidado para evitar su alteración, cambios en la sección transversal o la pérdida de humedad.; si se teme que el dispositivo de extracción pueda dañar la muestra, puede hendirse el tubo longitudinalmente o cortarlo en trozos más pequeños para facilitar la extracción de la muestra sin alterarla” (Invias E- 152- 07, 2007, p. 2).

Además, si se trata de arcilla no dura, se recomienda, cuando sea posible, tallar la muestra para eliminar las zonas alteradas próximas a las paredes del tubo. En general, deben desecharse las partes alteradas de la muestra (Invias E- 152- 07, 2007, p. 2).

“Cuando los extremos de la probeta quedan irregulares debido a la existencia de piedras, desmoronamiento de la muestra, etc., se deben igualar las caras rellenando los pequeños agujeros con suelo de los cortes. Si se trata de muestras duras, es conveniente refrenar las caras de modo que queden perfectamente paralelas” (Invias E- 152- 07, 2007, p. 4).

Se determina el peso de las probetas y separadamente se toma una muestra para determinar la humedad. El peso debe excluir la capa de material utilizado para refrentar la probeta (Invias E- 152- 07, 2007, p. 4).

En segundo lugar, las probetas Remodeladas si se desea ensayar una muestra de arcilla saturada "re moldeada", por ejemplo, para determinar la sensibilidad, se procede del siguiente modo: se amasa perfectamente el suelo de modo que se destruya completamente su estructura anterior (Invias E- 152- 07, 2007, p. 4).

“Si se desea conservar la humedad que tenía la muestra original, es conveniente envolver el material en una membrana de caucho fino durante esta operación.; para formar el espécimen puede emplearse un tubo metálico cilíndrico hueco de altura algo mayor que el doble del diámetro, en cuyo interior penetra un cilindro de madera del mismo diámetro que la probeta, cubierto con un disco de aluminio” (Invias E- 152- 07, 2007, p. 4).

Las paredes del tubo hueco se deben lubricar con vaselina o cualquier otro lubricante (ver anexos, fotografía 7).

4.3.1.7 Ensayo Consolidación Unidimensional de los Suelos INV E – 151 - 14

En estas Pruebas de laboratorio, según Serrano y Torrado (2013, p. 5) se toman una muestra de suelo, se confina lateralmente y se carga en dirección axial con incrementos de esfuerzo total. Cada incremento de carga se mantiene constante hasta cuando el exceso de presión de poros se haya disipado.

Esta situación se identifica por medio de la interpretación del comportamiento tiempo-deformación bajo esfuerzo total constante y se basa en la premisa de que el suelo está 100 % saturado.

“Durante el ensayo se mide el 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” (Serrano y Torrado, 2013, p. 5) .

Esta norma describe el procedimiento para determinar la magnitud y la velocidad de consolidación de muestras de suelos mediante una prueba de laboratorio en la cual se permite el drenaje axial de especímenes confinados lateralmente, mientras se someten a incrementos de carga con esfuerzo controlado (Serrano y Torrado, 2013, p. 3).

Para la ejecución del ensayo se puede seguir uno de los siguientes métodos:

Método A

Este método se desarrolla aplicando de manera constante cada incremento de carga durante veinticuatro (24) horas o múltiplos de este tiempo. Las lecturas tiempo-deformación se deben realizar, como mínimo, durante dos incrementos de carga.

Este método proporciona solamente la curva de compresión de la muestra y los resultados combinan las deformaciones debidas a consolidación primaria y a consolidación secundaria (Serrano y Torrado, 2013, p. 3).

Método B

Por este método, las lecturas de tiempo-deformación se hacen para todos los incrementos de carga. Los incrementos de cargase aplican: (a) después de alcanzado el 100 % de la consolidación primaria, o (b) a incrementos constantes de tiempo, como se describen el método A.

Como resultados, se obtienen la curva de compresión con datos explícitos para definir los datos correspondientes a la consolidación secundaria, el coeficiente de consolidación para materiales saturados y la velocidad de la compresión secundaria (Serrano y Torrado, 2013, p. 3).

Nota 1: El método para la determinación de la velocidad y magnitud de la consolidación del suelo cuando es sometido a ensayos de carga bajo deformación unitaria controlada se puede consultar en la norma ASTM D4186 (Serrano y Torrado, 2013, p. 3).

“Generalmente, estos ensayos se efectúan sobre muestras de suelos finos saturadas e inalteradas, naturalmente sedimentados en agua; sin embargo, el procedimiento básico también es aplicable a muestras de suelos compactados a muestras inalteradas de suelos formados por procesos diferentes, tales como alteración química y meteorización” (Serrano y Torrado, 2013, p. 3).

Las técnicas de evaluación especificadas en estos métodos de ensayo asumen que los poros del suelo están completamente saturados y, por tanto, son aplicables a suelos sedimentados naturalmente en agua (ver anexos, fotografía 8).

4.3.1.8 Ensayo de Lavado sobre tamiz 200 INV E – 214 -07.

Esta norma describe el procedimiento para determinar, por lavado, la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (No.200) en un agregado. Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 μm (No.200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua (Invias E- 214- 07, 2007, p. 1).

Así mismo, se describen dos procedimientos, uno que utiliza solamente agua en la operación de lavado, y otro que emplea un agente humectante para favorecer el desprendimiento del material más fino que 75 μm (No.200), del material grueso. Si no se especifica lo contrario, se usará el procedimiento A (sólo agua) (Invias E- 214- 07, 2007, p. 1).

