

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

**AUTORES:**

NOMBRE(S) CARLOS YESITH APELLIDOS PERALTA PEÑARANDA

NOMBRE(S) MARÍA FERNANDA APELLIDOS RIVERA RAMÍREZ

FACULTAD: DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

**DIRECTOR:**

NOMBRE(S) YORDANI ALEXIS APELLIDOS ÁLVAREZ SEPÚLVEDA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): PROPUESTA DE ACONDICIONAMIENTO Y DOTACIÓN DEL LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SEDE CÚCUTA

**RESUMEN.** Esta propuesta tiene como objetivo principal mejorar las condiciones físicas y actualizar el equipamiento del laboratorio para permitir la realización de investigaciones y análisis más precisos en el área de la ingeniería civil. Con la implementación de esta propuesta se espera elevar la calidad de la enseñanza y la investigación en la universidad, y contribuir al fortalecimiento de la formación de profesionales altamente capacitados en esta disciplina. La propuesta incluye la adquisición de equipos modernos, la remodelación de espacios y la implementación de medidas de seguridad, lo que permitirá al laboratorio estar en capacidad de ofrecer una formación y servicio de investigación de alta calidad.

**PALABRAS CLAVES:** laboratorio, geotecnia, pavimentos, acondicionamiento, dotación

**CARACTERÍSTICAS**

**PÁGINAS:** 229 **PLANOS:**      **ILUSTRACIONES:**      **CD ROOM:**

PROPUESTA DE ACONDICIONAMIENTO Y DOTACIÓN DEL LABORATORIO DE  
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER SEDE CÚCUTA

CARLOS YESITH PERALTA PEÑARANDA  
MARÍA FERNANDA RIVERA RAMÍREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2023

PROPUESTA DE ACONDICIONAMIENTO Y DOTACIÓN DEL LABORATORIO DE  
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER SEDE CÚCUTA

CARLOS YESITH PERALTA PEÑARANDA  
MARÍA FERNANDA RIVERA RAMÍREZ

Proyecto de trabajo de grado como requisito para adquirir el título de Ingeniero electromecánico

Director

YORDANI ALEXIS ÁLVAREZ SEPÚLVEDA  
Ingeniero civil

Codirector

DAVID LEONARDO MOLINA SALAZAR  
Ingeniero civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 28 DE FEBRERO DE 2023 HORA: 11:00 a. m.

LUGAR: AULAS SUR BLOQUE SD - 303

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "PROPUESTA DE ACONDICIONAMIENTO Y DOTACION DEL LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SEDE CUCUTA".

JURADOS: ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO

DIRECTOR: ING. YORDANI ALEXIS ALVAREZ SEPULVEDA  
CODIRECTOR: ING. DAVID LEONARDO MOLINA SALAZAR

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
CARLOS YESITH PERALTA PEÑARANDA	1112590	4,6	CUATRO, SEIS
MARIA FERNANDA RIVERA RAMIREZ	1113520	4,6	CUATRO, SEIS

## MERITORIA



JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ ALEJANDRA BERMON BENCARDINO



Vo. Bo. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## Tabla de contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	12
1. Problema	14
1.1 Título	14
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Formulación del problema	16
1.4 Justificación	16
1.5 Objetivos	17
1.5.1 Objetivo general	17
1.5.2 Objetivos específicos	17
1.6 Alcances y Limitaciones	18
1.6.1 Alcances	18
1.6.2 Limitaciones	18
1.6.3 Delimitación espacial	19
1.6.4 Delimitación temporal	20
1.6.5 Delimitación conceptual	20
2. Marco referencial	21
2.1 Estado del arte	21
2.2 Antecedentes	22
2.2.1 Antecedentes empíricos	22
2.2.2 Antecedentes bibliográficos	23
2.3 Marco Teórico	24

2.4 Marco conceptual	27
2.5 Marco contextual	33
2.6 Marco legal	33
3. Diseño metodológico	37
3.1 Tipo de investigación	37
3.2 Población y muestra	38
3.2.1 Población	38
3.2.2 Muestra	38
3.3 Instrumentos para la recolección de información	38
3.3.1 Fuentes primarias	38
3.3.2 Fuentes secundarias	38
3.4 Técnicas de análisis y procesamiento de datos	39
3.5 Fases y actividades específicas del proyecto	39
4. Desarrollo de actividades	43
4.1 Objetivo específico #1.	43
4.2 Análisis de las herramientas y equipos	44
4.2.1 Informe del estado general de oficinas, baños y espacios de trabajo del mismo	63
4.2.2 Base de datos de máquinas, equipos y herramientas encontradas en el mismo	69
4.3 Objetivo específico #2	85
4.3.1 Propuesta de acondicionamiento físico	86
4.3.2 Propuesta de dotación	89
4.3.3 Propuesta de gastos fijos mensuales	102
4.4 Objetivo específico #3	104
4.4.1 Propuesta portafolio de servicios académicos	105

4.4.2 Portafolio de servicios a la comunidad de investigación y extensión	107
4.4.3 Procedimientos de ensayos del laboratorio de suelos y pavimentos	114
4.4.4 Manual de procedimientos de ensayos del laboratorio de suelos y pavimentos. Ver anexo 1	115
5. Conclusiones	116
6. Recomendaciones	117
Referencias	118
Anexos	122

## Lista de tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Normas INVE	35
Tabla 2. Normas para ensayos	36
Tabla 3. Base de datos elementos por dependencia del laboratorio de suelos y pavimentos	70
Tabla 4. Elementos adquiridos por año del laboratorio	78
Tabla 5. Enseres por dependencia Laboratorio de Suelos y Pavimentos	81
Tabla 6. Propuesta presupuesto mejoramiento del laboratorio de suelos y pavimentos	87
Tabla 7. APU estuco baja placa.	88
Tabla 8. APU pintura bajo placa	88
Tabla 9. APU Desmonte e instalación de piso	89
Tabla 10. Ensayos para Mecánica de suelos	91
Tabla 11. Ensayos para Pavimentos	92
Tabla 12. Presupuesto propuesta de dotación	96
Tabla 13. Propuesta gastos	104
Tabla 14. Propuesta cursos por asignaturas, cantidad de alumnos y profesores	106
Tabla 15. Propuesta horarios asignaturas de geotecnia	107
Tabla 16. Propuesta horarios asignatura de pavimentos	107
Tabla 17. Ensayos de mecánica de suelos y pavimentos	114

## Lista de figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Vista satelital. Laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander, municipio Cúcuta, Norte de Santander	19
Figura 2. Fases y actividades específicas del proyecto	42
Figura 3. Máquina de consolidación	46
Figura 4. Máquina triaxial	47
Figura 5. Compactadora	49
Figura 6. Compactadora sin uso	49
Figura 7. Máquina de perforación	51
Figura 8. Horno	52
Figura 9. Horno alemán	53
Figura 10. Balanzas	54
Figura 11. Equipo de compresión simple	55
Figura 12. Vibrador de tamices	57
Figura 13. Perometro de asfalto americano	58
Figura 14. Cazuelas Casagrande	59
Figura 15. Centrifuga	60
Figura 16. Extractora eléctrica, realizada en una tesis por antiguos estudiantes.	61
Figura 17. Tamices americanos, alemanes y nacionales	62

Figura 18. Plano del laboratorio de suelos y pavimentos	63
Figura 19. Acceso al laboratorio	64
Figura 20. Piso pasillo	64
Figura 21. Organización pasillo	65
Figura 22. Organización frente a las oficinas	65
Figura 23. Laboratorio de suelos	66
Figura 24. Estado actual mesones	67
Figura 25. Vista panorama Laboratorio	67
Figura 26. Artículos adquiridos para el laboratorio de geotecnia y pavimentos desde 1986-2018	80
Figura 27. Porcentaje de artículos adquiridos para el laboratorio de Geotecnia y pavimentos desde 1986-2018	81

## Lista de anexos

	pág.
Anexo 1. Manual de procedimientos de ensayos	123
Anexo 2. Cotización equipos	218
Anexo 3. Fichas técnicas del presupuesto	223

## Introducción

La ingeniería civil es una profesión interdisciplinar estructurada en las ciencias básicas, ciencias tecnológicas y ciencias de la tierra; que posee conocimientos en las áreas de estructuras, pavimentos, recursos hídricos y construcción

Cualquier tipo de infraestructura requiere de elementos estructurales conocidos como cimentaciones, las cuales se desarrollan según las características específicas del suelo en el que se asentarán. Donde, para poder determinar dichas particularidades y características se requiere la extracción de muestras y el desarrollo de diversos ensayos de laboratorio, los cuales el ingeniero civil debe tener conocimientos claros con respecto a estos, estas prácticas de laboratorios son fundamentales ya que estas ayudan a los estudiantes a reforzar las habilidades, destrezas y darles claridad a los conceptos teóricos expuestos en clase que complementan los conceptos básicos de las asignaturas de geotecnia y pavimento.

Actualmente el estado del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander no es el mejor debido a la falta de equipos, máquinas, herramientas, instalaciones adecuadas y orientación para los estudiantes, debido a estas condiciones, no se pueden prestar la totalidad de servicios; por eso es importante la dotación de máquinas, equipos, herramientas y así reforzar los conceptos teóricos e implementar el modelo práctico en la malla micro curricular, siempre que estos cumplan requerimientos esenciales.

De tal manera se propone realizar un proyecto de acondicionamiento y dotación del laboratorio, que incluye estudios de campo para adquirir el levantamiento arquitectónico, acompañamiento de inventario, identificación de faltantes y revisión de los servicios académicos

y de extensión, con el fin de adecuar el laboratorio a las necesidades presentadas, la revisión y análisis de los servicios de extensión, donde se evaluará detalladamente el poder acondicionar el laboratorio de acuerdo a las necesidades presentadas en estas investigaciones que se realizarán comparando los resultados adquiridos buscando lo mejor para obtener un proyecto óptimo para el laboratorio. Con el presente trabajo de proyecto de grado, según lo planteado anteriormente, se desarrollará dentro de las instalaciones de la UFPS, de la ciudad de San José de Cúcuta, durante el segundo semestre de 2022 y el primer semestre de 2023; ejecutado con el fin de la obtención del título de Ingeniero Civil.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

Propuesta de acondicionamiento y dotación del laboratorio de Geotecnia y Pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander Sede Cúcuta

### **1.2 Planteamiento del problema**

El laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander no cuenta con la dotación necesaria de equipos, herramientas y materiales, lo que dificulta la realización de prácticas para los estudiantes y limita la capacidad del laboratorio para prestar servicios a otras carreras y entidades externas. Esta situación genera una mala experiencia y apatía en los estudiantes, lo que afecta su interés y desempeño en las prácticas, por ejemplo, para el desarrollo de la práctica de granulometría el laboratorio solo cuenta con un juego de mallas, de tal manera, que los diferentes grupos deben turnarse y en ocasiones tener problemas con los demás compañeros y esto puede comprometer la calidad de la formación académica y la acreditación del programa e institución

La importancia de los estudios de ingeniería geotécnica en múltiples proyectos de ingeniería requiere la posesión de elementos y equipos que permitan un conocimiento integral de la naturaleza de su comportamiento y el impacto en los trabajos que realizan. La falta de orden y organización de los equipos, insumos, máquinas y herramientas, al igual que la ausencia de orientación y guía por un profesor o personal que tenga los conocimientos y explique de manera detallada como se desarrolla el procedimiento, ya que los técnicos del laboratorio simplemente

entregan las herramientas. Los antes mencionados son problemas que se presentan en el laboratorio, los cuales son la base para la creación de este proyecto.

Cumplir las necesidades para tener un laboratorio de suelos y pavimento, en la docencia es importante dar el soporte y ser complemento de los cursos teóricos, apoyando en el desarrollo de los trabajos que requieran, en investigación prestar su infraestructura y recursos para la realización de ensayos requeridos, en extensión prestar los servicios, de alta calidad técnica y científica, en la realización de los ensayos de laboratorio para las empresas, entidades públicas y privadas, la industria y para el público en general toda esta problemática conlleva a posibles observaciones de calidad, que repercutan en la acreditación del programa y la institución.

El Laboratorio de Suelos y Pavimentos hace parte de la profundización en geología, mecánica de suelos, geotecnia, pavimentos, comportamiento del suelo y materiales para carreteras y vías. Es relevante destacar la orientación que puede tener la carrera profesional de Ingeniería Civil hacia las especializaciones en Diseño, Construcción y Conservación de Vías e Ingeniería de Fundaciones, así como también hacia la Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Geotecnia. Por lo tanto, dentro de este proyecto de grado se propondrá el acondicionamiento físico a la infraestructura del laboratorio junto a una propuesta de dotación y gastos fijos mensuales para su correcto y actualizado funcionamiento; con la finalidad de entregar al plan de estudios una propuesta detallada y viable financieramente para su posterior materialización.

### **1.3 Formulación del problema**

¿De qué forma se puede acondicionar y proponer la dotación de herramientas, maquinas, equipos del laboratorio de geotecnia y pavimentos necesaria para que esta desarrolle de manera exitosa todas sus actividades académicas y de extensión?

### **1.4 Justificación**

Se requiere mejorar la calidad y acompañamiento de las clases prácticas, la realidad muestra que lo trascendental no es la enseñanza, sino lo que los alumnos aprenden. La calidad del aprendizaje está relacionada directamente, aunque no de manera exclusiva, con la calidad de la enseñanza. Una de las mejores maneras de mejorar el aprendizaje es mejorar la enseñanza. (Martínez Martín & Viader Junyent, 2008). La Falta de interés y apatía por parte de los estudiantes de ingeniería en el área de la mecánica de suelos, por los métodos de enseñanza se centran en los contenidos teóricos, lo cual genera el mayor problema en la falta de prácticas, no incentivan ni hacen uso de estas, para esto se requieren que los insumos y equipos del laboratorio sean actualizados, debido a que el estado actual repercute al no uso de estos, no brindar servicios de educación y de extensión de calidad. Otro problema que se presenta es la cantidad de estudiantes, ya que genera alta demanda del laboratorio y este no supe dicha demanda.

Este proyecto se va a efectuar porque se necesita mejores servicios de extensión y mejorar servicios de educación, así como la implementación de las prácticas de laboratorio junto con la propuesta de dotación. La finalidad específica de la realización del trabajo es ayudar en el proceso de formación del estudiante dentro del debido estado y uso del laboratorio de Geotecnia

y Pavimentos. Por lo que dicho estudio de diseño aumentará conocimientos trayendo consigo beneficios sociales, económicos, entre otros. Esta propuesta servirá de aporte para la acreditación del programa de ingeniería cumpliendo con los requisitos y estándares de la del ministerio y el consejo nacional de acreditación que se requieren.

## **1.5 Objetivos**

**1.5.1 Objetivo general.** Proponer el acondicionamiento y la dotación del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander, con la finalidad de entregar al plan de estudios una propuesta detallada y viable financieramente para su posterior materialización.

**1.5.2 Objetivos específicos.** Elaborar una revisión del estado actual del laboratorio y su infraestructura, así como una base de datos de las máquinas, equipos y herramientas encontradas en el mismo.

✓ Desarrollar una propuesta de acondicionamiento físico a la infraestructura del laboratorio junto a una propuesta de dotación y gastos fijos mensuales para su correcto y actualizado funcionamiento.

✓ Proponer una ampliación en el portafolio de servicios académicos y de extensión que mejoren las condiciones de enseñanza y prestación de servicios a la comunidad en general.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

**1.6.1 Alcances.** Este proyecto tiene como finalidad la propuesta de acondicionamiento del laboratorio de geotecnia y pavimento de la UFPS para el estudio investigativo de la implementación la mejora de los equipos, herramientas, máquinas y materiales; así como la remodelación del mismo. Para eso haremos un plan de remodelación detallado, con el fin de simplificar el proceso de ejecución, donde se debe considerar las necesidades del laboratorio, las modificaciones estructurales, arquitectónicas, eléctricas, y necesarias del mismo.; las cuales sean optimas conservando siempre los estándares de la norma.

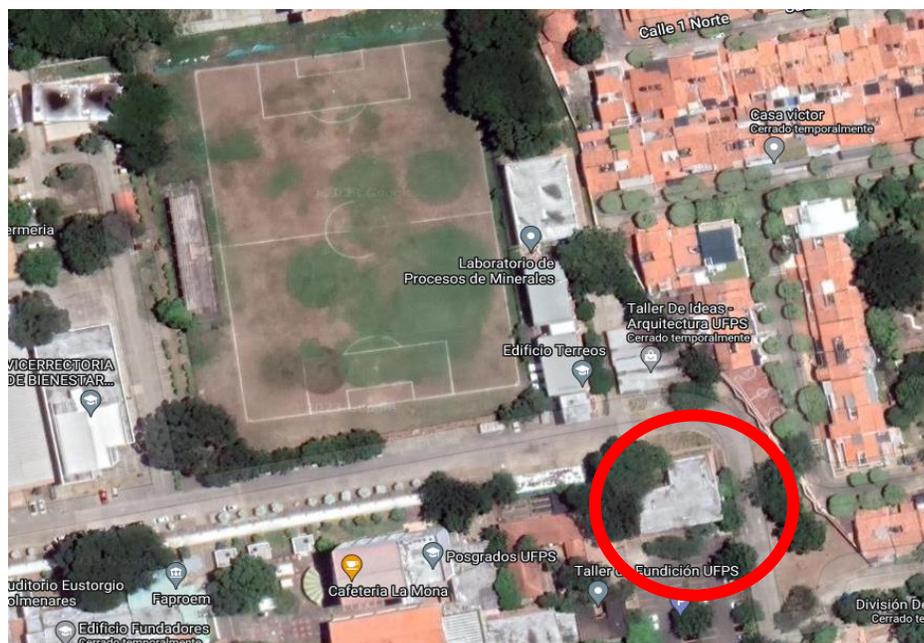
El manejo de un mejor, actualizado inventario y base de datos para tener una organización y sea más fácil la administración detallada de todo lo que se encuentra y hace parte del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander. En cuanto al micro currículo de las materias de geotecnia y pavimento, esbozamos la propuesta de 2 horas semanales para prácticas de laboratorio obligatorias, asistidas por un docente o un laboratorista para así incentivar el uso de estos espacios que nos brinda la UFPS, y seguir mejorando día a día en pro de la buena educación de nuestra alma mater, cumpliendo con los estándares y requisitos del ministerio de educación.

El proyecto abarcara las propuestas antes nombradas con el fin del mejoramiento continuo de la UFPS.

**1.6.2 Limitaciones.** Esta propuesta está limitada por la falta de apoyo e importancia por parte de la universidad con respecto a la información solicitada para lograr cumplir las metas de

este proyecto, la disponibilidad de personal capacitado, se requiere de personal capacitado para asistir a los estudiantes en el uso de los equipos y herramientas, lo que podría requerir contrataciones adicionales y la capacitación de personal existente. Otro factor limitante son los altos y elevados costos de las maquinas cotizadas y la falta de proveedores. Las limitaciones más comunes que se pueden presentar son las posibles causas de daño o mantenimiento de los equipos del laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander.

**1.6.3 Delimitación espacial.** El proyecto tendrá un eje central en el laboratorio de geotecnia y pavimentos de las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander. Ubicada en la Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag como se puede observar en la (Figura 1), en la ciudad de San José de Cúcuta, departamento Norte de Santander, en la Republica de Colombia.



**Figura 1. Vista satelital. Laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander, municipio Cúcuta, Norte de Santander**

## 1.1. Delimitaciones

**1.6.4 Delimitación temporal.** El trabajo dirigido tendrá una duración del segundo semestre de 2022 y el primer semestre del 2023, iniciando a partir de la aprobación del anteproyecto.

**1.6.5 Delimitación conceptual.** En el futuro proyecto se trabajará en entorno con conceptos tales como:

- ✓ Laboratorios, sus materiales y equipos
  
- ✓ Ensayos que se realizan
  
- ✓ Normas técnicas colombianas
  
- ✓ Técnicas de planeación y desarrollo de presupuestos

## 2. Marco referencial

### 2.1 Estado del arte

En el marco de la ingeniería civil, los avances tecnológicos en la geotecnia y los pavimentos han permitido el desarrollo de nuevos materiales, técnicas de diseño y construcción que buscan mejorar la calidad y sostenibilidad de las obras civiles (Rondón, Aguilar, & Márquez, 2021). Es por ello que la actualización del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la UFPS se hace necesaria para estar a la vanguardia en la de la ingeniería civil.