Con la mayoría de los agregados, el agua natural es adecuada para separar el material más fino del grueso. En algunos casos, sin embargo, el material más fino está adherido a las partículas más gruesas; tal sucede con algunos materiales arcillosos y de otro tipo que pueden estar cubriendo los agregados extraídos de las mezclas bituminosas (Invias E- 214- 07, 2007, p. 1).

“En tales casos, el material fino se separa más fácilmente añadiendo al agua de lavado un agente humectante. Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicabilidad de limitaciones regulatorias, con anterioridad a su uso” (Invias E- 214- 07, 2007, p. 1).

Esta norma plantea el siguiente uso y significado, donde el material fino que pasa el tamiz de 75 μm (No.200), se puede separar de las partículas mayores en forma mucho más eficiente y completa, mediante tamizado por vía húmeda, que a través del tamizado en seco. Por esto,

“cuando se desean determinaciones precisas del material más fin o que 75 μm en los agregados finos o gruesos, se usa este método, antes de efectuar el tamizado en seco de la muestra” (Invias E- 214- 07, 2007, p. 1).

Los resultados de este ensayo se incluyen en los cálculos obtenidos mediante tamizado en seco (norma INV E – 213) y se informan junto con los resultados de dicho ensayo.

“Normalmente, la cantidad adicional de material menor que 75 μm , obtenido a por el tamizado en seco (norma INV E – 213) es pequeña, pero si no lo es, este hecho puede indicar una falta de eficiencia en el lavado o una degradación del material durante el proceso.

Instituto Nacional de Vías (Invias E- 214- 07, 2007, p. 1)”. (Ver anexos, fotografía 9).

4.3.1.9 Análisis granulométricos por medio del hidrómetro INV E – 124 - 14

Este método de prueba cubre las determinaciones cuantitativas de la distribución de tamaño de las partículas de las fracciones finas de los suelos. La distribución de tamaños de partículas más grandes de 75 μm (retenidas en el tamiz No 200) se determina por tamizado, en tanto que la distribución de las partículas más pequeñas que 75 μm se determina por un proceso de sedimentación, usando un hidrómetro que asegure los datos necesarios (Invias E-124, 2007, p. 1).

La separación de la muestra para aplicar el método descrito en esta norma puede hacerse en el tamiz No 4 (4.75mm), en el No 40 (425 μm), o en el tamiz No 200 (75 μm), en vez del tamiz No 10. El tamiz utilizado debe ser indicado en el informe (Invias E-124, 2007, p. 1).

“Se proveen dos tipos de aparatos de dispersión: (1) Un mezclador mecánico de alta velocidad y (2) dispersión por aire. Investigaciones extensas indican que los equipos de dispersión por aire producen una dispersión más positiva en suelos finos plásticos por debajo de 20 μm de tamaño y apreciablemente menor degradación en todos los tamaños al usarse con

suelos arenosos. Debido a las ventajas definitivas de la dispersión por aire, se recomienda su uso. Los resultados obtenidos con los dos aparatos, difieren en magnitud, dependiendo del tipo de suelos, especialmente para tamaños más finos de $20\mu\text{m}$ ” (Invias E-124, 2007, p. 1).

Reactivos

Agente Dispersante – Una solución de hexametáfosfato de sodio; se usará en agua destilada o desmineralizada en proporción de 40 g de hexametáfosfato de sodio por litro de solución.

(Invias E-124, 2007, p. 6).

Las soluciones de esta sal deberán ser preparadas frecuentemente (al menos una vez al mes) o ajustar su pH de 8 a 9 por medio de carbonato de sodio. Las botellas que contienen soluciones deberán tener marcada la fecha de preparación (Invias E-124, 2007, p. 6).

Agua – Toda agua utilizada deberá ser destilada o desmineralizada. El agua para el ensayo con hidrómetro deberá llevarse hasta la temperatura que prevalecerá durante el ensayo; así, si el cilindro de sedimentación se va a colocar en baño de agua, la temperatura del agua destilada o desmineralizada que va a utilizarse se llevará a la temperatura de dicho baño (Invias E-124, 2007, p. 6).

“Si el cilindro de sedimentación se coloca a la temperatura ambiente del laboratorio, el agua deberá tener dicha temperatura. La temperatura normal de ensayo es la de 20°C (68°F). Sin embargo, pequeñas variaciones de temperatura, no implicarán el uso de las correcciones previstas (ver anexos, fotografía 10)” (Invias E-124, 2007, p. 1).

4.3.1.10 Ensayo de corte directo INV E – 154.

Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, empleando el método de corte directo. El ensayo se podrá hacer con un corte sencillo o un corte doble Este ensayo se

puede realizar sobre todos los tipos de suelos, ya sean muestras inalteradas o re moldeadas (Invias E- 154, 2007, p. 1).

El ensayo consiste en: (a) Colocación de la muestra de ensayo en el dispositivo de corte directo; (b) Aplicación de una carga normal determinada; (c) Disposición de los medios de drenaje y humedecimiento de la muestra; (d) Consolidación de la muestra bajo la carga normal; (e) Liberación de los marcos que sostienen la muestra; (f) Aplicación de la fuerza de corte para hacer fallar la muestra (Invias E- 154, 2007, p. 2).

Generalmente tres o más muestras son ensayadas, cada una bajo fuerza normal diferente, para determinar los efectos sobre la resistencia al corte y las deformaciones. El intervalo de las cargas normales usadas deberá ser el apropiado y en concordancia para las condiciones del suelo investigado (ver anexos, fotografía 11), (Invias E- 154, 2007, p. 2).