Diversos estudios y proyectos han sido realizados en el ámbito de la geotecnia y pavimentos, entre ellos, cabe destacar el "*Estudio del comportamiento mecánico de suelos estabilizados con ceniza de bagazo de caña*" realizado por Acosta y Díaz (2016), en la Universidad del Valle, Colombia y la "*Propuesta para el diseño de un pavimento urbano sostenible*" elaborada por Caicedo y Herrera (2017) en la Universidad de los Andes. Estos estudios evidencian la importancia de contar con laboratorios actualizados y bien equipados para la realización de investigaciones y experimentos en geotecnia y pavimentos.

En conclusión, la propuesta de acondicionamiento y dotación del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la UFPS se enmarca en la necesidad de contar con espacios y equipos actualizados para la formación e investigación en el campo de la ingeniería civil y la geotecnia. Los avances tecnológicos y las necesidades actuales de la sociedad exigen la actualización y mejora constante de los espacios y equipos que permitan el desarrollo de prácticas, investigaciones y servicios de calidad en esta área.

## 2.2 Antecedentes

**2.2.1 Antecedentes empíricos.** Durante el periodo de formación académica en el área de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander, se suministra al estudiante diferentes herramientas teórica-prácticas básicas necesarias para la formación de profesionales íntegros. Cuyas habilidades sean útiles en el sector de las construcciones civiles; y básicamente un entendimiento fundamental que nos impulsó en el surgimiento del mejoramiento del laboratorio de Geotecnia y Pavimentos fue la escasez de la práctica en los mismos, además, se destaca la importancia de contar con personal capacitado, como profesores y coordinadores de laboratorios, para prestar sus servicios en las actividades correspondientes.

Como estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander con la experiencia de trabajar en laboratorios de suelos y pavimentos, ha permitido apreciar la importancia de contar con herramientas y equipos actualizados para realizar experimentos precisos y confiables. Por ende, sabiendo la situación actual que atraviesa el laboratorio del programa de ingeniería civil y otros programas, nos vemos en la obligación y necesidad de proponer una renovación y dotación adecuada del laboratorio, con el objetivo de mejorar la calidad del aprendizaje y contribuir al bienestar de la comunidad estudiantil.

**2.2.2 Antecedentes bibliográficos.** *Propuesta para la implementación del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos al programa de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias D. T. Y C. (Gómez, 2006).*

El deseo de proponer la implementación de un laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos al Programa de ingeniería civil nace a partir de una necesidad de complementar los temas de las asignaturas de Suelos y Pavimentos para su entendimiento y el desarrollo de actividades experimentales. (pág. 24)

*"Renovación y actualización de los equipos del laboratorio de suelos y pavimentos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá"* de Ramírez y Vargas (2018) . Este artículo describe la renovación y actualización de los equipos del laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Análisis de la estandarización de los laboratorios de suelos y construcción de la universidad de La Costa CUC. Barranquilla – atlántico (Castillo Almanza & Padilla Leyva, 2016)

*“Análisis de la estandarización de los laboratorios de suelos y construcción de la Universidad De La Costa CUC.”* (Castillo & Padilla Leyva, 2016). Proyecto final de graduación presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Civil. “Realizar un análisis de la estandarización de los laboratorios de suelos y construcción de la universidad de la costa CUC” . (pág. 17)

El proyecto plantea el análisis de la estandarización de los laboratorios de suelos y construcción, partiendo del diagnóstico actual de estos y además de un estudio de mercado que permita el diseño de los objetivos, de manera que proporcione plantear propuestas para alcanzar tanto niveles de

satisfacción de los potenciales clientes, como niveles de calidad institucional (reacreditación), por medio de la creación de estrategias de innovación que permitan el alcance de los objetivos diseñados. (pág.16).

*"Pavimentos: materiales, diseño, construcción y mantenimiento"* de Morán, E,. La obra ofrece una visión detallada y completa de los diferentes materiales utilizados en la construcción de pavimentos, sus propiedades y características, y su comportamiento ante las cargas y las condiciones ambientales. Asimismo, se abordan los diferentes métodos de diseño de pavimentos, así como las diferentes técnicas de construcción y los procedimientos de mantenimiento más adecuados para garantizar la durabilidad y la seguridad de los pavimentos.

*"Estudio de prefactibilidad y diseño del plan de gestión, para la creación de un laboratorio de suelos y pavimentos certificado en la ciudad de Cartagena"*. (Álvarez, Blanquicett, & Santos, 2012). Proyecto integrador presentado como requisito parcial para optar por el título de especialista en gerencia de proyectos.

La necesidad de contar en la ciudad de Cartagena con laboratorios que posean certificados de calidad que garanticen la excelencia de los materiales que se usan para la construcción de estas obras y el estado del suelo sobre los cuales se van a cimentar. En la actualidad, las exigencias en cuanto a la calidad y las propiedades de los materiales usados en las obras de ingeniería se hacen cada vez mayores. Sin embargo, muchas veces estas exigencias no son tenidas en cuenta a la hora de planificar una nueva obra y mucho menos al momento de ejecutarla. (pág.3)

## **2.3 Marco Teórico**

### ***La importancia de los laboratorios***

La importancia de los laboratorios no solo en la enseñanza de las ciencias, sino también en la investigación y la industria de la construcción es incuestionable. Es innegable que el trabajo práctico de laboratorio proporciona prueba y hallazgo, y elude la noción de "resultados correctos" obtenidos aprendiendo teóricamente, es decir, con datos solo de libros. Sin embargo, en comparación con la educación tradicional, el uso del laboratorio requiere tiempo adicional, por ejemplo, para descubrir los propios errores y aprender de ellos. (Urrea, y otros, 2013).

En términos generales, un laboratorio es un lugar con, entre otras cosas, varios instrumentos de medición, donde se llevan a cabo diversos experimentos e investigaciones, según el área científica de enfoque. Utilizados tanto por la academia como por la industria, estos espacios tienen múltiples propósitos, como la enseñanza, la investigación o la certificación de la industria, según la aplicación y el resultado final. Casi todos los campos de las ciencias naturales se desarrollan y progresan gracias a los resultados obtenidos en los laboratorios. En las academias, por ejemplo, los ejercicios de laboratorio se utilizan como material didáctico para confirmar los conocimientos adquiridos en el proceso de enseñanza y aprendizaje. (Resina, 2019).

Los laboratorios han sido manejados como un componente de apropiación del conocimiento, un puente entre la teoría y la práctica real. Con el tiempo estos han alcanzado mayor relevancia, debido a que el mercado exige de los futuros ingenieros una formación conforme a las necesidades propias del sector y con menor tiempo de adaptación a los retos del entorno laboral. Estos estimulan la interacción con el entorno real y el conocimiento teórico, pues corrobora los conceptos adquiridos durante los cursos. La geotecnia y los pavimentos son disciplinas esenciales en la ingeniería civil y se encargan del estudio de los suelos y materiales utilizados en la construcción de vías, estructuras y edificaciones, para garantizar su estabilidad, seguridad y

durabilidad. Por lo tanto, la formación teórico-práctica de los estudiantes en estas áreas es esencial para garantizar la calidad de las obras y la seguridad de las personas que las utilizarán.

Además, se tiene en cuenta que un laboratorio de geotecnia y pavimentos debe estar en capacidad de realizar los ensayos fundamentales de mecánica de suelos y pavimentos, así como los ensayos específicos de geotecnia, para poder garantizar la calidad y seguridad de las obras. En la formación académica en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos tiene como objetivos complementar los cursos teóricos del área de geotecnia y brindar apoyo en el desarrollo de trabajos dirigidos y trabajos de grado para estudiantes de pregrado y posgrado que lo requieran. En investigación, el laboratorio busca prestar su recurso humano y su infraestructura para la realización de ensayos requeridos en trabajos dirigidos, trabajos de grado de especializaciones y maestría, y en proyectos de convocatorias de investigación. En servicios de extensión, el laboratorio busca ofrecer servicios de alta calidad técnica y científica en la realización de ensayos de laboratorio para la industria, empresas y entidades públicas y privadas, así como para el público en general.

Por último, se considera que la propuesta de acondicionamiento y dotación del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander debe estar basada en las necesidades y demandas actuales del sector de la construcción, así como en las últimas tendencias y avances en tecnología y equipamiento de laboratorios. El uso del laboratorio no solo es para ingeniería civil, sino también gozan de este las carreras como, ingeniería de minas, tecnología en obras civiles, etc.

## 2.4 Marco conceptual

### *Ensayos de mecánica de suelos*

#### **Humedad**

Representa el porcentaje del peso de agua en una determinada masa de suelo con respecto al peso de partículas sólidas. A su vez es la cantidad de agua concentrada en un material, como suelo, rocas, cerámica o madera, medida a través de análisis volumétrico o gravimétrico. Calcular el contenido de humedad ( $w$ ) de la muestra. (ABC, s.f., pár. 1)

#### **Peso unitario**

Es el producto de su densidad por la gravedad. El valor depende, entre otros, del contenido del agua del suelo. Este puede variar desde el estado seco  $gd$  hasta un suelo saturado  $gsat$  y el estado intermedio de valores de saturación entre 0 y 1 dependiendo del contenido de humedad. (Roca Troncoso, s.f., pág. 33)

**Gravedad específica:** se utiliza para determinar la densidad relativa del suelo, que es la relación entre la densidad del suelo y la densidad del agua en condiciones específicas. Este ensayo es importante en la caracterización de suelos para uso en construcción y diseño de pavimentos, entre otras aplicaciones en ingeniería civil.

#### **Granulometría**

Es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de

análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas. (Universidad Politécnica de Cartagena, s.f., párr. 1)

**Límites de Atterberg:** También conocido como “límites de plasticidad o consistencia, se utilizan para [identificar] [...] el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo”(Wikipedia , s.f., párr. 1).

**Límite líquido y límite plástico:** son ensayos comunes en el campo de la mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. El límite líquido es el contenido de humedad en el cual un suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido, mientras que el límite plástico es el contenido de humedad en el cual un suelo comienza a mostrar propiedades plásticas y pierde su cohesión. Estos dos límites son importantes para el diseño de cimientos, estructuras de pavimentos y la estabilidad de las laderas. Los ensayos de límite líquido y límite plástico se realizan utilizando el método de Casagrande y se expresan en porcentaje de humedad.

**Límite de contracción:** es una prueba de mecánica de suelos utilizada para determinar el contenido de humedad a partir del cual un suelo experimenta una contracción mínima. La contracción es la disminución del volumen del suelo debido a la eliminación de agua y se produce cuando el suelo se seca. (Badillo, 1974)

**Compactación:** “Determinar la densidad máxima ( $Y_{m\acute{a}x}$ ) de un suelo para un contenido de humedad óptimo (CHO), resultado de capacitación o incremento de energía que se le da al suelo” (Vasquez, 2015, párr. 2).

## **Clasificación**

Esta práctica nos proporciona conceptos fundamentales para determinar los diferentes tipos de suelos. Aprender a diferenciar tipos de suelos (los suelos finos de los gruesos) y sus grandes subgrupos. Dando conocimientos de importancia en nuestra formación académica. La identificación correcta de diferentes tipos de suelos; los cuales se pueden encontrar en diferentes territorios como: arenas, limos, arcillas, gravas y orgánicos. (Buenastareas, 2015, párr. 1)

**Corte directo:** “Consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento” (López, s.f., pág. 1).

**Consolidación unidimensional:** Consiste básicamente en un anillo rígido de acero cuyas tapas están formadas por piedras porosas que permiten la salida del agua y en cuyo interior del anillo se coloca la muestra de suelo.

**Compresión inconfiada:** es un ensayo de mecánica de suelos utilizado para determinar la resistencia a la compresión no drenada de una muestra de suelo. A partir de los resultados del ensayo, se puede obtener información importante acerca de la capacidad de soporte del suelo, la estabilidad de una estructura construida sobre él, entre otros.

**Permeabilidad:** “Determinación del coeficiente de permeabilidad de una muestra de suelo granular expresado en unidades de velocidad, usando un permeámetro de carga constante, en el cual el flujo vertical de agua a través de una probeta es laminar” (Rakipaj, s.f., pág. 7).

## **Triaxial**

Determinar los parámetros de cohesión y fricción de los suelos en estado: No consolidado, no drenado (UU); Consolidado no drenado CU y Consolidado, drenado CD. Se utiliza para determinar las propiedades de resistencia y deformación de un suelo bajo cargas uniaxiales, biaxiales o triaxiales. (s.f., párr. 3)

## ***Ensayos de pavimentos***

**Ensayo de CBR (California Bearing Ratio):** este ensayo evalúa la capacidad de soporte de un suelo en términos de la relación entre la carga necesaria para producir una penetración dada en el suelo y la carga necesaria para producir la misma penetración en una muestra patrón de roca dura.

## **Penetración**

Se realiza en cementos asfálticos con un penetrómetro que pesa 200 g. y en el extremo inferior tiene una aguja. El material asfáltico debe de estar en una cápsula a una temperatura de 25 °C. Se pone en contacto la aguja con el material y después de 5 segundos se revisa la penetración de la aguja. (Catarina, s.f., pág. 55).

**Destilación:** Esta prueba se emplea para determinar el tipo de rebajado en asfaltos rebajados y emulsiones. Consiste en calentar el material en un recipiente conectado a un refrigerante, para evaporar los materiales más volátiles que luego se condensan en una probeta. Se mide la temperatura al caer la primera gota y el volumen a determinadas temperaturas.

**Asentamiento:** Esta prueba se utiliza para evaluar la estabilidad de las emulsiones. Se toman 500 g de emulsión en una probeta tapada y se deja reposar durante 5 días. Se extraen 50 g por evaporación para calcular el porcentaje de cemento asfáltico. Se repite el proceso con los últimos 50 g, la diferencia en los contenidos de asfalto entre la parte inferior y superior es el asentamiento.

**Prueba Marshall:** se usa para determinar el contenido óptimo de asfalto en una mezcla. Se obtienen datos para formar gráficas, que incluyen el porcentaje de asfalto, el peso volumétrico, la relación de vacíos, la estabilidad y el flujo. Con estas gráficas se determina el contenido óptimo de asfalto.

**Ensayo de densidad in situ (Proctor Modificado):** este ensayo mide la densidad máxima que se puede obtener en una muestra de suelo compactada a diferentes niveles de humedad.

**Ensayo de deflexión de pavimentos:** este ensayo mide la cantidad de deflexión que se produce en una sección de pavimento bajo una carga dada y se utiliza para evaluar la capacidad de soporte y la rigidez del pavimento.

**Ensayo de permeabilidad:** este ensayo mide la tasa de flujo de agua a través de una muestra de suelo y se utiliza para evaluar la capacidad de drenaje del pavimento.

**Ensayo de fatiga:** este ensayo simula la carga repetida en una sección de pavimento y mide su capacidad para soportar cargas repetidas sin dañarse.

**Ensayo de abrasión:** este ensayo mide la resistencia de la superficie del pavimento a la abrasión y desgaste.

**Ensayo de adherencia:** este ensayo mide la adherencia de la capa de pavimento a la capa subyacente y se utiliza para evaluar la calidad de la unión entre las capas.

**Ensayo de compresión:** este ensayo mide la capacidad de carga de una muestra de suelo y se utiliza para evaluar la capacidad de soporte del pavimento.

**Ensayo de flexión:** este ensayo mide la resistencia del pavimento a la flexión y se utiliza para evaluar su capacidad de soporte y rigidez.

**Ensayo de módulo resiliente:** este ensayo mide la rigidez de la capa de pavimento y se utiliza para evaluar su capacidad de soporte y resistencia a la deformación.

**Ensayo de adhesión de recubrimientos:** este ensayo mide la adhesión de los recubrimientos aplicados a la superficie del pavimento y se utiliza para evaluar su calidad y durabilidad.

**Ensayo de rugosidad:** este ensayo mide la rugosidad de la superficie del pavimento y se utiliza para evaluar su comodidad de conducción y seguridad.

**Ensayo de carga puntual:** este ensayo mide la capacidad de carga de una sección de pavimento en un punto específico y se utiliza para evaluar la capacidad de soporte del pavimento en puntos críticos. (Córdova & Cornejo, 2019).

## **2.5 Marco contextual**

Esta propuesta se generó debido a las necesidades que se presentan en el laboratorio, dado a la importancia de la parte práctica en la formación integral del ingeniero en su desempeño laboral y ante la falta de prácticas de laboratorio en los cursos de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander.

## **2.6 Marco legal**

Las Normas Técnicas Colombianas (NTC) e Instructivos de Normas de Ensayo (INV) son documentos elaborados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) con el objetivo de establecer reglas, especificaciones, directrices y procedimientos para la fabricación, ensayo, uso y mantenimiento de diversos productos y servicios. Estas normas son de carácter obligatorio en Colombia y son utilizadas por diversos sectores, incluyendo la construcción.

En particular, las normas NTC y los instructivos INV que rigen los laboratorios de suelos y pavimentos establecen los procedimientos que deben seguirse para la realización de ensayos de materiales de construcción, en particular aquellos relacionados con suelos y pavimentos. Estas normas son esenciales para asegurar que los resultados obtenidos en los ensayos sean precisos y

confiables, lo que a su vez garantiza la calidad y seguridad de las obras de construcción. Las normas NTC y los instructivos INV que se aplican a los laboratorios de suelos y pavimentos incluyen una gran cantidad de ensayos y procedimientos que cubren diferentes aspectos de los materiales de construcción, desde su composición química y física hasta su resistencia y durabilidad. Algunos de los ensayos más comunes incluyen la determinación de la densidad y la humedad, la clasificación de los suelos, la determinación de la resistencia a la compresión y la flexión, la evaluación de la permeabilidad, la resistencia al desgaste y la durabilidad.

En resumen, las normas NTC e instructivos INV son esenciales para garantizar la calidad y seguridad de las obras de construcción en Colombia. En particular, las normas que rigen los laboratorios de suelos y pavimentos establecen los procedimientos que deben seguirse para la realización de ensayos de materiales de construcción, lo que permite obtener resultados precisos y confiables que son esenciales para garantizar la calidad y la seguridad de las obras de construcción.

Las normas ASTM, EN y AASHTO son ampliamente utilizadas en todo el mundo para la realización de ensayos y pruebas de materiales de construcción, incluyendo aquellos realizados en laboratorios de suelos y pavimentos. Estas normas establecen las especificaciones técnicas para la realización de ensayos y pruebas, así como los procedimientos y equipos que se deben utilizar para garantizar la precisión y la calidad de los resultados.

La norma ASTM es una norma internacional desarrollada por el Comité de Normas ASTM, que cubre una amplia gama de materiales y ensayos, incluyendo suelos y pavimentos. La norma EN es una norma europea desarrollada por el Comité Europeo de Normalización y se utiliza

principalmente en Europa. La norma AASHTO es una norma desarrollada por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte. Ver las siguientes tablas (tabla 1 y tabla 2)

En resumen, estas normas son esenciales para garantizar la calidad y la precisión de los ensayos y pruebas realizados en laboratorios de suelos y pavimentos, y su uso es ampliamente reconocido en todo el mundo como una práctica estándar en la industria de la construcción.

**Tabla 1. Normas INVE**

<b>NORMA</b>	<b>ENSAYO</b>
I.N.V.E - 123 - 13	DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS
I.N.V.E - 217 - 13	DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACIOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTO
I.N.V.E - 122 - 13	DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLA DE SUELO AGREGADO
I.N.V.E - 125 - 13	DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS
I.N.V.E - 126 - 13	LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS
I.N.V.E - 128 - 13	DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LAS PARTICULAS SOLIDAS DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL, EMPLEANDO UN PICNOMETRO CON AGUA
I.N.V.E - 130 - 13	PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS GRANULARES (CABEZA CONSTANTE)
I.N.V.E - 154 - 13	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CONDICION CONSOLIDADA DRENADA (CD)
I.N.V.E - 152 - 13	COMPRESION INCONFINADA DE MUESTRAS DE SUELOS
I.N.V.E - 142 - 13	RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION)
I.N.V.E - 148 - 13	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA
I.N.V.E - 151 - 13	CONAOLIDCION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS
I.N.V.E - 181 - 13	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS PARA PREPOSITOS DE INGENIERIA
I.N.V.E - 180 - 13	CLASIFICACION DE LOS SUELOS Y DE MEZCLAS DE SUELOS Y AGREGADOS CON FINES DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS (SISTEMA AASHTO)

**Tabla 2. Normas para ensayos**

NORMA	ENSAYO
MTC E 101 - 2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.129:1998	SUELOS. Método de Prueba Estándar para el Contenido de Humedad del Suelo y Roca In-situ por Métodos Nucleares (poca profundidad)
NTP 339.143:1998	SUELOS. Método de Ensayo Estándar para la Densidad y el Peso Unitario del Suelo In-situ Mediante el Método del Cono de Arena.
NTP 339.144:1998	SUELOS. Método de Ensayo Estándar para la Densidad In-situ de Suelo y Suelo-Agregado por medio de Métodos Nucleares (Profundidad Superficial).
ASTM D4944	Determinación de la humedad en suelos por medio de la presión del gas generado por carburo de calcio.
NTP 339.150:2001	SUELOS. Descripción e Identificación de Suelos. Procedimiento Visual-Manual.
NTP 339.161:2001	SUELOS. Práctica para la Investigación y Muestreo de Suelos por Perforaciones con Barrena.
NTP 339.169:2002	SUELOS. Muestreo Geotécnico de Suelos con Tubos de Pared Delgada
NTP 339.172:2002	SUELOS. Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in situ por métodos nucleares (poca profundidad).
NTP 339.175:2002	SUELOS. Método de Ensayo Normalizado In-situ para CBR (California Bearing Ratio-Relación del Valor Soporte) de Suelos
ASTM D 6951	Método Estándar de Ensayo para el Uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en Aplicaciones Superficiales de Pavimentos

### **3. Diseño metodológico**

#### **3.1 Tipo de investigación**

Este proyecto es de carácter descriptivo y de campo, en el cual se expresan las características de una situación que se presenta en el laboratorio de geotecnia y pavimentos, evaluando diversos aspectos, variables, dimensiones o componentes del fenómeno objeto de estudio; ya que permitirá ir recolectando la información referente a cada uno de los fenómenos en forma detallada, para su posterior estudio, análisis y evaluación, a su vez describir cada una de las actividades que serán ejecutadas, mediante fotografías y anexos donde se explique la revisión y supervisión de las áreas designadas.

A la vez es una investigación de campo puesto que esto fomenta una amplia producción de conocimientos, pues lo antes mencionado, permitirá verificar nuestra hipótesis y obtener una mejor comprensión de la relación entre la teoría y la práctica en relación a nuestra realidad específica. Por medio de esta metodología, podremos generar información valiosa y confiable sobre el comportamiento de los materiales y estructuras en la ingeniería civil, y así tomar decisiones informadas en el diseño, construcción y mantenimiento de vías y fundaciones.

## **3.2 Población y muestra**

**3.2.1 Población.** La población beneficiaria serán los estudiantes, personal de la UFPS y las personas y empresas que hagan uso de los servicios de extensión del laboratorio de geotecnia y pavimentos, ya que gozan de los beneficios que trae consigo.

La población que interfiere en el proyecto serán los estudiantes de ingeniería civil y demás carreras que hagan uso del laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander, los cuales se encargarán de la correcta ejecución de la programación del proyecto.

**3.2.2 Muestra.** Son la información y material recolectados en las bases de datos suministrados por la Universidad Francisco de Paula Santander y datos realizados en campo.

## **3.3 Instrumentos para la recolección de información**

**3.3.1 Fuentes primarias.** La principal información será suministrada en el trabajo de campo y laboratorios a cargo de las personas que participaran en la ejecución del proyecto, el cual corresponde a los datos necesarios y suministrados por la Universidad Francisco de Paula Santander.

**3.3.2 Fuentes secundarias.** Las fuentes secundarias son las investigaciones encontradas en las bases de datos del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander con las cuales se podrá obtener información importante como los son inventarios y complementando demás documentos que provee y repositorios de universidades en

las cuales encontramos trabajos basados en temas similares. Además, las asesorías de nuestro director de proyecto donde nos orienta a mejorar y alinear nuestros conocimientos.

### **3.4 Técnicas de análisis y procesamiento de datos**

El análisis y procesamiento de información se realizó por medio de tablas, cuadros, resúmenes explicativos de las condiciones actuales, investigaciones y un informe final que representa todo lo relacionado con los objetivos del proyecto y el ámbito de la ingeniería civil. La información que se procesa está realizada por dos estudiantes de ingeniería civil que son las personas principales para la correcta realización del proyecto en el laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Los resultados que se obtienen del proyecto están basados en los objetivos plasmados, los cuales están presentados en un informe final compuestos de estudios de investigación referente al trabajo de campo, investigaciones y registros fotográficos.

### **3.5 Fases y actividades específicas del proyecto**

Las actividades a realizar para la investigación de los componentes que abarcan el futuro proyecto serán programadas por fases. Este proyecto se ejecutará en 3 fases que son:

#### **Fase 1: Evaluación y diagnóstico**

✓ Revisión bibliográfica para conocer el estado del arte de los laboratorios que se realizan de geotecnia y pavimentos.

- ✓ Investigación a laboratorios de otras instituciones para conocer las buenas prácticas y posibles mejoras que se pueden implementar.

- ✓ Evaluación del estado actual del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander.

- ✓ Diagnóstico de las necesidades y requerimientos del laboratorio en términos de espacio, equipos, insumos y personal.

### **Fase 2: Diseño y planificación**

- ✓ Identificación de los equipos y materiales necesarios para acondicionar y dotar el laboratorio de geotecnia y pavimentos.

- ✓ Elaboración de un inventario completo de los insumos que se requieren.

- ✓ Realización de un presupuesto detallado que incluya los costos de los equipos, materiales y servicios de instalación.

### **Fase 3: Implementación y seguimiento**

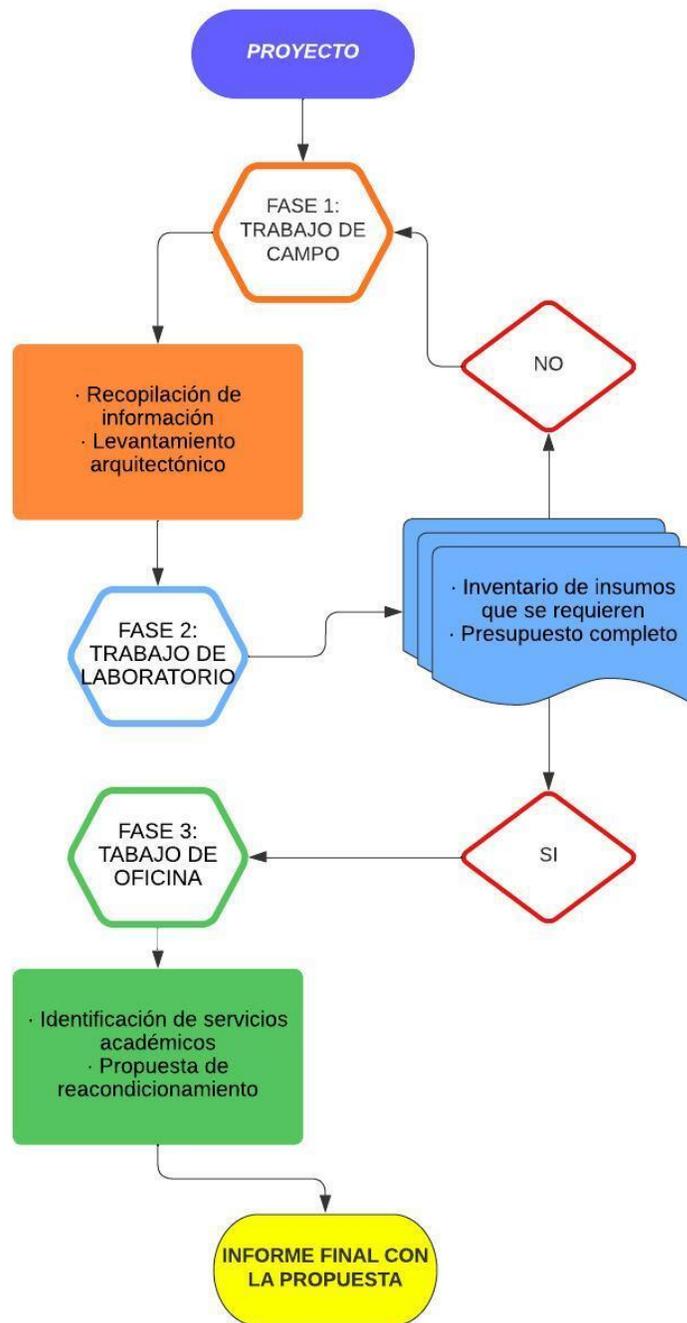
- ✓ Identificación de los servicios académicos que se ofrecerán en el laboratorio de geotecnia y pavimentos.

- ✓ Comparación de las mejoras realizadas en el laboratorio en la calidad de los servicios académicos y de extensión ofrecidos.

- ✓ Desarrollo de la propuesta de acondicionamiento y dotación del laboratorio, incluyendo un diseño arquitectónico y especificaciones técnicas detalladas.

- ✓ Presentación de la propuesta terminada, con el presupuesto y el plan de implementación.

Con estas mejoras, se propone un enfoque más detallado y riguroso en la planificación, ejecución y seguimiento del proyecto (*ver Figura 2*), lo que debería contribuir a lograr mejores resultados en el acondicionamiento y dotación del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander.



**Figura 2. Fases y actividades específicas del proyecto**

#### **4. Desarrollo de actividades**

Para el cumplimiento del objetivo general en esta investigación, se llevó a cabo el cumplimiento de todos los objetivos específicos. A continuación, se muestra el desarrollo.

##### **4.1 Objetivo específico #1.**

Elaborar una revisión del estado actual del laboratorio y su infraestructura, así como una base de datos de las máquinas, equipos y herramientas encontradas en el mismo.

El laboratorio de suelos y pavimentos es una herramienta fundamental en la formación y desarrollo de ingenieros civiles y demás carreras que hacen uso de este, así como empresas y quienes gozan de los servicios de extensión. Su importancia radica en la capacidad que tiene para realizar ensayos y pruebas que permiten conocer las características y propiedades de los materiales que se utilizan en la construcción de carreteras, puentes, edificios, entre otros.

En el desarrollo de este objetivo se realizó una revisión física con registro fotográfico de los equipos, herramientas, materiales del laboratorio de geotecnia y pavimentos, un informe del estado general de oficinas, baños y espacios de trabajo del mismo, el plano arquitectónico y la recopilación de la base de datos de los elementos con los cuales cuenta el laboratorio de suelos y pavimentos de la universidad francisco de paula Santander.

Es cierto que algunos equipos antiguos en laboratorios universitarios aún pueden seguir siendo útiles y estar en funcionamiento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la tecnología y las herramientas digitales han avanzado significativamente en las últimas décadas, y

pueden ofrecer benéficas y ventajas importantes en términos de eficiencia, precisión y capacidad de análisis en el estudio de la geotecnia y pavimentos. Es posible que la actualización de algunos equipos y la incorporación de nuevas herramientas digitales en el laboratorio pueden mejorar la calidad de las investigaciones y estudios realizados en la Universidad Francisco de Paula Santander. Es recomendable evaluar y actualizar regularmente la tecnología y los equipos de laboratorio para garantizar su eficacia y eficiencia.

El registro fotográfico de los equipos, herramientas y materiales del laboratorio de geotecnia y pavimentos es una buena práctica para llevar un control adecuado de los mismos; esto incluye la documentación de las condiciones y características de cada elemento, así como su uso y mantenimiento.

La propuesta para mejorar en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos surge debido a la ausencia de servicio y espacio adecuados para la realización de pruebas y ensayos en el campus universitario. Esto ha generado la necesidad de buscar opciones externas para los estudiantes de Ingeniería Civil y otros programas académicos. Por lo tanto, se propone a la universidad que permita mejorar las instalaciones del laboratorio, dotándolo de áreas específicas y suficiente espacio para la realización de ensayos de suelos y pavimentos con equipamiento adecuado.

#### **4.2 Análisis de las herramientas y equipos**

Un aspecto importante y fundamental es la disponibilidad de las herramientas y equipos necesarios en buen estado para desarrollar el proceso. Las herramientas no tienen un lugar o

lugar específico de almacenamiento dentro del laboratorio, algunas herramientas se encuentran en mal estado, presentando riesgos para las operaciones y las personas en el proceso. En general, las herramientas y equipos utilizados durante el desarrollo de cada proceso no se encuentran en condiciones óptimas por lo cual no se les está un buen funcionamiento.

La máquina de consolidación (*Ver Figura 3*), con más de 50 años de uso tiene varias desventajas en la realización del ensayo, como por ejemplo, el desgaste y la falta de calibración de la máquina, lo cual genera una mayor probabilidad de fallas mecánicas durante el ensayo al ser más difíciles de graduar y ajustar correctamente, lo que podría afectar la calidad de los resultados, la capacidad de la máquina para manejar muestras de mayor tamaño y peso puede verse comprometida, lo que limitaría la capacidad del laboratorio para llevar a cabo ciertos tipos de ensayos, un mayor tiempo y costo asociado con la necesidad de reparar o reemplazar la máquina si se determina que ya no es adecuada para su uso.

En comparación, las máquinas de consolidación más actuales las cuales son más precisas tienen tecnología más avanzada lo que reduce los errores de medición y aumenta la confiabilidad de los resultados obtenidos, fáciles de calibrar y ajustar, lo que mejora la calidad y la eficiencia de los ensayos de consolidación de suelos. Además, las máquinas de consolidación más modernas poseen una mayor capacidad y son más versátiles, con las interfaces más intuitivas y fáciles de usar, lo que facilita su operación y reduce la posibilidad de errores humanos lo que permite realizar ensayos más avanzados y diversos. Mayor durabilidad, ya que pueden estar diseñadas con materiales más resistentes y sistemas de mantenimiento más avanzados, lo que reduce la necesidad de reparaciones y mantenimiento frecuentes.



**Figura 3. Máquina de consolidación**

En el caso de la maquina Triaxial la cual se encuentra en mal estado, oxidada (*ver Figura 4*) y no está funcionando correctamente para su propósito principal. Sin embargo, solo se puede utilizar para otros tipos de ensayos que no requieren las mismas especificaciones como el ensayo CBR. Por lo cual hace que no proporcione resultados precisos y confiables, lo que podría afectar la calidad del trabajo y la toma de decisiones, así que se requiere de más esfuerzos y recursos para realizar los ensayos, lo que retrasa los proyectos y aumenta los costos. La maquinaria en mal estado en particular, la oxidación y otros signos de desgaste indican un mal mantenimiento lo que representa un riesgo de seguridad para los usuarios y el personal del laboratorio. Si la máquina se rompe o falla durante el uso, también puede provocar lesiones en los trabajadores o dañar otros equipos y materiales en el laboratorio.

Las máquinas más antiguas poseen una menor eficiencia pues se necesita de más tiempo y esfuerzo para realizar un ensayo triaxial debido a su tecnología y diseño obsoletos. Problema para encontrar repuestos ya que las piezas para máquinas más antiguas pueden ser más difíciles de encontrar y ser más costosas que para máquinas más modernas, lo que genera un mayor mantenimiento y reparación debido a su edad y a la falta de disponibilidad de piezas de repuesto.

Las máquinas triaxiales modernas tienen una capacidad mayor y una velocidad de prueba más rápida, lo que permite a los técnicos realizar pruebas de manera más eficiente, poseen una mayor cabida para realizar pruebas en variedad de materiales, lo que permite al laboratorio ampliar su oferta de servicios ya que ofrecen funciones avanzadas, como la capacidad de controlar y monitorear las pruebas a través de software, lo que facilita el análisis y la presentación de los resultados, (ver en la Figura 4).



**Figura 4. Maquina triaxial**

En el caso de las compactadoras, que son esenciales para hacer ensayos de densidad en los materiales de pavimentos, es fundamental contar con equipos precisos y confiables para garantizar la calidad y seguridad de las estructuras viales.

Es importante contar con un espacio adecuado y seguro para almacenar y utilizar los equipos de laboratorio, especialmente aquellos que son grandes y pesados, como los compactadores. Las máquinas viejas como las que hay en el laboratorio de suelos y pavimentos (*ver Figura 5 y 6*), tienen menos precisión en la medición y control de la carga y la velocidad, lo que puede afectar la exactitud de los resultados de los ensayos, no cuentan con un sistema de control de temperatura adecuado, lo que puede afectar los resultados de los ensayos que requieren una temperatura específica según el procedimiento del ensayo. Un punto muy importante es la obsolescencia en comparación con las máquinas más modernas en términos de tecnología y características. Esto puede limitar la capacidad del laboratorio para realizar ciertos tipos de análisis o limitar la eficiencia del proceso de análisis.



**Figura 5. Compactadora**



**Figura 6. Compactadora sin uso**

La máquina de perforación existente no se ha utilizado durante más de 10 años, es posible que su rendimiento y fiabilidad ya no sean óptimos, incluso después de una revisión y mantenimiento, independientemente de su marca o su modelo. Existen muchas posibles fallas que la máquina pueda presentar como, pérdida de lubricación ya que la maquina ha estado sin uso durante un largo periodo, es evidente que la lubricación de algunas piezas vitales de la maquina se hayan secado, lo que ha provocado desgaste y rotura de piezas importantes. Uno de las fallas más visibles la oxidación es la causa más común en esta máquina que se han dejado sin uso por un periodo prolongado, (*ver en la Figura 7*).

Es conveniente considerar la adquisición de un nuevo equipo de perforación, especialmente por las ventajas tal como mayor precisión en la toma de muestras están diseñados para tomar muestras de suelos y pavimentos con mayor precisión y control, lo que se traduce en una mayor exactitud en los resultados de los ensayos, son más rápidos y eficientes que los equipos más antiguos, lo que reduce los tiempos de trabajo y aumenta la productividad del laboratorio, son más versátiles y pueden ser utilizados para una amplia gama de aplicaciones, lo que amplía las capacidades del laboratorio.



**Figura 7. Máquina de perforación**

Es crucial contar con hornos en el laboratorio de pavimentos y geotecnia ya que estos son utilizados en la mayoría de los ensayos, así que es fundamental que se encuentren en buen estado y funcionen, dicho esto el laboratorio de la UFPS cuenta con seis hornos los cuales dos de estos no funcionan ni se utilizan, debido a tantos años de uso y la falta de mantenimiento, (*ver la Figura 8 y 9*). El uso de equipos arcaicos puede comprometer la calidad y la confiabilidad de los ensayos realizados, son menos eficientes en términos de tiempo y energía, lo que afecta la productividad y aumenta los costos operativos del laboratorio.

Los hornos nuevos tienen controles más exactos y sofisticados que permiten mantener temperaturas más constantes y precisas, tienen un mejor aislamiento térmico y sistemas de recuperación de calor que los hacen más eficientes en términos de energía, lo que puede reducir

significativamente los costos operativos del laboratorio con mayor capacidad y flexibilidad en cuanto a los tipos de muestras y ensayos que pueden manejar, lo que permite realizar una mayor variedad de pruebas y ensayos en menos tiempo.



**Figura 8. Horno**



**Figura 9. Horno alemán**

En el laboratorio se han identificado siete balanzas (*ver Figura 10*), que no están en funcionamiento algunas causan son la antigüedad de ellas, la falta de calibración y mantenimiento, el desgaste de uso a través de los años, también pueden tener componentes desgastados que afectan la capacidad de medición y pueden generar errores en las mediciones. Así como no ser compatibles ya con los nuevos métodos de ensayo o requerimientos de los clientes, lo que reduce la competitividad del laboratorio.

Al adquirir balanzas nuevas que cumplen con las normas y estándares requeridos, se asegura que los resultados de los ensayos sean confiables y consistentes, lo que es esencial para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería y construcción. A diferencia de las balanzas manuales, las balanzas digitales funcionan a través de sensores electrónicos y microprocesadores que

convierten la fuerza ejercida por el objeto en una señal eléctrica que se muestra en una pantalla digital. Además, las balanzas digitales suelen contar con diversas funciones adicionales, como la posibilidad de hacer tara, la conversión de unidades de medida, la conexión con otros dispositivos y la capacidad de almacenamiento de datos.



**Figura 10. Balanzas**

Es de vital importancia contar con un equipo de medición simple funcional en el laboratorio de suelos y pavimentos. Es evidente que el equipo actual se encuentra en mal estado debido a su antigüedad y usos, ( *ver Figura 11*). Esto no solo afecta la precisión de los resultados, no está a la vanguardia del mercado de los servicios del laboratorio. Así simple vista se puede observar un manómetro manual, que es aquel que se utiliza para medir la presión de manera visual mediante la observación de una aguja que indica la lectura en una escala graduada. En cambio, un manómetro digital utiliza un sensor electrónico para medir la presión y mostrar la lectura en una pantalla digital.