4.3.1.11 Densidad y peso unitario del suelo en el terreno por método del cono de arena INV E – 161.

Este método de ensayo se usa para determinar, en el sitio, la densidad o la masa unitaria de los suelos con el equipo de cono de arena. El método sirve para los suelos que no contiene cantidades apreciables de rocas o de material grueso de tamaño superior a 38mm (1½”) de diámetro (Invias E-161, 2007, p.1).

También se puede utilizar este método para determinar, en el sitio la densidad de suelos inalterados, siempre y cuando los vacíos naturales o los poros de suelo sean lo suficientemente pequeños para evitar que la arena que se usa para el ensayo penetre en los vacíos (Invias E-161, 2007, p.1).

El suelo u otros materiales que se ensayen deben tener suficiente cohesión o atracción de partículas, para mantener estables las paredes de un pequeño hueco y deben ser lo

suficientemente firmes para soportar las pequeñas presiones que se ejercen al excavar el hueco y al colocar el aparato en él, de tal manera que no se causen deformaciones ni desprendimientos (Invias E-161, 2007, p.1).

“Este método de ensayo no es adecuado para suelos orgánicos, saturados o muy plásticos, los cuales se deforman o se comprimen durante la excavación del hueco requerido para el ensayo. Es posible que este método de ensayo no sea adecuado para suelos formados por materiales granulares sueltos, que contengan cantidades apreciables de material grueso superior a 38mm (1½”) ni suelos granulares con altas relaciones de vacíos, los cuales no mantienen estables las paredes del hueco de ensayo. 1.5” (Invias E-161, 2007, p.1).

Cuando los materiales probados contiene cantidades apreciables de partículas mayores a 38mm (1½”), o cuando se requiera que el volumen de hueco sea superior a 2830 cm³ (0.1 ft³) (Invias E-161, 2007, p.1).

Se excava manualmente un hueco en el suelo que se va a ensayar y todo el material del hueco se guarda en un recipiente. Se llena el hueco con arena de densidad conocida, la cual debe fluir libremente, y se determina el volumen. Se calcula la densidad del suelo húmedo, in situ, dividiendo la masa del material húmedo removido por el volumen del hueco (Invias E-161, 2007, p.2).

Se determina el contenido de humedad del material extraído del hueco y se calcula su masa seca y la densidad seca del suelo en el campo, usando la masa húmeda del suelo, la humedad y el volumen del hueco (ver anexos, fotografía 12), (Invias E-161, 2007, p.2).

4.3.2 Ensayos de diseño de mezclas

4.3.2.1 Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos INV E 213.

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente (Invias E- 213, 07, p.1).

Este método también se puede aplicar usando mallas de laboratorio de abertura redonda, y no se empleará para agregados recuperados de mezclas asfálticas (Invias E- 213, 07, p.1).

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso (Invias E- 213, 07, p.1).

“Este método se usa principalmente para determinar la granulometría de los materiales propuestos que serán utilizados como agregados. Los resultados se emplean para determinar el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones que son aplicables y para suministrar los datos necesarios para la producción de diferentes agregados y mezclas que contengan agregados. Los datos pueden también servir para el desarrollo de las relaciones referentes a la porosidad y el empaquetamiento” (Invias E- 213, 07, p.1).

La determinación exacta del material que pasa el tamiz de 75 μm (No.200) no se puede lograr mediante este ensayo. El método de ensayo que se debe emplear es el dado por la norma INV E – 214 "Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (No.200)", (ver anexos, fotografía 13).

4.3.2.2 Resistencia de la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 (1 ½”) por medio de la máquina de los ángeles INV E – 218.

Este método se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles (Invias E-218, 2007, p.1).

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva. Para evaluar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos, de tamaños mayores de 19 mm (¾"), por medio de la máquina de Los Ángeles, deberá utilizarse la norma INV E – 219. (Invias E-218, 2007, p.1).

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad, y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso (Invias E-218, 2007, p.1).

“Este ensayo ha sido ampliamente usado como un indicador de la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas. Los resultados no brindan automáticamente comparaciones válidas entre fuentes marcadamente diferentes en origen, composición o estructura” (Invias E-218, 2007, p.1).

Los límites de las especificaciones deben ser asignados con extrema precaución, considerando los tipos de agregados disponibles y su comportamiento histórico en aplicaciones finales específicas (Invias E-218, 2007, p.1).

La muestra destinada al ensayo se obtendrá empleando el procedimiento descrito en la norma INV E – 201 y se reducirá a un tamaño adecuado para el ensayo, según la norma INV E – 202.
4.2 (Invias E-218, 2007, p.3).

4.3.2.3 Densidad, Densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino INV- 222.

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de gravedades específicas bulk y aparente $23 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ($73.4/73.4^{\circ}\text{F}$), así como la absorción de agregados finos (Invias E- 222, 2007, p.1).

“Este método determina (después de 15 horas en agua) la gravedad específica bulk y la aparente como están definidas en la norma INV E – 223, la gravedad específica bulk basada en la masa saturada y superficialmente seca del agregado, y la absorción como está definida en la norma INV E – 223. Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma” (Invias E- 222, 2007, p.1).

Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma el establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y el determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo (ver anexos, fotografía 15) (Invias E- 222, 2007, p.1).

4.3.2.4 Densidad, densidad relativa (densidad y absorción) y absorción del agregado grueso INV E- 223.

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de gravedades específicas bulk, bulk saturada y superficialmente seca y aparente, así como la absorción, después que los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz No.4) han estado sumergidos en agua durante 15 horas (Invias E- 223, 2007, p.1).