En comparación con un manómetro manual, un manómetro digital ofrece varias ventajas. En primer lugar, la lectura es más precisa y exacta debido a la mayor sensibilidad del sensor electrónico. En segundo lugar, la lectura se muestra en números exactos en lugar de una estimación visual, lo que reduce la posibilidad de errores de lectura. Además, un manómetro digital puede ser programado para realizar mediciones continuas y enviar datos a un sistema de registro, lo que reduce la necesidad de una persona para monitorear el proceso de medición.

Por lo tanto, es necesario adquirir un nuevo equipo de compresión simple que cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos. Un equipo moderno y actualizado permite una mayor precisión en la realización de ensayos, lo que se traduce en resultados más confiables y en una mejora en la productividad del laboratorio.



**Figura 11. Equipo de compresión simple**

El vibrador de tamices se encuentra oxidado, viejo, no funciona y está arinconado en el laboratorio de suelos y pavimentos, (*ver ilustración 12*), la cual es una herramienta esencial para asegurar que el material se tamice correctamente y se obtengan resultados precisos y confiables. Si el vibrador de tamices está oxidado, viejo y no funciona correctamente, puede producirse una distribución inadecuada del material, lo que resultaría en una granulometría no representativa del material real. Además, el tiempo de tamizado puede ser más largo y tedioso, lo que puede afectar la productividad del laboratorio. Es importante que el vibrador de tamices se mantenga en buen estado y se reemplace si es necesario para garantizar la calidad y la confiabilidad de los resultados de los ensayos.

Los tamizadores modernos son más rápidos que los tamizadores antiguos, lo que permite aumentar la capacidad de producción de la muestra en menos tiempo, están equipados con dispositivos de automatización para la carga y descarga de las muestras, lo que reduce la carga de trabajo manual y aumenta la eficiencia del proceso.



**Figura 12. Vibrador de tamices**

El permeómetro de asfalto es una herramienta fundamental para el laboratorio de geotecnia y pavimentos. Desafortunadamente, el que se encuentra en el laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander ha estado inactivo por un largo periodo debido a que algunos de sus componentes se encuentran obsoletos y han sufrido daños por desgaste y corrosión, probablemente debido a la falta de mantenimiento en el pasado. Además, es evidente que la máquina es muy antigua y no cuenta con las tecnologías modernas que son necesarias para asegurar la precisión y confiabilidad de los ensayos, (*ver en Figura 13*).

La adquisición de un nuevo perómetro de asfalto en el laboratorio de geotecnia y pavimentos puede traer varias ventajas y beneficios para los ensayos. Los nuevos modelos pueden incluir

funciones adicionales, como la capacidad de realizar múltiples ensayos en una sola operación, lo que reduce el tiempo necesario para completar los ensayos.



**Figura 13. Perometro de asfalto americano**

Se pueden observar varias cazuelas casagrande las cuales presentan deterioro físico, como falta de pintura, corrosión, hay una que no sirve debido a su mal estado, (ver Figura 14). Las cazuelas se utilizan para disolver y mezclar sustancias químicas para preparar soluciones, para secar muestras al aire, al horno o al vacío por lo tanto son constantemente necesarias en la mayoría de ensayos por eso deben estar en funcionalidad y buen estado.

La necesidad e importancia de las cazuelas radica en que son una herramienta fundamental para obtener resultados precisos y confiables en los ensayos de compactación de suelos. Estos

ensayos permiten determinar la densidad seca máxima de un suelo y su contenido de humedad óptimo, lo que a su vez permite conocer las propiedades mecánicas del suelo y su capacidad para soportar cargas.



**Figura 14. Cazuelas Casagrande**

Se puede observar que la centrifuga tiene bastantes años de uso por lo cual presenta deterioro físico, oxidación, la manguera picada, tecnología obviamente muy antigua lo cual genera resultados inexactos en los ensayos y, por lo tanto, a conclusiones erróneas, son más difíciles y costosas de mantener, ya que los repuestos pueden ser obsoletos o difíciles de conseguir, (*ver Figura 15*). Además, pueden requerir más tiempo y esfuerzo para repararlas, tienen una capacidad menor que las nuevas, lo que limita la cantidad de muestras que se pueden procesar a la vez. Esto puede retrasar el tiempo de análisis y afectar la eficiencia del laboratorio.

Por lo tanto, las centrifugas modernas son capaces de alcanzar velocidades de rotación mucho más altas que las centrifugas más antiguas, lo que significa que pueden separar las

muestras más rápidamente y con mayor eficacia, son más fáciles de usar y programar, con pantallas táctiles y controles intuitivos.



**Figura 15. Centrifuga**

Se puede visualizar en la fotografía el estado de la extractora eléctrica que además fue realizada por unos exalumnos para su tesis de grado, presenta oxidación, falta de pintura (*ver Figura 16*), su tecnología es manual lo cual la hace más lenta a la hora de realizar los ensayos de extracción de líquidos de una muestra. Son utilizadas en la preparación de muestras para análisis químicos, como en la extracción de aceites esenciales de plantas o en la separación de componentes de una mezcla. También son útiles en la eliminación de residuos químicos y en la purificación de productos químicos.

Las extractoras eléctricas modernas tienen varias funciones y características que las hacen útiles en el laboratorio de suelos y pavimentos. Algunas de las funciones más comunes incluyen, son capaces de funcionar a velocidades más altas y, por lo tanto, pueden extraer el agua de las muestras de suelos o agregados de manera más rápida y eficiente, están diseñadas para ser más seguras y ergonómicas, con características como cubiertas de seguridad, botones de parada de emergencia y asas ergonómicas para facilitar el transporte y el uso.



**Figura 16. Extractora eléctrica, realizada en una tesis por antiguos estudiantes.**

Los tamices viejos y oxidados como los que hay en su mayoría en el laboratorio (*ver Figura 17*), tienen una vida útil limitada debido a la corrosión y el desgaste, presentan problemas para

encajar correctamente en los marcos, lo que puede aumentar el tiempo necesario para completar un ensayo, igualmente, contener restos de muestras anteriores y suciedad acumulada, lo que puede afectar la integridad de las muestras actuales. Los tamices nuevos están diseñados con materiales más higiénicos y fáciles de limpiar, lo que garantiza la integridad de las muestras actuales y futuras, tienen un diseño más preciso y eficiente, lo que permite un ensayo más rápido y efectivo, contar con tamices nuevos en el laboratorio de suelos y pavimentos es de gran importancia ya que garantiza la calidad y precisión de los ensayos realizados



**Figura 17. Tamices americanos, alemanes y nacionales**

## 4.2.1 Informe del estado general de oficinas, baños y espacios de trabajo del mismo

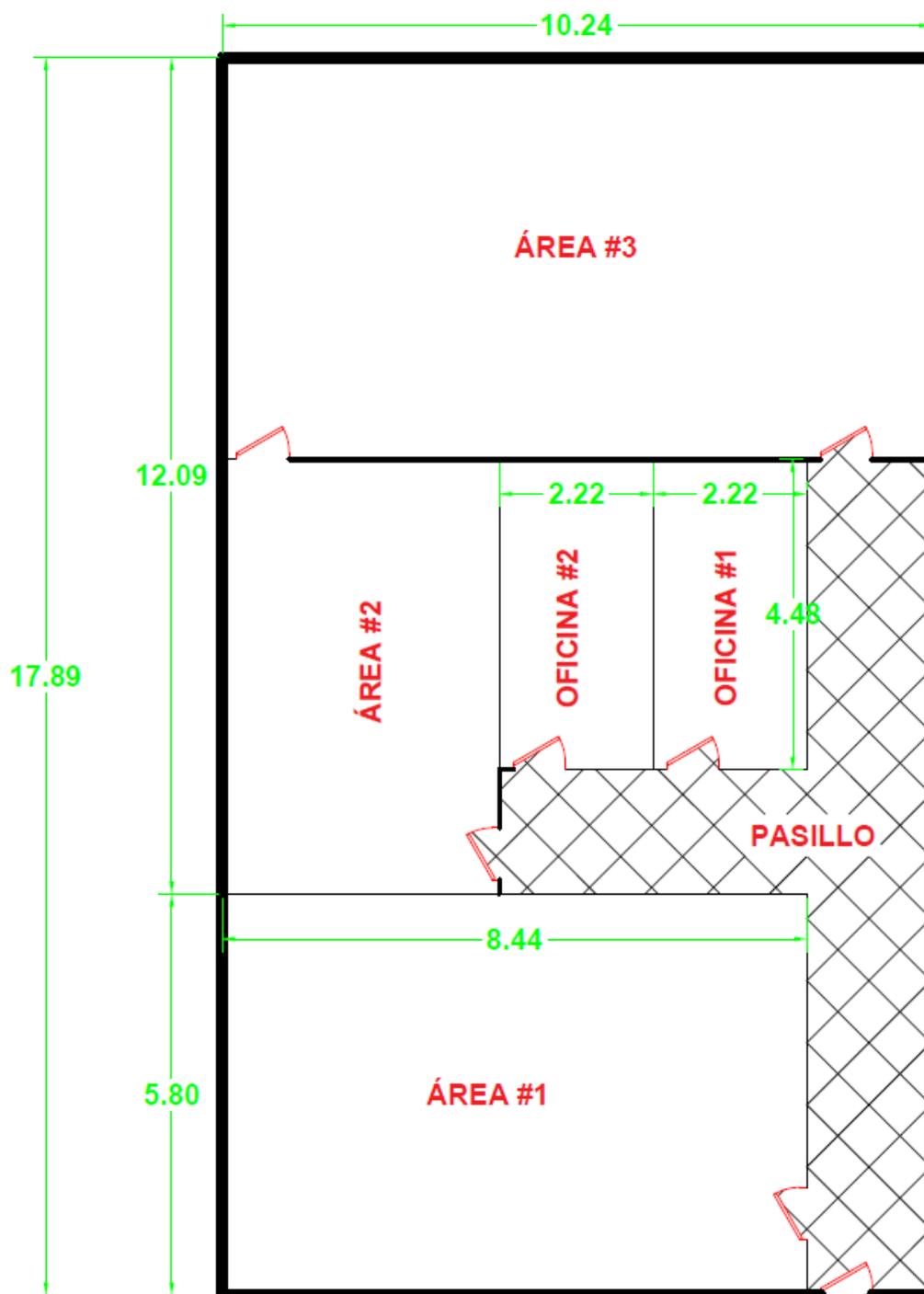


Figura 18. Plano del laboratorio de suelos y pavimentos



**Figura 19. Acceso al laboratorio**



**Figura 20. Piso pasillo**



**Figura 21. Organización pasillo**



**Figura 22. Organización frente a las oficinas**



**Figura 23. Laboratorio de suelos**



**Figura 24. Estado actual mesones**



**Figura 25. Vista panorama Laboratorio**

El recorrido para el desarrollo de este informe empieza desde la entrada donde se puede observar que la puerta principal se encuentra oxidada, seguidamente se encuentra un pasillo (*ver*

*Figura 18-25*), en el cual se nota mucho desgaste en el piso debido al tránsito constante y materiales que presenta en esta área, al ingresar hacia el área de los laboratorios se puede percibir la falta de ventilación, así como la falta de buena iluminación para trabajar en mejores y óptimas condiciones. También se presenta bajo la placa deterioro siendo visible grietas o agujeros por la humedad y falta de mantenimiento de la misma. Y el factor que más se presenta es la falta de organización de los espacios y herramientas, materiales, equipos y máquinas, las cuales se ven por toda el área en general del laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Una vez recorrido y analizado a detalle todo el laboratorio, se observó algunos detalles importantes, como, por ejemplo, las puertas del laboratorio en su mayoría están oxidadas y algunas no cierran correctamente, también están duras debido a la falta de lubricación y mantenimiento; el piso presenta daños, desgaste lo cual es difícil de limpiar, es importante reemplazarlo. Se podrían considerar opciones de revestimientos de piso, como baldosas de gres o vinilo resistente para mejorar su durabilidad y facilidad de limpieza. La falta de ventilación es otro factor que se percibió para lo cual es importante que el laboratorio tenga una buena ventilación para mantener un ambiente de trabajo saludable. Una solución es la instalación de más ventiladores de pared junto con la colocación de extractores industriales en áreas donde se manejen productos químicos para asegurar la seguridad de los usuarios.

La falta de iluminación en el entorno de trabajo, con la colocación de iluminación adecuada siendo importante que el laboratorio tenga una buena iluminación para evitar la fatiga visual y garantizar la seguridad de los usuarios. Se debe asegurar de que haya suficiente luz en todas las áreas de trabajo con la instalación de paneles LED de alta eficiencia energética.

La falta de espacio y el almacenamiento de los materiales y equipos del laboratorio de manera segura y organizada es de suma importancia, ya que son un problema que van de la mano, por lo tanto, se deben incluir instalación de estanterías, cajas organizadoras y armarios para materiales, herramientas, y equipos. lo cual genera la optimización de los espacios de almacenamiento y la eliminación de obstáculos en los pasillos y las áreas de trabajo. También considerar la implementación de un sistema de etiquetado claro y fácil al entender para todos los materiales y herramientas.

Después de considerar las sugerencias para la revisión general del laboratorio de geotecnia y pavimentos, se puede concluir que hay varias mejoras que se deben implementar para optimizar y mejorar el laboratorio.

#### **4.2.2 Base de datos de las máquinas, equipos y herramientas encontradas en el mismo.**

Se solicitó ante el personal asignado por la dependencia, la base de datos de los elementos con los que cuenta el laboratorio de suelos y pavimentos, donde la mayor gestión la realizó el director de proyecto, la gestión realizada por el director del proyecto de grado para la recopilación de información importante en la universidad fue efectiva y eficiente (*ver tabla 3*). Desde el inicio del proyecto, se estableció una estrategia clara para identificar las fuentes de información relevantes y se establecieron plazos para su recolección y análisis.

Esta base de datos permite mantener un registro detallado de todos los equipos y materiales del laboratorio, así como su ubicación, estado de mantenimiento y disponibilidad. También puede ayudar a la administración del laboratorio a tomar decisiones informadas sobre la necesidad de comprar nuevos equipos o materiales.

En resumen, una base de datos del inventario del Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la UFPS es una herramienta importante para la gestión y administración eficiente de los recursos y equipos disponibles. Permite un seguimiento detallado de los recursos, ayuda a garantizar que estén disponibles para su uso en proyectos de investigación y extensión y ayuda a tomar decisiones informadas sobre la adquisición de nuevos equipos o materiales.

**Tabla 3. Base de datos elementos por dependencia del laboratorio de suelos y pavimentos**

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
HORNO	MLW		9/06/1986	1	432.148,16	432.148,16
GABINETE			9/06/1986	1	0,00	0,00
MARTILLO DE COMPACTACION 5 LBS.			9/07/1986	1	100.541,83	100.541,83
PERMEAMETRO DE COMPACTACION (incompleto)	SOILTEST	K-610	9/07/1986	1	600.219,50	600.219,50
CAZUELA CASA GRANDE CON RANURADOR	SOILTEST	CL-207	9/07/1986	1	1.199.944,07	1.199.944,07
CAZUELA CASA GRANDE CON RANURADOR	SOILTEST	CL-207	9/07/1986	1	1.199.944,07	1.199.944,07
CAZUELA	CONTROLLS	T-30	9/07/1986	1	172.015,78	172.015,78
CAZUELA	CONTROLLS	T-30	9/07/1986	1	172.015,78	172.015,78
VASOS	HAMILTON BEACH		9/07/1986	1	0,00	0,00
VASOS	HAMILTON BEACH		9/07/1986	1	0,00	0,00
VASOS	HAMILTON BEACH		9/07/1986	1	0,00	0,00
EQUIPO DE CONSOLIDACION	SOILTEST	C-242	9/07/1986	1	1.000.042,21	1.000.042,21
EQUIPO PARA PENETRACION PROCTOR	SOILTEST	CN-419	9/07/1986	1	600.219,50	600.219,50
MAQUINA DE COMPRESION SIMPLE MANUAL	SOILTEST	U160A	9/07/1986	1	500.265,57	500.265,57
DIAL	FEDERAL		9/07/1986	1	200.406,79	200.406,79
MAQUINA DE CORTE MANUAL	SOILTEST	D-110A	9/07/1986	1	5.997.770,61	5.997.770,61
DIAL LC 2			9/07/1986	1	0,00	0,00
BALANZA PARA 20 KILOS	OHAUS		20/11/1990	1	2.299.447,27	2.299.447,27
PERMEAMETRO		K-620	25/06/1991	1	1.903.628,00	1.903.628,00
PERMEAMETRO		K-620	25/06/1991	1	833.392,67	833.392,67
MEDIDOR DE CAMBIO DE VOLUMEN	COSACOV	C-260	17/07/1991	1	4.702.357,98	4.702.357,98

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
MEDIDOR DE INDICE DE EXPANSION	COSACOV	C-2655	19/07/1991	1	2.440.986,35	2.440.986,35
PESA DE 5.7 KILOS			19/07/1991	1	0,00	0,00
DIAL INDICADOR	LC-9		19/07/1991	1	0,00	0,00
CAZUELA CASA GRANDE CON RANURADOR	SOILTEST	CL-209	19/07/1991	1	1.272.234,89	1.272.234,89
CAZUELA CASA GRANDE CON RANURADOR	SOILTEST	CL-209	19/07/1991	1	1.272.234,89	1.272.234,89
CAZUELA CASA GRANDE CON RANURADOR	SOILTEST	CL-209	19/07/1991	1	1.272.234,89	1.272.234,89
CAZUELA	HUMBOLT		19/07/1991	1	399.037,82	399.037,82
PERMEAMETRO	SOILTEST	K-600	20/08/1991	1	833.392,67	833.392,67
CAJA DE CLASIFICACION DE SUELOS			20/08/1991	1	2.799.220,91	2.799.220,91
ESTUCHE			20/08/1991	1	0,00	0,00
CARTA DE COLORES	A-17		20/08/1991	1	0,00	0,00
CARTA DE COLORES	A-28		20/08/1991	1	0,00	0,00
CARTA DE COLORES	A-26		20/08/1991	1	0,00	0,00
ADAPTADOR DE PENETROMETRO		CL-701	20/08/1991	1	0,00	0,00
PENETROMETRO DE BOLSILLO	COSACOV	CT-421A	20/08/1991	1	0,00	0,00
TORVANE	SOILTEST	CL-600A	20/08/1991	1	0,00	0,00
TAMIZ MANUAL			20/08/1991	1	0,00	0,00
MALLAS			20/08/1991	5	0,00	0,00
HORNO ELECTRICO A 110	COSACOV	L-128	20/08/1991	1	1.055.052,47	1.055.052,47
EXTRACTOR DE MUESTRAS	COSACOV	AP168	16/09/1991	1	168.416,29	168.416,29
APARATO PARA PRESION DE EXPANSION	SOILTEST		20/06/1992	1	5.003.281,62	5.003.281,62
DIAL INDICADOR X 10 EXP -4	SOILTEST	LC-2	20/06/1992	1	0,00	0,00
PLATO PERFORADO	SOILTEST		20/06/1992	1	0,00	0,00
BARRA CON CABEZA AJUSTABLE	SOILTEST		20/06/1992	1	0,00	0,00
SOBRECARGA	SOILTEST		20/06/1992	1	0,00	0,00
MOLDE DE ACERO DE 4" DE DIAMETRO	SOILTEST		20/06/1992	1	0,00	0,00
CARGADOR VESATIL (VERSA LOADER)	SOILTEST	G-900	26/06/1992	1	10.535.809,73	10.535.809,73
BALANZA GRAMO CENTRO 311	OHAUS	L-810	6/07/1992	1	445.603,27	445.603,27
BALANZA GRAMO CENTRO 311	OHAUS	L-817	6/07/1992	1	445.603,27	445.603,27
BALANZA GRAMO CENTRO 311	OHAUS	L-817	6/07/1992	1	445.603,27	445.603,27
ARCHIVADOR DE MADERA X 4 GVTS.			11/06/1997	1	289.674,75	289.674,75
MAQUINA DE CORTE ELECTRICA	CONTROLL	CT206/2	27/04/1998	1	14.027.006,22	14.027.006,22