“Este método de ensayo no se debe aplicar a agregados pétreos livianos. Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y el determinar la

aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo” (ver anexos, fotografía 16)
(Invias E- 223, 2007, p.1).

4.3.2.5 Porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso INV E – 227.

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir los vacíos entre ellas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso (Invias E- 227, 2012).

Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en kg/m³ (lb/ft³), se expresa como seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o aparente.

Además, la densidad relativa (gravedad específica) que es una cantidad adimensional se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente (gravedad específica) la densidad seca al horno (SH) y la densidad relativa seca al horno (SH) se deben determinar luego del secado del agregado (Invias E- 227, 2012).

La densidad (SSS), la densidad relativa (SSS) y la absorción se determina de sumergir el agregado en agua durante un periodo específico (ver anexos, fotografía 17), (Invias E- 227, 2012).

4.3.2.6 Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión INV E- 402.

Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración como se describe en la presente norma (Invias E- 402, 2013, p.1).

Tabla 6: Numero de capas requeridas por espécimen

Tipo y Tamaño del Especimen	Método de Consolidación	Numero de Capas de Aproximadamente igual espesor
Cilindros:		
Diámetro, mm (pulg)		
75 a 100 (3 a 4)	apisonado	2
150 (6)	apisonado	3
225 (9)	apisonado	4
hasta 225 (9)	vibración	2
Prismas y Cilindros para Creep Horizontal		
espesor, mm (pulg)		
hasta 200 (8)	apisonado	2
más de 200 (8)	apisonado	3 ó mas
hasta 200 (8)	vibración	1
más de 200 (8)	vibración	2 ó mas

Formas de mezclar el concreto:

Mezcla con máquina: Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo del agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo, cuando ésta se requiera, según se indica en la Sección 5.4 (Invias E- 402, 2013, p.7).

Siempre que sea posible, el aditivo se debe dispersar en el agua antes de su adicción a la mezcla. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unas cuantas revoluciones se adiciona n el agregado fino, el cemento y el agua, con la mezcladora en funcionamiento (Invias E- 402, 2013, p.7).

“Si para una mezcla particular o para un determinado ensayo no resulta práctico incorporar al agregado fino, el cemento y el agua con la mezcladora funcionando, ellos se incluirán con la máquina detenida, luego de haberse permitido algunas revoluciones. Seguidamente se debe mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación final. Se debe cubrir el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación durante el período de reposo” (Invias E- 402, 2013, p.8).

Mezcla manual: Se debe hacer la mezcla en una bandeja o vasija metálica, impermeable, limpia y húmeda, con un palustre despuntado de albañil, utilizando el siguiente procedimiento:

“Se debe mezclar el cemento, aditivo en polvo insoluble, si se va a utilizar, y el agregado fino sin adición de agua hasta que se logre una mezcla homogénea.

Seguidamente, se adiciona el agregado grueso mezclándolo sin adición de agua, hasta que se distribuya uniformemente en la mezcla. Se adicionan el agua y el aditivo soluble si se va a utilizar, y se mezcla la masa lo suficiente para obtener una mezcla de concreto homogénea y de consistencia deseada. Si se necesita mezclado prolongado debido que el agua se añade por incrementos para ajustar la consistencia, se debe descartar la fachada y efectuar otra en la cual el mezclado no sea interrumpido para hacer tanteos con la consistencia” (ver anexos, fotografía 18), (Invias E- 402, 2013, p.1).

Tabla 7: Diámetro de la varilla y número de golpes por capa

CILINDROS		
Diámetro del Cilindro en mm (pulg)	Diámetro de varilla en mm (pulg)	Numero de Golpes por Capa
50 (2) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la Superficie Superior de la Muestra en cm² (pulg²)	Diámetro de varilla en mm (pulg)	Numero de Golpes por Capa
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 (26) a 310 (49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de área
320 (50) o mas	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de área
CILINDROS DE CREEP HORIZONTAL		
Diámetro del Cilindro en mm (pulg)	Diámetro de varilla en mm (pulg)	Numero de Golpes por Capa
150 (6)	16 (5/8)	50 en total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

4.3.2.7 Asentamiento Del Concreto Cemento Hidráulico (SLUMP) INV E – 404.

Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en las obras y en el laboratorio (Invias E- 404, 2014, p.1).

Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor a 37.5 mm (1½") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Si el agregado grueso es superior a 37.5 mm (1½"), el concreto deberá tamizarse con el tamiz de este tamaño según la norma INV E – 401 “Muestras de Concreto Fresco” (Invias E- 404, 2014, p.1).

Concretos que presenten asentamientos menores a 15mm (1/2”) pueden no ser adecuadamente plásticos y concretos que presenten asentamientos mayores a 230mm (9”) pueden no ser adecuadamente cohesivos para que este ensayo tenga significado. Se debe tener precaución en la interpretación de estos resultados (Invias E- 404, 2014, p.1).

“Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente. Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 67 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.

Al llenar la capa superior se debe apilar concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde.

Después que la última capa ha sido compactada se debe alisar a ras la superficie del concreto.