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
DIAL 10-3 MM			27/04/1998	1	0,00	0,00
DIAL 10-2 MM			27/04/1998	1	0,00	0,00
DIAL 10-2 MM			27/04/1998	1	0,00	0,00
CAJA PORTA MUESTRAS			27/04/1998	1	0,00	0,00
CAJA DE ENSAYO			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 10 KILOS			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 10 KILOS			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 10 KILOS			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 10 KILOS			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 5 KILOS			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 2 KILOS			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 2 KILOS			27/04/1998	1	0,00	0,00
PESA DE 1 KILO			27/04/1998	1	0,00	0,00
GATO HIDRAULICO	NIKE	10 TONELADAS	27/08/1998	1	238.435,19	238.435,19
PALA REDONDA			7/07/1999	8	0,00	0,00
PALA CANALETE			7/07/1999	2	0,00	0,00
ANILLO CORTAMUESTRAS			7/07/1999	1	894.229,45	894.229,45
CAZUELA CASA GRANDE CON RANURADOR	SOILTEST	CL-206	7/07/1999	1	610.442,00	610.442,00
DIALES LC-3	SOILTEST		7/07/1999	1	101.740,00	101.740,00
DIALES LC-3	SOILTEST		7/07/1999	1	101.740,00	101.740,00
DIALES LC-2B	SOILTEST		7/07/1999	1	101.740,00	101.740,00
DIALES 10-2			7/07/1999	1	101.740,00	101.740,00
DIAL	SOILTEST	LC-4M	7/07/1999	1	116.456,00	116.456,00
DIAL LC-8	SOILTEST		7/07/1999	1	101.740,00	101.740,00
DIAL 10-3			7/07/1999	1	101.740,00	101.740,00
DIAL 10-3			7/07/1999	1	101.740,00	101.740,00
ANILLOS			7/07/1999	2	0,00	0,00
HORNO	SOILTEST	M-12-A	7/07/1999	1	203.481,00	203.481,00
TABLERO ACRILICO			7/07/1999	1	182.369,00	182.369,00
ESCRITORIO EN MADERA T/SECRETARIA			19/08/1999	1	126.896,00	126.896,00
HORNO		0 A 270? C	16/11/2000	1	1.397.849,00	1.397.849,00
CUARTEADOR DE GRAN CAPACIDAD COLOR			16/11/2000	1	2.139.100,00	2.139.100,00
CUARTEADOR DE GRAN CAPACIDAD			16/11/2000	1	2.139.100,00	2.139.100,00
BALANZA MECANICA	HEAVY DUTY	20 KG X 1 GR	16/11/2000	1	3.065.662,00	3.065.662,00
COMPRESOR DE AIRE (3 PIES3/MIN - 76 LTS- 100PSI)	SCHULTZ	MSE-2.5ML	1/12/2000	1	1.841.572,00	1.841.572,00
BALANZA ELECTRONICA 12KG	OHAUS	30X30 CM	28/08/2001	1	3.433.990,00	3.433.990,00

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
TAMIZ EN BRONCE C/ MALLA # 200	SERIE FIJA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	113.744,00	113.744,00
TAMIZ EN BRONCE C/ MALLA # 30	SERIE FIJA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	113.744,00	113.744,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA # 16	SERIE FIJA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	113.744,00	113.744,00
TAMIZ EN BRONCE C/ MALLA # 4	SERIE FIJA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	113.744,00	113.744,00
TAMIZ EN BRONCE C/ MALLA # 8	SERIE FIJA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	113.744,00	113.744,00
TAMIZ EN BRONCE C/ MALLA # 50	SERIE FIJA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	113.744,00	113.744,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA # 100	SERIE FIJA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	113.744,00	113.744,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA # 1/4	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA # 1 1/2	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA #2 1/2	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA #2	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA #3/8	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA #1	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA # 3/4	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
TAMIZ EN BRONCE C/MALLA # 1/2	SERIE GRUESA	DIAMETRO 12"	28/08/2001	1	108.328,00	108.328,00
HORNO DE RECIRCULACION DE AIRE FORZADO		L-5B/FN 1.5/MDI	28/08/2001	1	866.622,00	866.622,00
TRIAXIAL SETUP (MASTER - LOADER)		HM 2000	24/04/2002	1	41.900.000,00	41.900.000,00
FLEX PANEL I			24/04/2002	1	0,00	0,00
DIAL INDICADOR DIGITAL	HUMBOLD	BG2110	24/04/2002	1	0,00	0,00
CELDA DE CARGA	TOTALCOM	TS-2K	24/04/2002	1	0,00	0,00
MODULO DE INDICACION DIGITAL		HM-2350	24/04/2002	1	0,00	0,00
ESTABILIZADOR DE 1000W	MAGON		31/07/2002	1	0,00	0,00
TRANSFORMADOR ELECTRICO DE PEDESTAL TIPO RADIAL 112.5 KVA	RYMEL	TRIFASICO	29/11/2004	1	12.600.000,00	12.600.000,00
TARJETA MAIN BOARD P/PENT. IV	ASROCK		7/02/2006	1	170.000,00	170.000,00
BALANZA TOLEDOELECTRONICA DE PRECISION CAP. 3100G	METTLER	MODELO PB3002	23/03/2007	1	4.565.000,00	4.565.000,00
PESA DE CALIBRACION DE 2000G			23/03/2007	1	0,00	0,00
BALANZA ELECTRONICA DE PRECISION	LEXUS	MIX H1100	25/02/2008	1	1.300.000,00	1.300.000,00
FILTRO PARA AGUA A BASE DE OZONO, TIPO DOMESTICO	ALFA OZONO		17/06/2009	1	480.000,00	480.000,00

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
COMPUTADOR	HP COMPAQ		17/08/2010	1	2.387.931,00	2.387.931,00
IMPRESORA MULTIFUNCIONAL INKJET	HP	D110A	31/05/2011	1	275.862,00	275.862,00
PRENSA PARA CBR ANILLO DE 10000 LB CON ANILLO DE CARGA		4450	14/12/2011	1	9.100.000,00	9.100.000,00
BALANZA DE TRIPLE BRAZO 20 KG			14/12/2011	1	3.200.000,00	3.200.000,00
PENETROMETRO UNIVERSAL 1/10 ML	HUMBOLDT	HM-320	14/12/2011	1	8.200.000,00	8.200.000,00
PENETROMETRO DINAMICO DE CONO			14/12/2011	1	8.200.000,00	8.200.000,00
JUEGO DE TAMICES NO200			14/12/2011	1	3.500.000,00	3.500.000,00
SERIE DE TAMICES GRUESA (NO 3 A NO 4)			14/12/2011	1	3.500.000,00	3.500.000,00
TRIPODE CON INDICADOR DIAL PARA CBR			14/12/2011	1	600.000,00	600.000,00
CAZUELA CASAGRANDE			14/12/2011	1	3.200.000,00	3.200.000,00
CENTRIFUGA PARA EXTRACCION DE ASFALTO		HM-806	14/12/2011	1	5.900.000,00	5.900.000,00
MARTILLO DE COMPACTACION CBR			14/12/2011	1	800.000,00	800.000,00
HORNO ELECTRICO A 110 °C		0F-12G	14/12/2011	1	7.900.000,00	7.900.000,00
EQUIPO PARA DENSIDAD DE CAMPO			14/12/2011	1	1.400.000,00	1.400.000,00
MAQUINA PARA CORTE DIRECTO CON CELDA DE CARGA 1500 LB		HM-38R	14/12/2011	1	25.300.000,00	25.300.000,00
PESAS 5 LB. PARA CBR		BRA-64	14/12/2011	1	200.000,00	200.000,00
PESAS 5 LB. PARA CBR		BRA-64	14/12/2011	1	200.000,00	200.000,00
PESAS 5 LB. PARA CBR		BRA-64	14/12/2011	1	200.000,00	200.000,00
PESAS 5 LB. PARA CBR		BRA-64	14/12/2011	1	200.000,00	200.000,00
PESAS 5 LB. PARA CBR		BRA-64	14/12/2011	1	200.000,00	200.000,00
BALANZA ELECTRONICA 1 G CAP. MAX. 420 GR	KERN	EW420-3NM	14/12/2011	1	5.600.000,00	5.600.000,00
ANILLO CAPACIDAD DE CARGA 2000 LB		5506	14/12/2011	1	2.300.000,00	2.300.000,00
MOLDE CBR		BRA-60	14/12/2011	1	550.000,00	550.000,00
MOLDE CBR		BRA-60	14/12/2011	1	550.000,00	550.000,00
MOLDE CBR		BRA-60	14/12/2011	1	550.000,00	550.000,00
MOLDE COMPACTACIÓN DE SUELOS		HMA-116	14/12/2011	1	400.000,00	400.000,00
MOLDE COMPACTACIÓN DE SUELOS			14/12/2011	1	350.000,00	350.000,00
MOLDE COMPACTACIÓN DE SUELOS			14/12/2011	1	350.000,00	350.000,00
MOLDE COMPACTACIÓN DE SUELOS			14/12/2011	1	350.000,00	350.000,00
GEOFONO PARA INVEST	ION	SMT-400	14/12/2011	1	54.300.000,00	54.300.000,00

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
SISMOGRAFO DE CUATRO CANALES	BLASMATE III		14/12/2011	1	29.600.000,00	29.600.000,00
MOLDE Y BANCO DE SOPORTE MARSHALL CAP. 1/3 H. P		H-1336	14/12/2011	1	9.300.000,00	9.300.000,00
MAQUINA DE LOS ANGELES CON ESFERAS		HM-70A	14/12/2011	1	44.300.000,00	44.300.000,00
BALANZA PORTATIL 6000G	KERN		14/12/2011	1	700.000,00	700.000,00
BALANZA PORTATIL 6000G	KERN		14/12/2011	1	700.000,00	700.000,00
BALANZA PORTATIL 6000G	KERN		14/12/2011	1	700.000,00	700.000,00
PROBETA E 100,250,500 Y 1000 ML (10 DE CADA MEDIDA)			14/12/2011	10	1.000.000,00	10.000.000,00
TERMOMETRO DE -50 A 300 GRADOS CENTIGRADOS			14/12/2011	1	190.000,00	190.000,00
TERMOMETRO DE -50 A 300 GRADOS CENTIGRADOS			14/12/2011	1	190.000,00	190.000,00
TERMOMETRO DE -50 A 300 GRADOS CENTIGRADOS			14/12/2011	1	190.000,00	190.000,00
TERMOMETRO DE -50 A 300 GRADOS CENTIGRADOS			14/12/2011	1	190.000,00	190.000,00
TERMOMETRO DE -50 A 300 GRADOS CENTIGRADOS			14/12/2011	1	190.000,00	190.000,00
BALON AFORADO DE 500 ML			14/12/2011	1	111.000,00	111.000,00
BALON AFORADO DE 500 ML			14/12/2011	1	111.000,00	111.000,00
BALON AFORADO DE 500 ML			14/12/2011	1	111.000,00	111.000,00
BALON AFORADO DE 500 ML			14/12/2011	1	111.000,00	111.000,00
BALON AFORADO DE 500 ML			14/12/2011	1	111.000,00	111.000,00
EQUIPO PARA PERFORACION A ROTACION Y PERCUSION			27/02/2012	1	112.000.000,00	112.000.000,00
PENETROMETRO ACME DE LABORATORIO, SEGUN NORMA ASTM 403, SE S			27/08/2012	1	4.500.000,00	4.500.000,00
BARRENO MANUAL DE 4", DIAM ROSCA AW, PINZUAR			27/08/2012	1	118.450,00	118.450,00
BARRENO MANUAL DE 3", DIAM CON ROSCA AW, PINZUAR			27/08/2012	1	232.000,00	232.000,00
SILLA SECRETARIAL GIRATORIA C/ ELEVACION NEUMATICA, TAPIZADA			28/12/2012	1	302.330,50	302.330,50



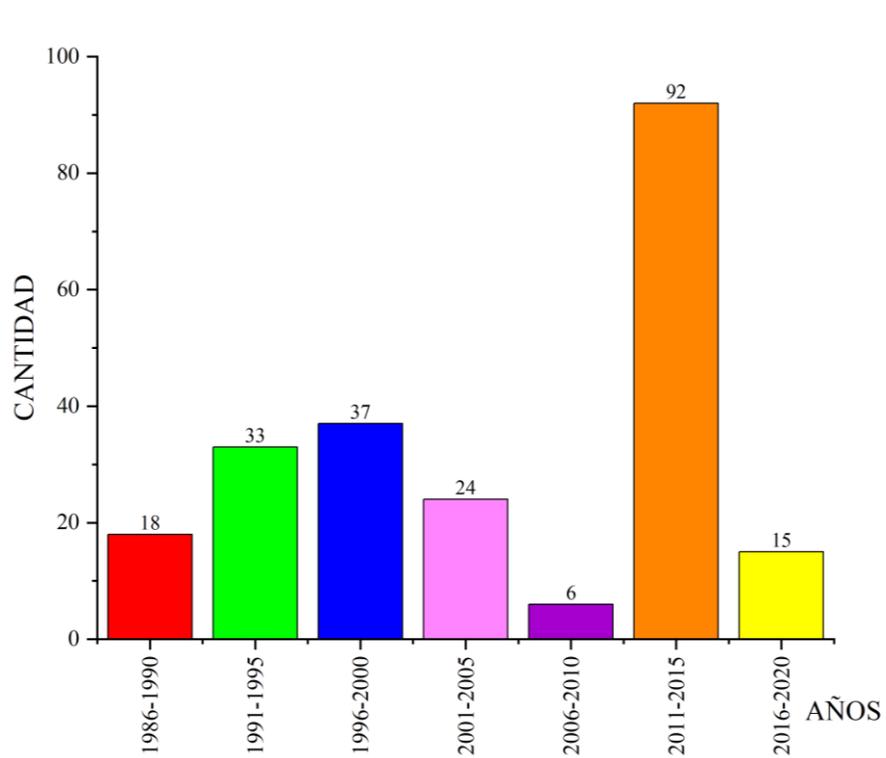
DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
TAMIZ ACERO INOX 8" MALLA 200 (75 UM) ALTURA 2"			5/12/2013	1	309.300,00	309.300,00
TAMIZ ACERO INOX 8" MALLA 200 (75 UM) ALTURA 2"			5/12/2013	1	309.300,00	309.300,00
TAMIZ ACERO INOX 8" MALLA 200 (75 UM) ALTURA 2"			5/12/2013	1	309.300,00	309.300,00
CAZUELA CASAGRANDE MECANISMO DE LEVA, MANIVELA Y MONTAJE CON			5/12/2013	1	1.893.600,00	1.893.600,00
CAZUELA CASAGRANDE MECANISMO DE LEVA, MANIVELA Y MONTAJE CON			5/12/2013	1	1.893.600,00	1.893.600,00
CAZUELA CASAGRANDE MECANISMO DE LEVA, MANIVELA Y MONTAJE CON			5/12/2013	1	1.893.600,00	1.893.600,00
CAZUELA CASAGRANDE MECANISMO DE LEVA, MANIVELA Y MONTAJE CON			5/12/2013	1	1.893.600,00	1.893.600,00
CAZUELA CASAGRANDE MECANISMO DE LEVA, MANIVELA Y MONTAJE CON			5/12/2013	1	1.893.600,00	1.893.600,00
ANILLO DE CARGA CAPACIDAD 6000 LB			5/12/2013	1	5.517.700,00	5.517.700,00
ANILLO DE CARGA CAPACIDAD 10000 LB			5/12/2013	1	5.717.700,00	5.717.700,00
JUEGO DE 12 ESFERAS EN ACERO PARA MAQUINA DE LOS ANGELES		PESAN 5000G	5/12/2013	1	2.051.400,00	2.051.400,00
COMPUTADOR PORTATIL PANTALLA 14"	LENOVO	G40-80	18/06/2015	1	2.750.000,00	2.750.000,00
BATERIA			18/06/2015	1	0,00	0,00
CARGADOR			18/06/2015	1	0,00	0,00
PROCESADOR CORE I5- 5200M			18/06/2015	1	0,00	0,00
RAM DE 8GB			18/06/2015	1	0,00	0,00
D.D. 1TB			18/06/2015	1	0,00	0,00
WINDOWS 8PRO.			18/06/2015	1	0,00	0,00
TABLET GALAXY TAB 4 10.1"	SAMSUN		18/06/2015	1	1.150.000,00	1.150.000,00
SILLA ERGONOMICA ESPALDAR ALTO SECRETARIAL S/B			31/08/2015	1	410.000,00	410.000,00
BALANZA DE PRECISION MS16001LE	METTLER TOLEDO		22/10/2015	1	8.700.000,00	8.700.000,00
BALANZA DE PRECISION ML503.	METTLER		24/11/2015	1	6.500.000,00	6.500.000,00
COMPUTADOR TODO EN UNO CORPORATIVO PANTALLA 20"	HP		30/12/2016	1	3.184.000,00	3.184.000,00

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	FECHA	CANT	COSTO	TOTAL
TECLADO			30/12/2016	1	0,00	0,00
MOUSE			30/12/2016	1	0,00	0,00
PROCESADOR INTEL CORE I5-6500T SEXTA GENERACION			30/12/2016	1	0,00	0,00
RAM DE 4GB			30/12/2016	1	0,00	0,00
D.D. 500GB			30/12/2016	1	0,00	0,00
ESCRITORIO MADERAT/SECRETARIAL C/GAV LATER (TIBU)		1.2X0.7X0.75	25/10/2017	1	800.000,00	800.000,00
ESCRITORIO MADERAT/SECRETARIAL C/GAV LATER (TIBU)		1.2X0.7X0.75	25/10/2017	1	800.000,00	800.000,00
DISPENSADOR DE AGUA A BASE DE OZONO EN ACERO INOXIDABLE			30/11/2017	1	640.000,00	640.000,00
BOMBA AL VACIO	CONTROLS	110V/60HZ	23/03/2018	1	2.052.100,00	2.052.100,00
HORNO ELECTRICO PARA LABORATORIO	HUMBOLDT		23/03/2018	1	4.420.200,00	4.420.200,00
BAÑO TERMOSTATICO DE 29 LITROS			23/03/2018	1	5.920.500,00	5.920.500,00
PICNOMETRO DE VACIO DE 4.5 LITROS	HUMBOLDT		23/03/2018	1	2.334.300,00	2.334.300,00
MESA VIBRATORIA ELECTRICA	HUMBOLDT		23/03/2018	1	3.396.700,00	3.396.700,00
ELEMENTOS DE LAB (CONJUNTO P/ DETERMINAR EL LIMITE LIQUID			23/04/2018	1	1.200.000,00	1.200.000,00
<b>TOTAL</b>						<b>583.038.472,74</b>

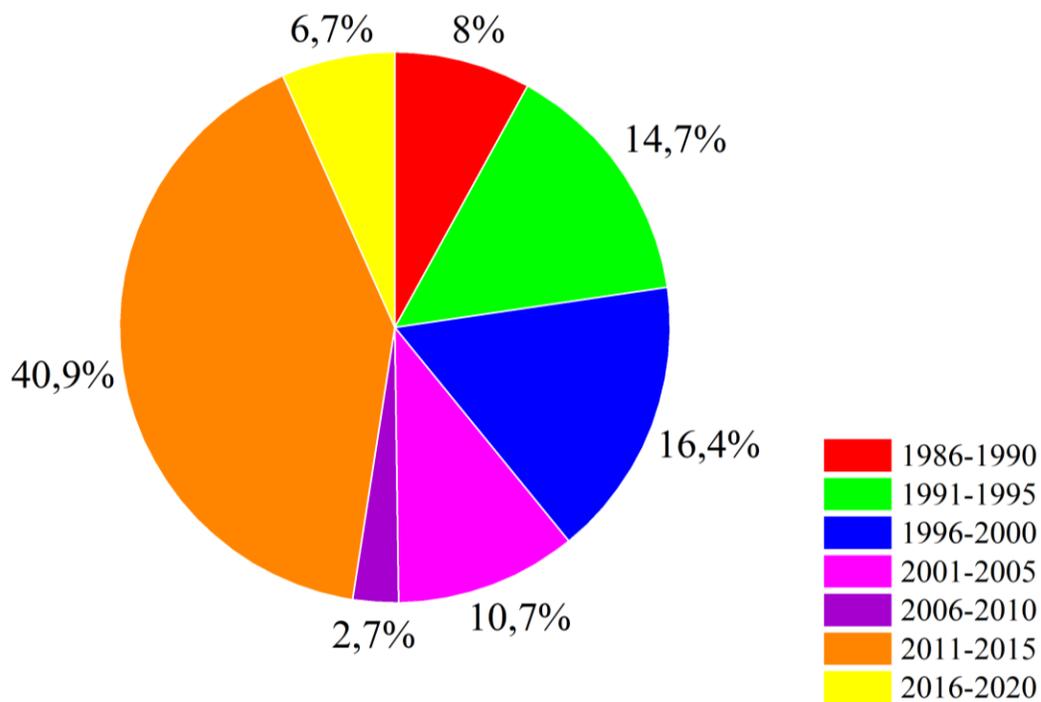
**Tabla 4. Elementos adquiridos por año del laboratorio**

ELEMENTOS DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
AÑO	MES	CANTIDAD	PORCENTAJE
1986	junio	17	7,56
	julio		
1990	noviembre	1	0,44
1991	junio	23	10,22
	julio		
	agosto		
	septiembre		
1992	junio	10	4,44
	julio		
1997	junio	1	0,44

1998	abril	15	6,67
	agosto		
1999	julio	16	7,11
	agosto		
2000	noviembre	5	2,22
	diciembre		
2001	agosto	17	7,56
2002	abril	6	2,67
	junio		
2004	noviembre	1	0,44
2006	febrero	1	0,44
2007	marzo	2	0,89
2008	febrero	1	0,44
2009	junio	1	0,44
2010	agosto	1	0,44
2011	mayo	46	20,44
	diciembre		
2012	febrero	6	2,67
	agosto		
	diciembre		
2013	octubre	29	12,89
	diciembre		
2015	junio	11	4,89
	agosto		
	octubre		
	noviembre		
2016	diciembre	6	2,67
2017	octubre	3	1,33
	noviembre		
2018	marzo	6	2,67
	abril		
<b>TOTAL</b>		<b>225</b>	



**Figura 26. Artículos adquiridos para el laboratorio de geotecnia y pavimentos desde 1986-2018**



**Figura 27. Porcentaje de artículos adquiridos para el laboratorio de Geotecnia y pavimentos desde 1986-2018**

**Tabla 5. Enseres por dependencia Laboratorio de Suelos y Pavimentos**

NSERES PARA EL LABORATORIO	
AÑO	CANT
1986	4
1991	1
1999	2
2002	1
2006	1
2009	1
2010	1
2011	1
2012	2
2013	1
2015	9
2016	6
2017	3
<b>TOTAL=</b>	<b>33</b>

Gracias a la base de datos suministrada (*ver tabla 3*), se evidencia que el primer elemento que encabeza el inventario por dependencia es un horno marca MLW serial 81254 adquirido en el año 1986, así mismo, que el último horno se compró fue en el 2018 siendo este un horno eléctrico para laboratorio marca HUMBOLDT modelo G4-008985, donde son una herramienta importante en la geotecnia pueden ser eléctricos, de gas o de combustión y se utilizan para llevar a cabo una variedad de pruebas, como la determinación de la humedad y el contenido de agua de una muestra de suelo o roca, la densidad y la compactación, y la resistencia a la compresión. Estos hornos están diseñados para proporcionar una temperatura constante y uniforme, lo que es esencial para obtener resultados precisos y reproducibles. La elección del tipo de horno dependerá de las necesidades específicas de la prueba y del material que se esté analizando.