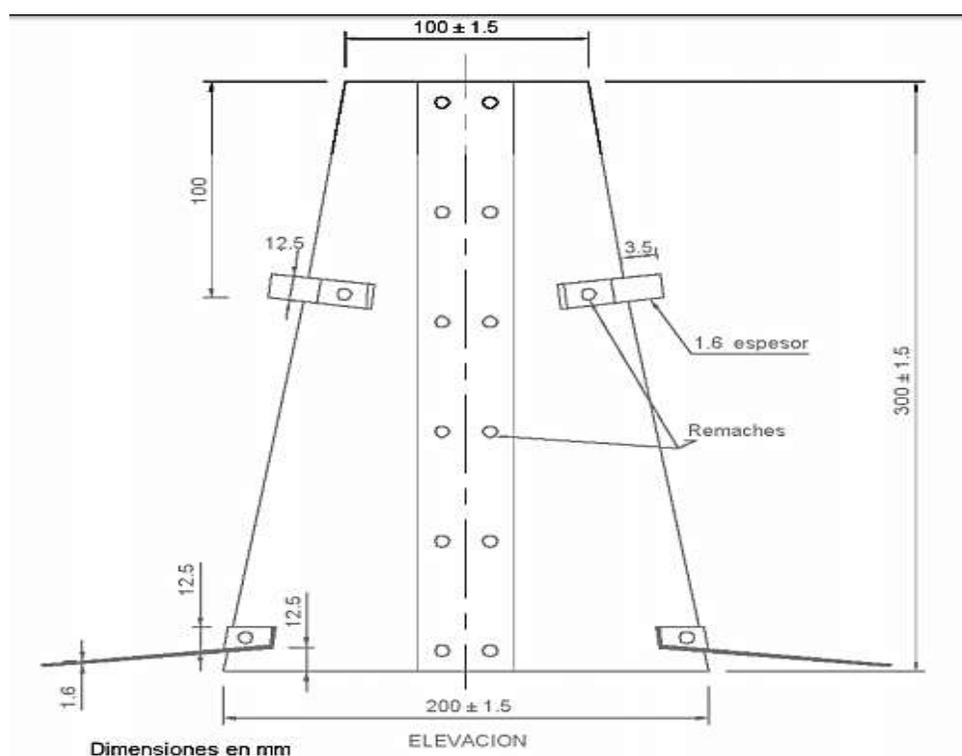
Inmediatamente el molde es retirado, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical. El concreto del área que rodea la base del cono debe ser removido para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento.

El alzado del molde debe hacerse en un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto.

La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, se debe hacer sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos. El ensayo de asentamiento se debe comenzar a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

Inmediatamente después, se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen (Invias E- 404, 2014, p.2).

Figura 2: Molde para Determinar el Asentamiento



Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, se debe repetir el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos

consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable (ver anexos, fotografía 19), (Invias E- 404, 2014, p.3).

4.3.3 Ensayos de Pavimentos

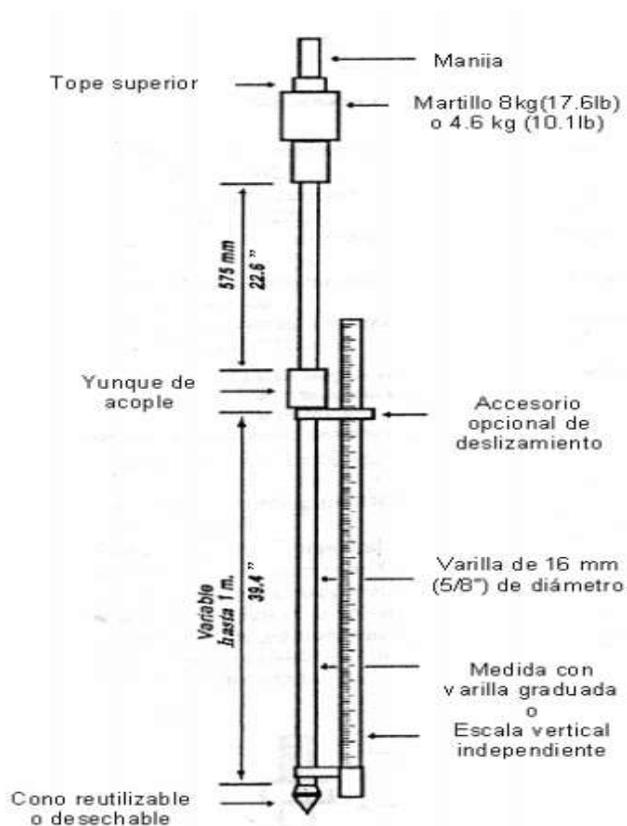
4.3.3.1 Uso del Penetro metro Dinámico de Cono en Aplicaciones INV E – 172.

Penetró metro dinámico de cono (PDC) con un martillo de 8 kilogramos, es un dispositivo utilizado para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados o de materiales compactados (Invias E- 172, 2007, p.1).

“Este método de ensayo cubre la medida de la rata de penetración del penetró metro dinámico de cono (PDC) con un martillo de 8 kilogramos, a través de un suelo inalterado o de materiales compactados. La rata de penetración puede ser relacionada con valores de resistencia in-situ, tales como el CBR (California Bearing Ratio). La masa unitaria del suelo también puede ser estimada si se conocen el tipo de suelo y su contenido de agua. El PDC descrito en este método de ensayo es típicamente utilizado en aplicaciones relacionadas con pavimentos” (Invias E- 172, 2007, p.1).

Este método de ensayo permite el uso opcional de un martillo deslizante de 4.6 kilogramos en lugar del de 8 kilogramos, si este último produce una penetración excesiva en suelos muy blandos (Invias E- 172, 2007, p.1).

Figura 3: Esquema del Dispositivo PDC



Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados y/o materiales compactados. La rata de penetración del PDC de 8 kilogramos puede ser utilizada para estimar el CBR in-situ; para identificar los espesores de las capas; así como para estimar la resistencia al corte de las capas y otras características de los materiales que las constituyen (Invias E- 172, 2007, p.3).