Seguidamente se evidencia el permeámetro de compactación marca soiltest modelo K-610 incompleto, al igual que el equipo de consolidación, equipo para penetración Proctor, la máquina de compresión simple manual, diales, máquina de corte manual llevan 37 años de uso en la realización de ensayos de consolidación, Proctor-Marshall, resistencia a compresión simple, corte directo.

A partir de 1990 herramientas como la balanza para 20 kg marca OHAUS, cazuelas casa grande con ranurador, tamices, mallas, pesa de 5.7 kg, balanzas gramo centro 311 marca OHAUS tienen más de 30 años de estar en uso en el laboratorio, los cuales se han deteriorado al pasar el tiempo, algunos están descalibrados lo que genera el acumularlos y no usarlos. Diales o manómetros con más de 20 años donde son una de las variables más utilizadas actualmente en los diferentes sectores industriales en la medición y control de la presión. Esta medición se puede visualizar de forma análoga o digital para monitoreo de procesos, control de calidad, entre otras

aplicaciones. En la actualidad los manómetros son digitales, para lo cual no requieren de una medición directa como lo puede ser en el caso de las compactadoras o el triaxial, que generalmente los datos se deben registrar manualmente.

Se cuenta con una sola Máquina de los ángeles con esferas modelo HM-70A modelo LA390 desde el 2011. Desde diciembre del año 2011 no se adquieren máquinas de modernas y nuevas tecnologías

A nivel general se pudo observar, interpretar y analizar de la base de datos, que en el 2011 fue el año donde más se compraron insumos, artículos, equipos, herramientas, enseres para el laboratorio de geotecnia y pavimentos. En los años 1991 y 2015 se adquirieron artículos durante 4 meses de cada año, en los periodos 1986, 1992, 1998, 1999, 2000, 2002, 2011, 2013, 2017 y 2018 los artículos se compraron solo en 2 meses de cada uno de ellos. Los años en el que solo se adquirió un artículo durante los 12 meses para el laboratorio de geotecnia y pavimentos fueron: 1990-1997-2004-2006-2008-2009-2010. El mayor porcentaje de artículos adquiridos para el mencionado laboratorio fue en el intervalo del 2011 al 2015 y el menor porcentaje se observó que es durante los periodos del 2006 al 2010 con un 2.7%, (*ver Figura 19 y 20*).

Del total de los 225 elementos que se encuentran adscritos a la dependencia de laboratorio de suelos y pavimentos se pudo concluir que hay 33 enseres como escritorios, sillas, equipos de cómputos, entre otros (*ver tabla 4*). El año donde se obtuvieron el mayor número de enseres fue el 2015 consecutivamente el año 2016.

Por eso la actualización constante de los equipos, herramientas, máquinas y enseres en el laboratorio de suelos y pavimentos es de vital importancia para garantizar la calidad y precisión de los ensayos realizados. La tecnología y la ciencia avanzan a un ritmo acelerado y, por lo tanto, es necesario actualizar el equipo y las herramientas para asegurarse de que se cumplan los estándares actuales de precisión y fiabilidad.

Además, la modernización constante también permite la realización de nuevos ensayos y la adaptación a las últimas técnicas y metodologías, lo que garantiza que el laboratorio se mantenga a la vanguardia de la investigación y el desarrollo en el campo de la mecánica de suelos y pavimentos.

También es importante tener en cuenta que los equipos y herramientas antiguos pueden tener problemas de funcionamiento o presentar fallas, lo que afecta la calidad de los resultados y los informes finales. La inversión en equipos y herramientas actualizados y de alta calidad reduce el porcentaje de errores y mejora la eficiencia y la puntualidad de los ensayos.

En resumen, la actualización constante de los equipos, herramientas, máquinas y enseres del laboratorio de suelos y pavimentos es una inversión necesaria para garantizar la calidad y precisión de los ensayos y asegurarse de que el laboratorio se mantenga a la vanguardia de la investigación y el desarrollo en este campo.

### 4.3 Objetivo específico #2

Desarrollar una propuesta de acondicionamiento físico a la infraestructura del laboratorio junto a una propuesta de dotación y gastos fijos mensuales para su correcto y actualizado funcionamiento.

Para lograrlo, se ha llevado a cabo un análisis detallado in situ del laboratorio, el cual ha servido como base para proponer un procedimiento que se considera el más óptimo para desarrollar la propuesta de acondicionamiento.

Este procedimiento incluye determinar el presupuesto de la obra y los costos de los equipos y herramientas necesarios para realizar los ensayos pertinentes. Para ello, se deben considerar aspectos como el precio y especificación técnica de las máquinas y equipos, y se deben crear formatos de oportunidad y conveniencia que permitan evaluar el cuadrado, equipo, especificación y costo de cada tipo de ensayo.

Además, se deben tener en cuenta los gastos fijos mensuales, que incluyen el pago de los encargados del laboratorio, los gastos de oficina, papelería y otros materiales necesarios para el correcto funcionamiento del laboratorio. Con base en todo lo anterior, se podrá desarrollar una propuesta integral de acondicionamiento y dotación del laboratorio, que permita su óptimo desempeño y actualización en el tiempo.

Tomando como base el análisis detallado de la investigación in situ del laboratorio, y de lo anteriormente explicado, se propone el siguiente procedimiento, el cual se considera el más

óptimo determinado por los autores del presente trabajo para poder desarrollar la propuesta de acondicionamiento presupuesto obra, apus; los ensayos que equipos y herramientas que son necesarias para el provecho optimo.

**4.3.1 Propuesta de acondicionamiento físico.** Según se evidenció en el laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander, se requiere aplicar pasta bajo la placa debido a que se han detectado algunos deterioros en algunas partes de la misma, los cuales han permitido la entrada de humedad y afectado el estado físico de la placa. La pasta permitirá nivelar y sellar estas zonas dañadas, evitando así la entrada de humedad mejorando la estabilidad y durabilidad de la placa.

Asimismo, es importante aplicar pintura bajo toda la placa del laboratorio de suelos y pavimentos pues esto protege la estructura subyacente de la humedad, el polvo y otros factores ambientales que pueden afectar la integridad de la placa. Además, la pintura proporciona un acabado uniforme y atractivo que mejorará la estética del laboratorio y creará un ambiente de trabajo más agradable.

Adicionalmente, se debe realizar el cambio de unas tabletas de gres que están desportilladas por lo que representa un peligro para la seguridad de los usuarios del laboratorio, ya que pueden causar tropiezos o accidentes. Estas acciones pueden ayudar a prevenir daños mayores en la estructura del laboratorio y crear un ambiente de trabajo seguro y agradable para los usuarios.

Es importante asegurarse de que el laboratorio se encuentre con buena ventilación para garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable conforme a la norma, lo que implica contar

con buenos ventiladores y extractores industriales. La ventilación adecuada ayuda a evitar la acumulación de gases tóxicos o peligrosos en el aire, lo que puede afectar la salud de los trabajadores y comprometer la calidad de los resultados del laboratorio. Igualmente es necesario contar con una organización y distribución eficiente de los insumos y materiales del laboratorio, por eso es importante instalar estanterías para poder organizarlos y mantener el espacio de trabajo limpio y ordenado.

Por último, para trabajar en un ambiente más cómodo, es recomendable instalar paneles LED en el laboratorio los cuales proporcionan una iluminación uniforme y de alta calidad que facilita el trabajo con detalles minuciosos y precisos. Además, de que consumen menos energía y tienen una vida útil más larga en comparación con las luces tradicionales, lo que puede resultar en un ahorro significativo en costos a largo plazo. Para más información de las fichas y especificaciones técnicas de los insumos requeridos y planteados (*ver anexo 2*).

**Tabla 6. Propuesta presupuesto mejoramiento del laboratorio de suelos y pavimentos**

CUADRO GENERAL DE PRESUPUESTO					
OBRA: MEJORAMIENTO LABORATORIO SUELOS Y PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER MUNICIPIO SAN JOSE DE CUCUTA.					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL
1	MEJORAMIENTO FISICO				
1,1	Pasta bajo placa	m2	65	\$ 17.488,04	\$ 1.136.722,60
1,2	Pintura bajo placa	m2	182	\$ 9.315,14	\$ 1.695.355,48
1,3	Desmote e instalación tableta en gres	m2	180	\$ 60.545,32	\$ 10.898.157,60
2	VENTILACION				
2,1	Ventiladores	UND	8	\$ 165.800,00	\$ 1.326.400,00
2,2	Extractor industrial pared	UND	2	\$ 4.350.000,00	\$ 8.700.000,00
3	ESTANTERIA				
3,1	Estantería metálica 5 niveles	UND	3	\$ 570.000,00	\$ 1.710.000,00

3,2	Armario papelerero 2 puertas	UND	1	\$ 1.260.000,00	\$ 1.260.000,00
3,3	Contenedores de almacenamiento Setx2 Cajas Herméticas De 75 Litros De 44,1x38,4x70,8 cm	UND	6	\$ 450.000,00	\$ 2.700.000,00
4	ILUMINACION				
4,1	Panel led 85/265V 120 x 30 Cm 50W 6500K	UND	10	\$ 158.000,00	\$ 1.580.000,00
					<b>\$ 31.006.635,68</b>

### *Análisis de Precios Unitarios*

**Tabla 7. APU estuco baja placa.**

ACTIVIDAD	ESTUCO BAJO PLACA PINTUCO				
ITEM	NOMBRE	UND	CANT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	EQUIPO				\$ 777,94
1,1	Andamio certificado	día	0,03	\$ 11.700,00	\$ 292,50
1,2	Herramienta menor	%	0,05	\$ 9.708,84	\$ 485,44
2	MANO DE OBRA				\$ 11.165,17
2,1	Cuadrilla 1x1	día	0,07	\$ 145.632,65	\$ 9.708,84
2,2	AIU contratista MDO	%	0,15	\$ 9.708,84	\$ 1.456,33
3	MATERIAL				\$ 5.544,93
3,1	Lija de agua 120	Kg	0,03	\$ 1.033,00	\$ 34,43
3,2	Texacryl 50	Kg	0,06	\$ 17.442,48	\$ 1.090,16
3,3	Estuco profesional obras	und	2,24	\$ 1.977,78	\$ 4.420,34
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 17.488,04</b>

**Tabla 8. APU pintura bajo placa**

ACTIVIDAD	PINTURA BAJO PLACA PINTUCO				
ITEM	NOMBRE	UND	CANT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	EQUIPO				\$ 949,08
1,1	Andamio certificado	día	0,05	\$ 11.700,00	\$ 585,00
1,2	Herramienta menor	%	0,05	\$ 7.281,63	\$ 364,08
2	MANO DE OBRA				\$ 6.699,10
2,1	Cuadrilla 1x1	día	0,04	\$ 145.632,65	\$ 5.825,31
2,2	AIU contratista MDO	%	0,15	\$ 5.825,31	\$ 873,80

3	MATERIAL				\$ 1.666,96
3,1	Lija de agua 120	und	0,03	\$ 1.033,00	\$ 34,43
3,2	Intervinil pro 200	gal	0,01	\$ 34.873,66	\$ 348,74
3,3	Vinilo tipo 1 constructor	gal	0,02	\$ 60.979,90	\$ 1.283,79
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 9.315,14</b>

**Tabla 9. APU Desmonte e instalación de piso**

ACTIVIDAD	DESMONTE E INSTALACION PISO CERAMICA GRES				
ITEM	NOMBRE	UND	CANT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	MANO DE OBRA				\$ 15.212,96
1,1	Cuadrilla 1x1	día	0,07	\$ 145.632,65	\$ 9.708,84
1,2	AIU contratista TC	%	0,10	\$ 55.041,20	\$ 5.504,12
2	MATERIAL				\$ 45.332,36
2,1	Andiker j-300 gris	Kg	2,2	\$ 789,09	\$ 1.736,00
2,2	Andiker p-200 ceramica	Kg	7,7	\$ 856,80	\$ 6.597,36
2,3	Piso en New Tablón Tradición 30x30 Rojo	m2	1,0	\$ 36.999,00	\$ 36.999,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 60.545,32</b>

**4.3.2 Propuesta de dotación.** Para garantizar una adecuada realización de las prácticas de Mecánica de Suelos y Pavimentos en el Laboratorio, es fundamental el manejo apropiado de los equipos, herramientas e insumos utilizados en los ensayos. La responsabilidad del manejo adecuado de estos recursos recae en los investigadores, estudiantes y practicantes involucrados, y un manejo educado puede prevenir accidentes en el laboratorio y beneficiar a todos. Dado el alto costo de los equipos utilizados en estas prácticas, es crucial su manejo cuidadoso, ya que

cualquier daño, por pequeño que sea, puede afectar gravemente los resultados de las prácticas. Entre los equipos utilizados se encuentran balanzas, basculas, hornos, agitadores, entre otros.

Dentro de los insumos necesarios para el correcto funcionamiento del laboratorio de suelos y pavimentos encontramos elementos de preparación y almacenamiento de muestras, medición, reactivos y sustancias químicas. Elementos de vidrio y cristalería están fabricados especialmente en cristal para soportar las altas temperaturas; dentro de los cuales se encuentran: Probetas, Pipetas, Erlenmeyer, embudos, tubos de ensayo, frascos volumétricos, entre otros. Elementos de Porcelana con características específicas como que son de color blanco, de material refractario y se usan para preparar y almacenar muestras. Entre los cuales se tienen: morteros, pistilos, embudos, filtros, cápsulas y crisoles. Materiales de Plástico elaborados con resina y polímeros tales como poliestireno, policarbonato, polipropileno y polietileno de alta densidad y capacidad para los ensayos que se realicen en el laboratorio; entre ellos, se tienen: gradillas, cubetas, probetas, vasos de precipitado y embudos. Son implementos que se utilizan en algunos ensayos facilitando algunos procesos utilizados en éstos. Se usan con frecuencia durante la preparación de muestras o la ejecución de ensayos. Los más utilizados son: palas, brochas, seguetas, cuchillos, elementos abrasivos, espátulas, rodillos, martillos, limas.

El laboratorio de suelos y pavimentos debe contar con una amplia gama de equipos y herramientas idóneos, tanto básicos como especializados, para poder llevar a cabo adecuadamente sus labores, siguiendo los procedimientos estandarizados establecidos por las normas de ensayo nacionales - NTC, INV - e internacionales - ASTM, EN, AASHTO. La caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos es esencial para los

diferentes estudios, pruebas físicas, mecánicas y dinámicas necesarias para la construcción y mantenimiento de carreteras, puentes, edificios y otras estructuras.

Para lograr una correcta propuesta de dotación se analizaron los diferentes ensayos y equipos

**Tabla 10. Ensayos para Mecánica de suelos**

<b>MECANICA DE SUELOS</b>			
<i>Parámetros de Evaluación</i>	<i>Tipo de Guía/ Ensayo</i>	<i>Norma Técnica o Especificación Utilizada</i>	
		<i>Internacional</i>	<i>Nacional</i>
<i>Ensayos para la clasificación y Caracterización del Suelo</i>	Análisis granulométrico de los Suelos por el Método de Tamizado o Método de las Mallas.	<i>ASTM D 422-63</i>	<i>INV E- 123:1996</i>
	Análisis granulométrico de los suelos por el Método del Hidrómetro o Ensayo de sedimentación	<i>ASTM D 422-63</i>	<i>INV E- 124:1996</i>
	Método de ensayo para la determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de un Suelo (Límites de Atterberg).	<i>ASTM D 423-66 ASTM D 424- 59 ASTM D 4318</i>	<i>NTC 4630- 1999 INV E- 125-1996</i>
	Ensayo para la determinar los factores de contracción. Límite de Contracción.	<i>ASTM D427- 61</i>	<i>NTC 1503- 2001 INV E- 127:1996</i>
<i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas del Suelo</i>	Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de los Suelos.	<i>ASTM D 2216-71</i>	<i>NTC 1495- 1979 INV E- 122</i>
	Peso Unitario	<i>ASTM D 2937-71</i>	<i>INV E- 161:1996</i>
	Densidad de Campo	<i>ASTM D-2922</i>	
	Densidad por el Método de Cono y Arena.	<i>ASTM D 1556-96</i>	<i>INV E-161:1996</i>
	Gravedad Específica de los sólidos del suelo	<i>ASTM D854- 92</i>	

<i>Ensayos para determinar parámetros de Resistencia Mecánica y Deformaciones del Suelo.</i>	Determinación de la Resistencia al Corte (Método de corte directo consolidado drenado)	<i>ASTM D3080- 90</i>	<i>NTC 1917-2000 INV E- 154:1996</i>
	Resistencia a la Compresión Inconfinada de muestras de Suelo.	<i>ASTM 2166-66</i>	<i>NTC 1527- 2000 INV E- 152:1996</i>
	Determinación de las propiedades de Consolidación Unidimensional.	<i>ASTM D 2435-96</i>	<i>NTC 1967- 1984 INV E-161:1996</i>
	Determinación y evaluación las propiedades mecánicas de los materiales geotécnicos (Ensayo Triaxial)	<i>ASTM D 2850</i>	<i>NTC 2282 INV E- 132</i>
<i>Ensayos para determinar Condiciones de Densidad y Compactación del Suelo.</i>	Prueba de Compactación (Proctor Estándar y Modificado)	<i>ASTM D1557-00</i>	<i>INV E- 142:1998 INV E- 141:1998</i>

Fuente: Adaptado de “Propuesta para la implementación del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos al programa de ingeniería civil de la universidad tecnológica de Bolívar” (Archivo PDF). 2007.

**Tabla 11. Ensayos para Pavimentos**

<b>PAVIMENTOS</b>				
<i>Parámetros de Evaluación</i>		<i>Tipo de Guía/ Ensayo</i>	<i>Norma Técnica o Especificación Utilizada</i>	
<i>Alcance</i>	<i>Análisis</i>		<i>Internacional</i>	<i>Nacional</i>
<b>AGREGADOS</b>	<i>Ensayos para la Clasificación y Caracterización de los Agregados</i>	Método para el análisis por tamizado agregados Finos y Gruesos.	<i>ASTM C 136-92</i>	<i>NTC - 77:1994</i>
	<i>Ensayos para Determinar la Limpieza del Agregado</i>	Equivalente de Arena de suelos y agregados finos	<i>ASTM D2419- 79</i>	<i>INV E- 133: 1998</i>
	<i>Ensayos para Determinar la Durabilidad del Agregado</i>	Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos, utilizando la Máquina de los Ángeles.	<i>ASTM C 131</i>	<i>INV E- 218 – 219 NTC -98: 1995</i>
	<i>Ensayos para Determinar la Forma y Angularidad del Agregado</i>	Índice de Aplanamiento y de Alargamiento de los agregados para carreteras	<i>ASTM D4791- 89</i>	<i>INV E- 230:1998</i>

		Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados	ASTM C 131	INV E- 227:1998
SUELOS	Pruebas de Soporte del Suelo en el Laboratorio	Razón soporte de California de suelos compactados en laboratorio (CBR de Laboratorio)	ASTM D1883- 94	INV E- 148:1996 NTC 2122:1985
EVALUACION	Ensayos para la Evaluación del Concreto Rígido	Resistencia a flexión del concreto (Módulo de rotura, MR)	ASTM C 78 ASTM C293	INV E - 415 - 1998
		Determinación de la capacidad del pavimento para drenar el agua y prevenir problemas asociados con la acumulación de agua en la superficie (Ensayo de Permeabilidad)	ASTM D 5084-16	NTC 5655:2016 INV E-249:07
		Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.	ASTM C39-86	NTC 674: 1993 ICONTEC 550 Y 673
<b>DISEÑO DE MEZCLA PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO</b>				
<i>Parámetros de Evaluación</i>		<i>Tipo de Guía/ Ensayo</i>	<i>Norma Técnica o Especificación Utilizada</i>	
Análisis	Alcance		Internacional	Nacional
Diseño de Mezcla para Pavimentos	HORMIGÓN	Diseño de mezcla para concreto hidráulico elaborado en el laboratorio	A.C.I. - 211 (American Concret Institute)	NTC- 147 (Evaluación de Agregados)
	ASFALTO	Diseño de Mezcla para Concreto Asfáltico elaborado en el Laboratorio, empleando el aparato Marshall.	ASTM D 1559-82	INV E -748- 1998

Fuente: Adaptado de “Propuesta para la implementación del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos al programa de ingeniería civil de la universidad tecnológica de Bolívar” (Archivo PDF). 2007.

Entre los equipos generales y básicos esenciales para el laboratorio se encuentran los hornos y balanzas de diferentes capacidades, sensibilidades y precisiones, así como bombas de vacío, baños de maría, prensas de carga, transductores de fuerza y desplazamiento, entre otros. Además, contar con equipos básicos para la caracterización física de suelos y rocas, incluyendo análisis granulométrico, densidad, pesos unitarios, características de plasticidad, desgaste en la máquina de los Ángeles y de ligantes asfálticos, tales como el penetrómetro, ductilímetro, punto de ablandamiento, viscosímetros, punto de llama y peso específico, es fundamental para llevar a cabo la caracterización de los suelos.

Asimismo, es importante contar con equipos especializados para la caracterización y evaluación de propiedades mecánicas, dinámicas e hidráulicas de suelos, materiales pétreos, rocas, mezclas asfálticas, estabilización de suelos, tales como triaxiales - estáticos y dinámicos, consolidómetros, corte directo, módulos resilientes en suelos, materiales granulares y mezclas asfálticas, fatiga, estabilidad y flujo de mezclas asfálticas, permeámetros de cabeza constante y de cabeza variable, extracción y recuperación de asfaltos y caracterización de emulsiones asfálticas (Escuela de Ingeniería Julio Garavito, 2019). Todo esto es necesario para obtener la información necesaria para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras seguras y duraderas.

Igualmente, las computadoras y el software especializado son necesarios y fundamentales para la adquisición y análisis de datos, así como para la documentación y el informe de los resultados de los ensayos.

En síntesis, para lograr un provecho óptimo del laboratorio de suelos y pavimentos es necesario contar con una amplia variedad de equipos y herramientas, así como con los elementos e insumos necesarios para su correcto funcionamiento. La inversión en el adecuado equipamiento y el mantenimiento adecuado de los mismos es fundamental para garantizar la calidad y precisión de los ensayos y pruebas realizados en el laboratorio.

Para ello se crea la siguiente propuesta de dotación de los equipos, herramientas, maquinas e insumos necesarios para el laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Dentro de la presente propuesta de plan de inversión del plan de estudios, solamente se tuvo en cuenta uno de los laboratorios, debido a que estos laboratorios no son dependencia directa del Plan de Estudios de Ingeniería Civil, sino de la División de Recursos Académicos, por lo tanto, se analizaron los demás laboratorios, y se evaluó según el nivel de importancia, desde el punto de vista académico, de las condiciones del sitio y el grado de exigencia en cuanto a prestación de servicios de investigación y extensión.

Por lo tanto, el resultado de dicha evaluación arrojó los siguientes resultados, los cuales se pueden condensar de la siguiente manera:

✓ El laboratorio de geotecnia y pavimentos, es un laboratorio que no solamente presta sus servicios a la comunidad universitaria de ingeniería civil, sino de otras ingenierías y demás programas de pregrado, por lo tanto, una propuesta de dotación, beneficiaría a muchos miembros de la comunidad universitaria.

✓ El laboratorio de geotecnia y pavimentos, es un laboratorio que desarrolla muchos servicios de extensión a la comunidad en general, por lo tanto, una propuesta de dotación, que tenga dentro nuevos equipos, permitirá la oferta de servicios más sofisticados, lo que repercutirá directamente en los ingresos recibidos por la universidad.

✓ El laboratorio de geotecnia y pavimentos, mejorado y con una dotación nueva, permitirá el desarrollo de investigaciones más sofisticadas que permitan aumentar los índices de productividad intelectual de la universidad, colaborando de esta forma en la acreditación de alta calidad del programa de ingeniería civil y de los demás programas de la universidad, incluyendo pregrado y posgrado.

De tal manera, que, para esta propuesta, solo se desarrolló un presupuesto con los equipos que son necesarios para que se puedan cumplir de la mejor manera, todo lo mencionado anteriormente, al igual se incluyó la cotización suministrada por la empresa Quimicompany Equipos e insumos para laboratorio (*ver anexo 1*).

**Tabla 12. Presupuesto propuesta de dotación**

EQUIPO	MODELO	DESCRIPCION	COSTO
Equipo para compresión simple	TBTCTM-2000KN	Está por la carga de adición hidráulica, la máquina de prueba se diseña para probar la fuerza compresiva de los materiales de construcción tales como ladrillo, mortero del cemento y concreto; Electrohidráulico se acciona y la presión aplicada en el espécimen se puede exhibir directo; El valor máximo de la fuerza puede ser mantenido y los datos medidos pueden ser ahorrados cuando la energía está apagada;	\$ 10.668.416,00

EQUIPO	MODELO	DESCRIPCION	COSTO
Máquina Automática para ensayos a compresión. capacidad 5KN	Nacional	Fabricado según las normas ASTM D2166, INV E152 para ensayos a compresión uc en muestras de suelos. Con capacidad de 5 kn, luz vertical libre de 17.7" (450 mm) / luz horizontal libre de 8" (200 mm). incluye display gráfico de 6 x 1 líneas con teclado de membrana, celda de carga de 5 kn, comparador de carátula con recorrido de 1" x 0.001" (25.4 x 0.025 mm), soporte de montaje, juego de platos y elementos de montaje, operable a 110v/60hz o mediante batería recargable.	\$ 13.733.017,00
Juego de 6 tamices apilables de malla surtida, 12 pulgadas, plástico, incluye #5, 10, 60 y #230 Plus	Eisco	Diferentes agujeros: cada colador tiene agujeros de diferentes tamaños que son útiles cuando experimentas con diferentes tamaños de partículas y materiales. Incluye #5, #10, #60 y #230	\$ 5.271.167,36
Tamizadora Eléctrica Digital	importado	Elaborada para separar muestras de agregado por medio del uso de tamices con diferente no. de malla especificaciones técnicas: capacidad de seis tamices, diámetro de 8" (203.2 mm), altura de 2" (50.8 mm), incluye temporizador mecánico de 0 a 15 min. operable a 110v/60hz.	\$ 17.837.446,00
Máquina de prueba Universal de resistencia a la tracción	WDW-300D Universal electrónico Servo Motor	Es aplicable para una amplia gama de materiales para pruebas de tensión, compresión, flexión, corte y ciclo bajo. Adecuado para pruebas de metal, caucho, plástico, muelles, textiles y componentes. Es ampliamente utilizado en las industrias correspondientes, investigación y desarrollo, institutos de pruebas y centros de formación, etc.	\$ 56.671.929,18
Balanza electrónica digital precisión 5kg x 0.1g	AMERICAN GENERIC - PLU: 100608327	Alta precisión: la balanza tiene un sensor de alta sensibilidad incorporado. Mano de obra fina, cuenta con un nivel incorporado, patas niveladoras ajustables. Precisión de lectura: 0.1g.	\$ 1.204.900,00

EQUIPO	MODELO	DESCRIPCION	COSTO
CY 224 Balanza Analítica 220G	ACZET	Pantalla LCD retroiluminada por led de alto contraste solo se requiere un cable para transferir los datos de la balanza a ms Excel u otra aplicación de Windows a través de la interfaz RS232C. gran cámara de protección contra corrientes de aire la carcasa de metal elimina los efectos de las tormentas eléctricas o la interferencia electromagnética de otros equipos. Especificaciones técnicas: capacidad 220g, calibración externa, legibilidad 0,1 mg, repetibilidad (desv estándar) 0,1 mg, linealidad (+/-) 0,2 miligramos, tamaño de la bandeja (mm/pulgada) 90 ø, tiempo de respuesta 2 a 3 seg.	\$ 6.188.000,00
Balanza de Precisión 520G X 0,001G	AXIS	Display LCD, dígitos de 14mm de altura. Alta precisión de pesaje. Tamaño compacto. Excelente legibilidad de indicación. Puerto de comunicación RS232C. Calibración externa. Funciones: conteo de piezas, porcentaje, sumatoria, selección unidad, peso máximo, mínimo, pesaje de animales, densidad, entre otros. Unidades: mg, g, kg, ct, lb, oz, ozt, gr, dwt. Especificaciones técnicas: capacidad: 520g, división: 0,001g, escala de verificación: 0,01 g, clase: II, repetibilidad: 0,001g, linealidad: ±0,002g, temperatura de trabajo: 10°C ~ 40°C, tiempo de estabilización: < 3s, medidas plato: ø 115mm, dimensiones	\$ 5.453.966,00
Destilador De Agua Modelo Ws 4000 De 4 Lt/Hora Boe 8703601 Boeco Análisis De Aguas Laboratorios	boe 8703601	Destilador de agua en acero inoxidable con interruptor termostático de bajo nivel de agua y un interruptor de nivel que activa el calentador si hay suficiente nivel de agua en la caldera.	\$ 11.033.056,00
Balanza Analítica ME204T - 220 gr. 0,1 mg; calibración interna. Mettler Toledo	PN:30216542	Estas balanzas versátiles y sólidas son compatibles con sus tareas diarias gracias a un manejo intuitivo con las que se obtienen resultados rápidos. Son fáciles de limpiar, poseen nivelación en las patas delanteras y disponen de ajuste interno con tan solo pulsar una tecla.	\$ 27.813.013,00
Tamizadoras GILSON	SS-15	Industria alimentaria; industria química; metales; laboratorio; minería y metalurgia Industria farmacéutica; industria metalúrgica abrasiva; industria cerámica, etc.	\$ 25.405.419,00

EQUIPO	MODELO	DESCRIPCION	COSTO
Prueba de compresión triaxial Undrained no consolidados	IWIN-ATTM	Totalmente automático, Sistema de pruebas de aparatos triaxiales modelo es la adopción de la tecnología más avanzada. Está integrada la tecnología de la mecánica, electrónica, control completamente automatizado y el sensor de comprobación automática. El rango de carga Triaxial trama ha sido diseñado para ser utilizado como parte del sistema triaxial controlado por ordenador con el estrés camino Triaxial Testing System (V3.11) o como una unidad independiente. Constan de triaxial de bastidor de carga y presión avanzado controlador de volumen (APVC). Ambos se construyen con la pantalla gráfica LCD y teclado del panel.	\$ 121.232.000,00
Equipo Manual De Recolección De Muestra De Suelo Tierra	J9110523	Muestreo de suelos en aspectos como fertilidad, clasificación, física, mineralogía, determinación de micro y macroorganismos, mecánica, etc.	\$ 759.095,00
Consolidometro	IWIN-SCTM	Aparato de prueba de consolidación de suelo triple de laboratorio Diseñado para proporcionar resultados confiables de una unidad que es compacta sin sacrificar la precisión y la repetibilidad. Viene con una relación de haz triple y un diseño compacto que garantiza el ahorro de espacio. Se utiliza en la prueba de compresión del suelo para detectar la relación entre la presión del suelo y la deformación, calcular la unidad de deposición, el índice de compresión, el índice de resiliencia y el coeficiente de consolidación del suelo, etc.	\$ 5.390.000,00

EQUIPO	MODELO	DESCRIPCION	COSTO
Consolidómetro Electrónico	Importado	Determinar la relación y magnitud de consolidación en suelos sometidos a incrementos controlados de esfuerzo vertical posee unidad de memoria USB de almacenamiento ilimitado, opción de control desde pc a través de puerto LAN/USB, requiere pc y accesorios según tamaño para su correcto funcionamiento, plantilla ms Excel de geo análisis diseñada según la norma ASTM D2435 para el ensayo de consolidación en suelos, código de activación de software soilmaster, diseñado según las normas ASTM D2435, D3877, D4546 para controlar las etapas de consolidación, con control remoto del sistema desde pc, funciones principales de calibración, gráfica de lecturas y almacenamiento de datos de ensayo. Incluye placa de carga, dos discos porosos y anillo de sujeción.	\$ 83.295.228,00
Proctor	C022	Se utilizan para determinar el contenido de humedad y la densidad seca del suelo. Estos realizan pruebas de compactación pesadas y ligeras utilizando varios tipos de moldes de compactación. Además, estos están provistos de una pantalla digital que ayuda a ver y programar el número de golpes.	\$ 9.800.000,00
Molde Compactador Metálico	Nacional	Para compactar muestras en el ensayo CBR. Con diámetro de 6" (152.4 mm), altura de 7" (177.8 mm), incluye collar removible y base perforada.	\$ 781.652,00
Granulometría	YS-350	Equipo de análisis de tamiz vibratorio de prueba estándar en laboratorio para precio de granulometría	\$ 2.940.000,00
Compactador multifuncional eléctrico automático del suelo para la prueba de CBR	EDC-1	Es adecuado para la construcción de ingeniería de cimientos, como represas de conservación de agua, tráfico, ferrocarriles, aeropuertos y edificios, etc. Con el método de compactación estándar para determinar la relación entre la densidad y la proporción de agua, luego confirme la densidad seca y el contenido de humedad del suelo.	\$ 4.800.000,00

EQUIPO	MODELO	DESCRIPCION	COSTO
Máquina de Penetración de agua	GW-012	Coloque las bolas de acero inoxidable en la muestra y mida la penetración del agua en la muestra flexionando la acción. Siempre que el agua penetre dentro de la muestra (o el tiempo preestablecido o los números que se alcanzan), el probador se detendrá automáticamente y mostrará el tiempo o los números de la presión	\$ 10.780.000,00
Horno de secado al vacío	DZF6012	El horno de secado al vacío DZF6010 (400 W) está especialmente diseñado para secar sustancias sensibles al calor, que se descomponen fácilmente y se oxidan fácilmente, y se puede llenar con gas inerte, especialmente algunos elementos con componentes complejos que se pueden secar rápidamente. La sala de trabajo está hecha de acero inoxidable y la forma es cuadrada y horizontal, lo que amplía el espacio de uso que la sala de trabajo redonda.	\$ 1.800.000,00
Gato hidráulico	YHA5	“El gato” es una herramienta empleada por elevación de cargas. Esta, puede ser empleada de forma mecánica o hidráulica con el fin de proporcionar una elevación de pesos pequeños y/o grandes tales como automóviles. Dicha herramienta está conformada por dos recipientes cilíndricos que unen la base inferior.	\$ 48.000.000,00
Compresor de aire	OPA-30F	Es una máquina que ha sido diseñada para recoger el aire de su entorno exterior para luego comprimirlo y expulsarlo con mayor potencia. El aire comprimido es liberado a través de alta presión, por lo que su energía se puede usar para darle asistencia a otras herramientas neumáticas, limpiar superficies o inflar.	\$ 8.900.000,00
Gabinete	JC-24	Gabinete de carrete de manguera contra incendios de doble puerta de acero medio con gabinete de extintor gabinete de fuego	\$ 380.000,00

EQUIPO	MODELO	DESCRIPCION	COSTO
Máquina de corte directo	TBT-ZJ	La prueba de la determinación de consolidada drenada fuerza de corte de una tierra o arena material en corte directo La Automática directa/Residual de corte de máquina de prueba es suministrado con carga de suspensión transporte de la Asamblea y una integral de las 9:1 a las 10:1 y las 11:1 la palanca de carga dispositivo ¡El aparato es también motorizado y montados en el piso! El rayo dispositivo de carga que se utiliza para fortalecer la carga vertical en el corte de la Asamblea para 50 kg de peso	\$ 7.271.010,00
<b>TOTAL, INVERSIÓN</b>			\$ 487.409.314,54

**4.3.3 Propuesta de gastos fijos mensuales.** El personal que trabaja en el laboratorio de suelos y pavimentos es de vital importancia ya que su trabajo es fundamental para garantizar la calidad de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio. Este personal debe tener una formación adecuada y experiencia en el manejo de los equipos y las técnicas de ensayo para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados. También se extiende a la gestión adecuada del laboratorio, incluyendo la organización y mantenimiento de los equipos y materiales, el seguimiento y cumplimiento de las normas de seguridad y salud ocupacional, y la gestión de los registros y documentación de los ensayos realizados.

La propuesta de contratar a un jefe de laboratorio, un auxiliar y servicios generales en el laboratorio de suelos y pavimentos es una medida muy importante para mejorar el rendimiento y la eficiencia del laboratorio.

El jefe de laboratorio es una figura clave en el funcionamiento del laboratorio, ya que es responsable de la planificación, organización y supervisión de las actividades diarias. Además,

debe asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad y calidad en el laboratorio, así como la correcta calibración y mantenimiento de los equipos y herramientas.

Por su parte, el auxiliar de laboratorio sería el encargado de apoyar al jefe de laboratorio en las tareas diarias, como la preparación de muestras, la realización de ensayos y la limpieza y mantenimiento de los equipos, entre otras.

En cuanto a los servicios generales, su labor es fundamental para garantizar la limpieza y el mantenimiento del laboratorio, lo cual es crucial para mantener la integridad de los ensayos y la seguridad de los trabajadores.

El mantenimiento regular y preventivo de equipos, instrumentos y herramientas es fundamental para garantizar el correcto trabajo y precisión de los resultados en un laboratorio de suelos y pavimentos. Por lo tanto, asignar un presupuesto fijo mensual para el mantenimiento es importante para asegurar que se realicen las reparaciones necesarias de manera oportuna, así como para prevenir el desgaste excesivo o la obsolescencia de los equipos y herramientas.

Contar con un presupuesto asignado para el mantenimiento permite planificar y programar los trabajos de mantenimiento con anticipación, lo que ayuda a minimizar los tiempos de inactividad en el laboratorio y a garantizar que el equipo esté siempre en óptimas condiciones para su uso. Asimismo, al tener un gasto fijo mensual se puede controlar y monitorear el uso y el desgaste de los equipos de manera más efectiva y realizar un seguimiento del gasto en el mantenimiento a lo largo del tiempo, lo que facilita la toma de decisiones en cuanto a la adquisición o la sustitución de equipos y herramientas en el futuro.