Existen otros métodos de ensayo para penetrómetros con diferentes masas de martillo y tipos de puntas cónicas, los cuales tienen correlaciones que son aplicables únicamente a esos instrumentos específicos (Invias E- 172, 2007, p.1).

“El instrumento es típicamente empleado para evaluar propiedades de los materiales a una profundidad hasta de 1.000 milímetros bajo la superficie. La profundidad de penetración puede ser incrementada utilizando extensiones en la varilla inferior; sin embargo, si se emplean extensiones en la varilla inferior, se debe tener cuidado cuando se empleen las correlaciones para estimar otros parámetros, puesto que dichas correlaciones son solamente apropiadas para una configuración específica del PDC. La masa y la inercia del dispositivo cambiarán y se producirá inevitablemente una resistencia adicional a la fricción a lo largo de las extensiones de la varilla. Una medida de campo del PDC, da como resultado un CBR de campo y normalmente no correlaciona satisfactoriamente con el CBR del laboratorio o el CBR sumergido sobre el mismo material” (Invias E- 172, 2007, p.1).

Este ensayo debe interpretarse, entonces, como evaluador de la resistencia in-situ de la material bajo las condiciones existentes en el terreno en el instante de la prueba (ver anexos, fotografía 20).

4.3.3.2 CBR de suelos Compactados En el Laboratorio y Sobre Muestra Inalterada INV E – 148.

Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos de índice de resistencia de los suelos de subrasante, súbbase y base, denominado CBR (CBR (California Bearing RatioCalifornia Bearing Ratio) (Invias E- 148, 2007, p. 1).

Este método de ensayo está proyectado, aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales que aunque no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales que contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19contengan tamaños máximos de partículas de menos de 19mm ($\frac{3}{4}$).mm ($\frac{3}{4}$))(Invias E- 148, 2007, p. 1).

El ensayo CBR se utiliza en el diseño de pavimentos, Este método de ensayo se emplea para evaluar la resistencia potencial de materiales de subrasante, súbbase y base, incluyendo materiales reciclados ,para su empleo en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje (Invias E- 148, 2007, p. 2).

Tabla 8: Capacidad mínima de carga

MAXIMO CBR QUE SE PUEDE MEDIR	CAPACIDAD DE CARGA MINIMA	
	(kN)	(lbf)
20	11.2	2500
50	22.3	5000
> 50	44.5	10000

“La máquina debe estar equipada con un dispositivo indicador de carga que tenga una aproximación de lectura adecuada para la máxima carga prevista durante la penetración (Invias E- 148, 2007, p. 2). La aproximación de lectura deberá ser de 44 N (10 lbf) o menos, si la prensa tiene una capacidad de carga de 44.5 kN (10 kip) o más; deberá ser de 22 N (5 lbf) si la capacidad de carga es de 22.3 kN (5 kip), y deberá ser de 8.9 N (2 lbf) para una capacidad de carga mínima de 11.2 kN (2.5 kip)” (ver anexos, fotografía 21)

4.3.3.3. Índice De Aplanamiento Y De Alargamiento De Los Agregados Para Carreteras

I.N.V. E – 230.

Esta norma se aplica a los agregados de origen natural o artificial, incluyendo los agregados ligeros y no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3mm ($\frac{1}{4}$ ”) o mayores de 63 (2 $\frac{1}{2}$ ”) (Invias E-230, 2012, p.1).

El material recibido en el laboratorio, se reduce por cuarteo hasta obtener una muestra representativa de ensayo de masa mínima acorde con la requerida para la prueba de granulometría. Se seca la muestra de ensayo a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ hasta masa constante. Se deja enfriar. Se pesa y se registra su masa (Invias E-230, 2012, p.1).

Tabla 9: Masa mínima de Muestra de Ensayo (Acorde con la Requerida Para Granulometría)

Máximo Tamaño Nominal con aberturas cuadradas		Masa mínima de la muestra de ensayo
mm	(Pulg)	kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19.0	(3/4)	5
25.0	(1)	10
37.5	(1 1/2)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2 1/2)	35

Figura 4: Calibrador de Alargamiento

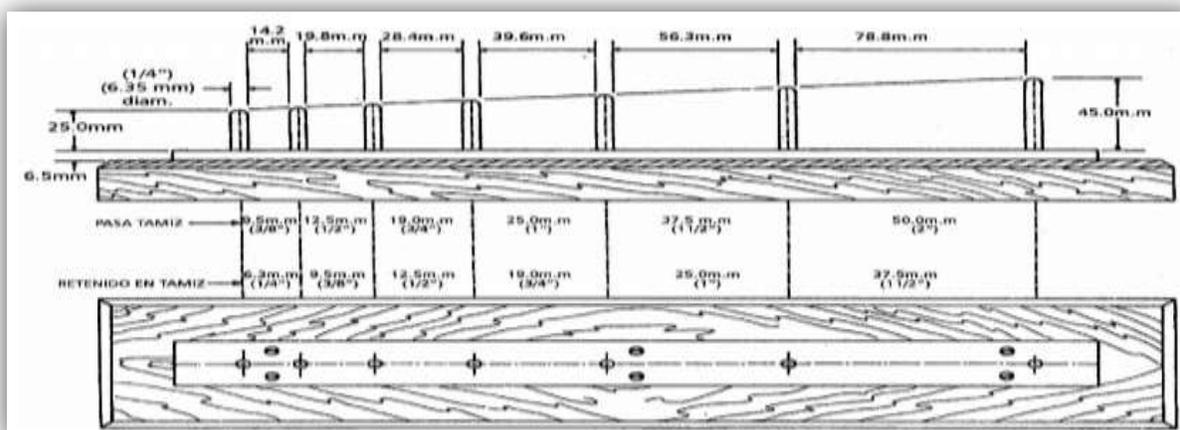


Tabla 10: Dimensiones de los Calibradores

TAMICES				Dimensiones del calibrador, (mm)	
D _i , tamiz que pasa		d _i , tamiz que retiene		Aplanamiento (Abertura de la ranura) ⁽¹⁾	Alargamiento (Separación de las barras) ⁽²⁾
mm	(pulg)	mm	(pulg)		
63	(2½")	50	(2")	33.9	--
50	(2")	37.5	(1½")	26.3	78.8
37.5	(1½")	25	(1")	18.8	56.3
25	(1")	19	(¾")	13.2	39.6
19	(¾")	12.5	(½")	9.5	28.4
12.5	(½")	9.5	(3/8")	6.6	19.8
9.5	(3/8")	6.3	(¼")	4.7	14.2

- Esta dimensión es igual a 0.6 veces el promedio de las aberturas de los tamices que definen la fracción.
- Esta dimensión es igual a 1.8 veces el promedio de las aberturas de los tamices que definen la fracción, (ver anexos, fotografía 15).

4.3.3.4. Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas en Caliente Empleando el Equipo

Marshall INV E – 748.

“Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezclas asfálticas para pavimentación, empleando el aparato Marshall. El procedimiento se puede emplear tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas. El método es aplicable a mezclas elaboradas con cemento asfáltico y agregados pétreos con tamaño máximo menor o igual a 25.4 mm (1”)” (Invias E- 748, 2013, p.1).

El procedimiento consiste en la fabricación de probetas cilíndricas de 101.6 mm (4") de diámetro y 63.5 mm (2½") de altura, preparadas como se describe en esta norma, rompiéndolas posteriormente en la prensa Marshall y determinando su estabilidad y deformación.

Si se desean conocer los porcentajes de vacíos de las mezclas así fabricadas, se determinarán previamente las gravedades específicas de los materiales empleados y de las probetas compactadas, antes del ensayo de rotura, de acuerdo con las normas correspondientes (Invias E-748, 2013, p.1).

Para determinar el contenido óptimo de asfalto para una gradación de agregados dada o preparada, se deberá elaborar una serie de probetas con distintos porcentajes de asfalto, de tal manera que al graficar los diferentes valores obtenidos después de ser ensayadas, permitan determinar ese valor "óptimo" (Invias E- 748, 2013, p.1).

Los agregados se deberán sacar hasta masa constante a una temperatura entre 105° C y 110° C (221° F y 230° F) y se separarán por tamizado en los tamaños deseados. En general se recomiendan las porciones que se indican a continuación, aunque las fracciones definitivas dependerán de los tamaños disponibles en la planta de producción:

Tabla 11: Tamizado recomendado (INV E – 748 – 14.)

25.0 mm a 19.0 mm	(1" a 3/4")
19.0 mm a 9.50 mm	(3/4" a 3/8")
9.50 mm a 4.75 mm	(3/8" a No.4)
4.75 mm a 2.36 mm	(No.4 a No.8)
Pasante de 2.36 mm	(No.8)

La temperatura a la cual se debe calentar el cemento asfáltico para las mezclas, será la requerida para producir una viscosidad de 170 ± 20 centiStokes. (1 centistoke = $1 \text{ mm}^2 / \text{s}$). La temperatura a la cual se deberá calentar el cemento asfáltico para que tenga una viscosidad de 280 ± 30 centiStokes, será la temperatura de compactación (ver anexos, fotografía 23) (Invias E-748, 2013, p.8).

4.3.3.5. Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas I.N.V. e – 782.

Esta norma se utiliza para determinar la gradación de los agregados extraídos de una mezcla asfáltica. Los resultados del ensayo sirven para determinar la conformidad de la granulometría con la especificación requerida y para proporcionar los datos necesarios en el control de la producción de los diferentes agregados usados en la fabricación de mezclas asfálticas (Invias E-782, 2014, p.1).

“Los tamices empleados serán de mallas con aberturas cuadradas e irán montados sobre bastidores adecuados para evitar pérdidas de material durante el tamizado. Se debe disponer de la serie de tamices para obtener la información deseada de acuerdo con la especificación. La estimación de la precisión para este método de prueba se presenta en la. Los valores en la Tabla son dados para diferentes rangos del porcentaje total de agregado que pasa un tamiz” (ver anexos, fotografía 24), (Invias E- 782, 2014, p.1).

Tabla 12: Precisión (I.N.V. E – 782 – 14)

	Porcentaje total de material que pasa un tamiz		% Desviación estándar (1 s)	Rango aceptable de dos resultados, % (D2 s)
Agregado extraído;^a				
<i>Precisión de simple operador</i>	< 100	≥ 95	0.49	1.4
	< 95	≥ 40	1.06	3
	< 40	≥ 25	0.65	1.8
	< 25	≥ 10	0.46	1.3
	< 10	≥ 5	0.29	0.8
	< 5	≥ 2	0.21	0.6
	< 2	≥ 0	0.17	0.5
<i>Precisión Multilaboratorio</i>	< 100	≥ 95	0.57	1.6
	< 95	≥ 40	1.24	3.5
	< 40	≥ 25	0.84	2.4
	< 25	≥ 10	0.81	2.3
	< 10	≥ 5	0.56	1.6
	< 5	≥ 2	0.43	1.2
	< 2	≥ 0	0.32	0.9

^a Las precisiones estimadas son basadas en agregados con tamaños máximos nominales de 19 mm (3/4") a 9.5 mm (3/8").

Bibliografía

Barajas, E; Buitrago, B. (2017). Análisis comparativo del sistema de gestión de los pavimentos o mantenimiento vial de la ciudad de Bogotá con la ciudad de sao paulo. Universidad Católica de Colombia.

Barajas, H. (1981). Manual de Laboratorio de Materiales.

Bowles, J. (1982). Propiedades de los Suelos. Editorial MC Graw Hill. Bogotá

Das, M. (2001). Principios de ingeniería de cimentaciones. Curta edición, editorial Trompson. México

Duarte y Rojas. (2017). Obtención del límite líquido y límite plástico usando el penetrómetro de cono de caída, considerando los diferentes conos existentes en la literatura para un suelo bentónico. Universidad católica de Colombia.

Gómez, V. (2005) Asistente Técnico Administrativo de proyectos del Laboratorio de Suelos Civiles. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta.

Herrera, B; Muñoz, J. (2005). Determinación del Índice de Rugosidad Internacional (iri) y Análisis de la Viga Benkelman en el Pavimento de la Avenida Libertadores en la Ciudad de Cúcuta.

INVIAS E-100

Invias. (2007). Análisis granulométrico de suelos por tamizado. E-123- 07.

Invias. (2007). Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos. E- 213- 07.

Invias. (2007). Análisis granulométrico por medio del hidrómetro. E- 124- 07

Invias. (2007). Compresión inconfiada en muestras de suelos. E- 152- 07.

Invias. (2007). Densidad o masa unitaria del suelo en el terreno método del cono de arena. E- 161- 07.

- Invias. (2007). Determinación de la gravedad específica de los suelos y del llenante mineral. E-128-07.
- Invias. (2007). Determinación de la resistencia al corte método de corte directo (cd) (consolidado drenado). E-154-07
- Invias. (2007). Determinación del límite líquido de los suelos. E-125-07.
- Invias. (2007). Equivalente de arena de suelos y agregados finos. E-133-07. Recuperado de: <https://www.docsity.com/es/norma-inv-e-133-07-pdf/4971158/>
- Invias. (2007). Gravedad específica y absorción de agregados finos. E-222-07.
- Invias. (2007). Gravedad específica y absorción de agregados gruesos. E-223-07.
- Invias. (2007). Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad. E-172.
- Invias. (2007). Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio). E-148.
- Invias. (2007). Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles. E-218-07.
- Invias. (2012). Análisis granulométrico de suelos por tamizado. E-123.
- Invias. (2012). Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (no.200) en los agregados. E-2014-07
- Invias. (2012). Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado. E-122.
- Invias. (2012). Equivalente de arena de suelos y agregados finos. E-133.
- Invias. (2012). Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras. E-230.
- Invias. (2012). Límite plástico e índice de plasticidad. E-126

- Invias. (2012). Porcentaje de caras fracturadas en los agregados. E- 227.
- Invias. (2013). Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión. E- 402.
- Invias. (2013). Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato marshall. E- 748.
- Invias. (2014). Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas. E- 782.
- Invias. (2014). Asentamiento del concreto (SLUMP). E- 404.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras tomo I. Bogota D.C. 1. Vol. Agora editores.
- Pérez, J. (2010). Asistente Técnico Administrativo de Proyectos del Laboratorio de Suelos Civiles. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta.
- Piedrahita, J. (2004). Asistente Técnico Administrativo de proyectos del Laboratorio de Suelos Civiles. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta.
- Serrano, M; Torrado, L. (2013). Consolidación unidimensional de los suelos afectados por derrames de hidrocarburo. Universidad Pontificia Bolivariana. Seccional Bucaramanga.
- Recuperado de:
- <http://decor.upbbga.edu.co/documents/3.%20Consolidaci%C3%B3n%20unidimensional%20de%20los%20suelos%20afectados%20por%20derrames%20de%20hidrocarburo.pdf>
- Vega, M. (2005). Pasantía caracterización de la malla vial de las comunas 3 y 4 de la ciudad san José de Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta.

Anexos

Fotografía 1:



Fotografía 2: Ensayo de Análisis Granulométrico



Fotografía 3: Ensayo de límite líquido



Fotografía 4: Ensayo de límite Plástico



Fotografía 5: Ensayo gravedad específica



Fotografía 6: Ensayo Equivalente de Arena



Fotografía 7: Ensayo de Compresión Encofinada



Fotografía 8: Consolidación Unidimensional de los Suelos



Fotografía 9: Ensayo de Lavado sobre tamiz 200



Fotografía 10: Ensayo de hidrómetro



Fotografía 11: Ensayo corte directo



Fotografía 12: Ensayo Densidad de campo por el método del cono de aren



Fotografía 13: Ensayo de granulometría de los agregados



Fotografía 14: Ensayo de desgaste en la máquina de los ángeles



Fotografía 15: Ensayo absorción del agregado fino



Fotografía 16: Ensayo absorción del agregado grueso



Fotografía 17: Ensayo de caras fracturadas al agregado grueso



Fotografía 18: Ensayo de Elaboración y curado de Cilindros de Concreto



Fotografía 19: Ensayo de Asentamiento del Concreto



Fotografía 20: Ensayo de Cono Dinámico



Fotografía 21: Ensayo de cbr inalterado



Fotografía 22: Ensayo de Alargamiento y Aplanamiento



Fotografía 23: Estabilidad y Flujo de Mezclas Asfálticas



Fotografía 24: Análisis granulométrico de Mezclas Asfálticas