**Tabla 13. Propuesta gastos**

ITEM	PRESUPUESTO	CANT	VALOR MES	VALOR AÑO
1	GASTOS PERSONAL DE PLANTA			
1,1	Jefe de laboratorio	1		
1,2	Auxiliar de laboratorio	3	\$ 1.350.000,00	\$ 48.600.000,00
1,3	Servicios Generales	1	\$ 1.100.000,00	\$ 13.200.000,00
2	GASTOS INDIRECTOS			
2,1	mantenimiento el 3% del valor de los equipos del laboratorio	cada semestre	\$ 14.622.279,45	\$ 29.244.558,90
			TOTAL=	\$ 91.044.558,90

#### 4.4 Objetivo específico #3

**Proponer una amplificación en el portafolio de servicios académicos y de extensión que mejoren las condiciones de enseñanza y prestación de servicios a la comunidad en general.**

Busca proponer una ampliación del portafolio de servicios académicos, investigación y de extensión del laboratorio de suelos y pavimentos con el fin de mejorar las condiciones de enseñanza y prestar servicios a la comunidad en general. Para ello, se requiere la identificación de las necesidades de los usuarios y la definición de servicios que puedan satisfacerlas.

En cuanto a los servicios académicos, se propone la creación de cursos de capacitación en temas relacionados con la caracterización de suelos y pavimentos, la evaluación de su calidad y la identificación de problemas y soluciones. Estos cursos podrían estar dirigidos a estudiantes de

pregrado y posgrado de ingeniería civil, arquitectura y disciplinas afines, así como a profesionales y técnicos interesados en el tema. Además, se podría ofrecer la posibilidad de certificación y acreditación de estos cursos por entidades reconocidas en el sector.

En cuanto a los servicios de extensión, se propone la realización de ensayos y pruebas a proyectos de la comunidad, especialmente aquellos relacionados con la construcción de infraestructura vial y de transporte. Se busca así mejorar la calidad de las construcciones, disminuir los riesgos y garantizar la seguridad de los usuarios. Se podrían establecer convenios con entidades gubernamentales, municipales y privadas, con el fin de ofrecer servicios a precios competitivos y de alta calidad.

Además, se podrían desarrollar investigaciones aplicadas que permitan la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones en temas de suelos y pavimentos, así como el fortalecimiento de alianzas con otras instituciones del sector y la generación de publicaciones y eventos académicos.

**4.4.1 Propuesta portafolio de servicios académicos.** Las clases de laboratorio en los cursos de geotecnia y pavimentos son una parte fundamental de la educación en ingeniería civil. Estas clases proporcionan a los estudiantes la oportunidad de aprender de manera práctica y experimentar con los conceptos teóricos y las técnicas de prueba que se enseñan en el aula.

Les proporciona experiencia práctica a los estudiantes experimentar con los conceptos teóricos y técnicas de prueba que se enseñan en el aula, ya que se realizan pruebas en muestras de suelo, asfalto y otros materiales para comprender mejor las propiedades y comportamientos de

estos materiales. Optimizan la comprensión de los conceptos teóricos al aplicarlos en el laboratorio y ver los resultados de primera mano, lo que les ayuda a visualizar y comprender mejor los principios detrás de los métodos de prueba y los diseños de pavimentos y geotecnia. También les ayuda y promueve a desarrollar habilidades importantes de resolución de problemas que serán útiles en su carrera como ingenieros civiles.

Para esto es necesario con fines educativos donde se fomentan actividades de investigación y desarrollo que constituyen las herramientas básicas para los estudiantes del programa, a partir de su interacción con ensayos y pruebas que amplían y facilitan la comprensión y entendimiento del estudiante por parte de los docentes.

Las asignaturas de geotecnia y pavimentos con un número reducido de estudiantes proporcionan una atención individualizada, fomenta una mayor interacción y permite más oportunidades para la práctica en laboratorio, lo que enriquece la experiencia de aprendizaje y aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes. Además, permite una mayor flexibilidad en la enseñanza, lo que puede aumentar la eficacia de la misma. Por lo tanto, se comparten la siguiente propuesta de portafolio de Clases, horario, cantidad de grupos, y docentes.

**Tabla 14. Propuesta cursos por asignaturas, cantidad de alumnos y profesores**

CURSOS				CANTIDAD DE ALUMNOS	PROFESOR
PAVIMENTOS	GEOTECNIA I	GEOTECNIA II	GEOTECNIA III		
A	A	A	A	22	1
B	B	B	B	22	2
C	C	C	C	22	1

CURSOS				CANTIDAD DE ALUMNOS	PROFESOR
PAVIMENTOS	GEOTECNIA I	GEOTECNIA II	GEOTECNIA III		
D	D	D	D	22	2
E				22	3
F				22	4
G				22	3
H				22	4

**Tabla 15. Propuesta horarios asignaturas de geotecnia**

GRUPO	HORARIOS		
	ASIGNATURA		
	GEOTECNIA I	GEOTECNIA II	GEOTECNIA III
<b>A</b>	Martes 8:00-11:00	Lunes 9:00-12:00	Lunes 7:00-9:00
<b>B</b>	Martes 7:00-9:00 jueves 7:00-8:00	Miércoles 14:00-15:00 jueves 7:00-9:00	Martes 14:00-16:00
<b>C</b>	Miércoles 8:00-10:00 viernes 14:00-15:00	Miércoles 6:00-9:00	Miércoles 8:00-10:00
<b>D</b>	Jueves 15:00-17:00 viernes 9:00-10:00	Martes 16:00-18:00 viernes 8:00-9:00	Miércoles 10:00-12:00

**Tabla 16. Propuesta horarios asignatura de pavimentos**

PAVIMENTOS	
GRUPO	HORARIO
<b>A</b>	Lunes 10:00-13:00
<b>B</b>	Martes 15:00-17:00 miércoles 9:00-10:00
<b>C</b>	Miércoles 14:00-15:00 jueves 8:00-10:00
<b>D</b>	Miércoles 6:00-9:00
<b>E</b>	Martes 16:00-18:00 viernes 8:00-9:00
<b>F</b>	Viernes 6:00-8:00 14:00-15:00
<b>G</b>	Lunes 15:00-18:00G
<b>H</b>	Martes 8:00-11:00

**4.4.2 Portafolio de servicios a la comunidad de investigación y extensión.** El laboratorio de suelos y pavimentos con el recurso de equipos y espacio propicia entonces el desarrollo de investigaciones, el incluir una variedad de actividades y servicios que promueve la difusión del

conocimiento en el área de la ingeniería civil y afines. Estos servicios pueden ser ofrecidos a la comunidad académica, investigadores, empresas y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, así como al público en general. Debe tener como objetivo ser soporte y complemento de los cursos teóricos del área de geotecnia y pavimentos, contribuyendo en el desarrollo de los trabajos dirigidos y trabajos de grado, de los estudiantes de pregrado y posgrado, que así lo requieran.

El laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander ofrece una variedad de servicios de investigación y extensión en el área de la ingeniería civil y geotécnica. Algunos de estos servicios incluyen:

- ✓ Realización de ensayos de determinación física del suelo y agregados pétreos, como peso unitario, gravedad específica, granulometría, hidrometría, densidad y absorción, equivalente de arena, valor de azul de metileno, contenido de materia orgánica, límite de Atterberg, entre otros.

- ✓ Realización de ensayos especializados, tales como corte directo, triaxiales monotónicos y dinámicos, módulo resiliente, fatiga, deformación plástica, estabilidad y flujo.

- ✓ Servicios de laboratorio para empresas, entidades públicas y privadas, y público en general.

- ✓ Recursos humanos y estructuras disponibles para ensayos de trabajos dirigidos de pregrado y trabajos de grado de especializaciones y maestrías, así como para proyectos de convocatorias de investigación.

✓ Contribución al desarrollo de trabajos de estudiantes de pregrado y posgrado que necesiten asistencia.

Estos servicios están diseñados para ayudar a la comunidad en general a mejorar la calidad de la investigación y el desarrollo en el área de la ingeniería civil y geotécnica, y para proporcionar apoyo técnico y científico a los sectores públicos y privados que lo necesiten.

En comparación con los laboratorios de las universidades más importantes e influyentes del País, como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de los Andes y la Universidad de Antioquia, el laboratorio de la UFPS de Cúcuta tiene una oferta de servicios más limitada, enfocada principalmente en el área de geotecnia y pavimentos. Sin embargo, esto no significa que los servicios sean de menor calidad, ya que el laboratorio cuenta con personal calificado y equipos para la realización de los ensayos.

La Universidad Nacional de Colombia cuenta con uno de los laboratorios de suelos y pavimentos más grandes y modernos del país. Allí se realizan ensayos de caracterización de suelos, mecánica de suelos y pavimentos, dinámica de suelos, geotecnia ambiental, geotécnica estructural y materiales de construcción (Unimedios-Universidad Nacional, 2022). La Universidad de los Andes también cuenta con un laboratorio de suelos y pavimentos que ofrece servicios de investigación y extensión en áreas como caracterización de suelos, ingeniería geotécnica, pavimentos y materiales de construcción (Universidad de los Andes, 2023). Asimismo, la Pontificia Universidad Javeriana cuenta con un laboratorio de suelos y pavimentos que presta servicios en áreas como ensayos de laboratorio de suelos, materiales de construcción y

pavimentos, así como estudios de mecánica de suelos, diseño de cimentaciones y estudios geotécnicos.

La menor disponibilidad de recursos financieros y tecnológicos en comparación con otros laboratorios más grandes y prestigiosos limita la capacidad del laboratorio para ofrecer servicios de investigación y extensión de alta calidad y avanzados, lo cual hace que tenga menos recursos en términos de personal, equipos y financiamiento en comparación con los antes mencionados, esto restringe la cabida del laboratorio para llevar a cabo proyectos más grandes o complejos.

Si bien el laboratorio de suelos y pavimentos puede estar bien equipado para llevar a cabo investigaciones específicas en su campo, es posible que tenga limitaciones para realizar investigaciones interdisciplinarias que aborden problemas complejos que involucren múltiples disciplinas. Las universidades más grandes y prestigiosas a menudo tienen una amplia gama de disciplinas representadas en sus laboratorios y departamentos, lo que les permite abordar problemas de manera más holística. Menor capacidad para ofrecer servicios de consultoría que los laboratorios de las universidades más grandes para ofrecer servicios de consultoría a empresas y organizaciones externas. Esto limita su capacidad para generar ingresos y aumentar su perfil.

Es importante tener en cuenta que estas desventajas pueden no ser exclusivas del laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander y pueden aplicarse a muchos laboratorios y departamentos en universidades de diferentes tamaños y perfiles.

En desarrollo de investigación el servicio de proporcionar su recurso humano calificado e infraestructura para la realización de los ensayos requeridos en trabajos dirigidos de pregrado y trabajos de grado de especializaciones y maestría, así como en los proyectos de las convocatorias de investigación. Entre los servicios de investigación que el laboratorio de suelos y pavimentos puede ofrecer se encuentran la realización de estudios y evaluaciones de suelos y pavimentos, la caracterización de materiales y mezclas asfálticas, la identificación y diagnóstico de problemas en estructuras y pavimentos, la evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de los materiales de construcción, entre otros.

En cuanto a los servicios de extensión, el laboratorio puede ofrecer capacitaciones, talleres y cursos especializados para la formación y actualización de conocimientos en el área de la ingeniería civil. También participar en programas de divulgación y promoción del conocimiento en la comunidad, como charlas, exposiciones y demostraciones de los procesos de ensayo. Así como prestar servicios, de alta calidad técnica y científica, en la realización de ensayos de laboratorio para la industria, las empresas y entidades públicas y privadas y para el público en general. Ofertando ensayos de caracterización física del suelo y agregados pétreos como peso unitario, gravedad específica, granulometría, hidrometría, densidad y absorción, equivalente de arena, límite de Atterberg, entre otros. De igual forma, se pueden realizar ensayos más especializados como corte directo, triaxiales monotónicos en condiciones UU, CU y CD, triaxiales dinámicos, módulo resiliente, fatiga, deformación plástica, estabilidad y flujo (Escuela de Ingeniería Julio Garavito, 2019).

Además, el laboratorio de suelos y pavimentos puede brindar servicios de consultoría y asesoría a empresas, organizaciones y personas naturales que requieran de sus conocimientos y experiencia en el área de su especialidad.

Es importante destacar que el portafolio de servicios de un laboratorio de suelos y pavimentos varía según su especialidad y enfoque de trabajo, y es fundamental estar siempre actualizado y en constante búsqueda de nuevos servicios y tecnologías que puedan ser de interés para la comunidad.

#### ***Parámetros básicos para cualquier procedimiento***

✓ En primer lugar, se debe obtener la muestra necesaria para realizar el ensayo correspondiente. Esto se hace una vez que el cliente solicita el servicio y se genera una orden de trabajo.

✓ Luego, se realiza el ensayo en la muestra, ya sea internamente o en el terreno, y se obtienen los resultados.

✓ Utilizando los resultados obtenidos y la plataforma correspondiente, se realiza el informe de resultados.

✓ Finalmente, se programa y ejecuta la entrega del informe de resultados del ensayo al cliente en el lugar que lo desee. Este proceso se aplica en los servicios de investigación y extensión.

### ***Recomendaciones dentro del laboratorio***

El uso de elementos y herramientas de seguridad en el laboratorio de suelos y pavimentos es de suma importancia para garantizar la integridad física de los trabajadores y prevenir accidentes. Estas herramientas y elementos de seguridad incluyen, pero no se limitan a: guantes, lentes de protección, mascarillas, cascos, calzado de seguridad, batas, entre otros.

Es fundamental que los trabajadores estén protegidos adecuadamente mientras realizan sus tareas, ya que protegen al personal de las lesiones, exposiciones a sustancias peligrosas, cortes, quemaduras y otros accidentes. Igualmente es importante para garantizar la precisión y calidad de los resultados del laboratorio. Por ejemplo, el uso de guantes protege las muestras de la contaminación por parte de los trabajadores, lo que podría afectar la precisión de los resultados. De la misma manera, el uso de lentes de protección protege los ojos del personal de partículas volátiles, salpicaduras y otros peligros que pueden surgir durante los procedimientos del laboratorio.

Es importante que los trabajadores reciban capacitación sobre cómo usar correctamente estas herramientas y elementos de seguridad. La capacitación adecuada garantiza que los trabajadores comprendan la importancia del uso de estas herramientas y cómo deben ser utilizadas para proteger la salud y seguridad de quienes hagan uso del laboratorio.

En conclusión, el uso de elementos y herramientas de seguridad en el laboratorio de suelos y pavimentos es esencial para garantizar la seguridad y salud del personal, prevenir accidentes y mejorar la precisión y calidad de los resultados del laboratorio, que se promueva el uso de estas

herramientas y elementos de seguridad y que se brinde la capacitación necesaria para su uso adecuado.

Los ensayos compartidos son:

**Tabla 17. Ensayos de mecánica de suelos y pavimentos**

<u>Ensayos de mecánica de suelos</u>	<u>Ensayos de pavimentos</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad</li> <li>• Peso unitario</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Granulometría</li> <li>• Límites de Atterberg</li> <li>• Limite líquido y limite plástico</li> <li>• Límite de contracción</li> <li>• Compactación</li> <li>• Clasificación</li> <li>• Corte directo</li> <li>• Consolidación unidimensional</li> <li>• Compresión inconfina</li> <li>• Triaxial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)</li> <li>• Penetración</li> <li>• Prueba Marshall</li> <li>• Ensayo de permeabilidad</li> <li>• Porcentaje de caras fracturadas en los agregados</li> <li>• Destilación de asfaltos líquidos</li> <li>• Ensayo de durabilidad</li> <li>• Análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos</li> <li>• Equivalente de arena de materiales pétreos para mezclas asfálticas</li> <li>• Abrasion por medio de la maquina de los angeles</li> </ul>

**4.4.3 Procedimientos de ensayos del laboratorio de suelos y pavimentos.** En el anexo A, se comparte un manual como propuesta para la mejora de los servicios académicos de

investigación y extensión, tanto para estudiantes como para docentes donde se explica una serie de procedimientos para estos ensayos.

El ensayo de humedad es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar la cantidad de agua presente en una muestra de suelo, agregado u otro material. El objetivo del ensayo es determinar la cantidad de agua presente en la muestra en términos de su peso en relación con su peso seco. El resultado del ensayo se utiliza para calcular otros parámetros importantes, como el peso unitario seco, el peso unitario húmedo y el contenido de agua en peso. Este ensayo es importante en la ingeniería civil y la construcción, ya que ayuda a comprender las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de estructuras y carreteras, por ejemplo. (ver Anexo A)

**4.4.4 Manual de procedimientos de ensayos del laboratorio de suelos y pavimentos. Ver anexo 1**

## 5. Conclusiones

Es importante mejorar y adecuar el laboratorio de geotecnia y pavimentos de la universidad para garantizar un ambiente de trabajo seguro y adecuado para los estudiantes y profesores, así como es de suprema importancia que el laboratorio de suelos y pavimentos de la UFPS sea ubicado en un nuevo espacio más amplio, para así poder mejorar la prestación de los servicios debido a la falta de espacio del actual.

La implementación de nuevas herramientas y equipos permitirá mejorar la calidad de los experimentos y ensayos que se realizan en el laboratorio, lo que a su vez permitirá mejorar la calidad de la educación que se imparte.

La dotación de materiales e insumos necesarios permitirá tener un mejor control de los mismos y garantizar su disponibilidad para el desarrollo de las prácticas y experimentos en el laboratorio.

Es necesario establecer un plan de seguimiento y evaluación de la implementación de las propuestas para garantizar su correcta ejecución y medir su impacto en la calidad de la educación en geotecnia y pavimentos en la universidad.

La propuesta de acondicionamiento y dotación del laboratorio de geotecnia y pavimentos es fundamental para el crecimiento y fortalecimiento de la universidad en el campo de la ingeniería civil y afines, para mejorar la calidad de la formación académica de los estudiantes.

## 6. Recomendaciones

✓ Se recomienda que la Universidad Francisco de Paula Santander analice detenidamente el proyecto presentado y considere la implementación de las propuestas de acondicionamiento y mejoramiento descritas en él, con especial énfasis en la propuesta de dotación.

✓ En caso de que se decida llevar a cabo la implementación de estas propuestas, es fundamental que la universidad garantice un seguimiento efectivo de las mismas. Para ello, se sugiere asignar a un grupo de personas responsables del proyecto para supervisar su avance y logros.

✓ Es importante tener en cuenta que para garantizar la continuidad del proyecto se requiere la implementación de indicadores de gestión que permitan monitorear el avance del proyecto, sus aportes, dificultades, resultados y planes de acción. De esta manera, se podrá evaluar el progreso y hacer ajustes necesarios para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto.

✓ Es importante realizar comparativos con otras universidades reconocidas en el país para analizar los lineamientos, locaciones de laboratorios, ensayos y pruebas, servicios de extensión e investigación. Estos comparativos sirven como base para el proyecto de acondicionamiento y dotación del laboratorio de geotecnia y pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander, pero es importante tener en cuenta que no se debe desviar el estilo propio de la universidad en la implementación de las propuestas.

## Referencias

- ABC. (s.f.). *¿Que es el Contenido de Humedad?* Obtenido de <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/humedad-suelos/>
- Acosta, A., & Díaz, R. (2016). *Estudio del comportamiento mecánico de suelos estabilizados con ceniza de bagazo de caña*. Cali: Universidad del Valle.
- Álvarez, D., Blanquicett, J., & Santos, D. (Abril de 2012). *Estudio de prefactibilidad y diseño del plan de gestión, para la creación de un laboratorio de suelos y pavimentos certificado en la ciudad de Cartagena*. Cartagena de Indias : Universidad Tecnológica de Bolívar . Obtenido de <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/458/0062898.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Buenastareas. (2 de septiembre de 2015). *Laboratorio de suelos clasificación de los suelos*. Obtenido de <https://www.buenastareas.com/ensayos/Laboratorio-De-Suelos-Clasificaci%C3%B3n-De-Los/77899636.html>
- Caicedo, F., & Herrera, R. (2017). *Propuesta para el diseño de un pavimento urbano sostenible*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Castillo, Y., & Padilla Leyva, K. (2016). *Análisis de la estandarización de los laboratorios de suelos y construcción de la Universidad de La Costa CUC*. Barranquilla: Universidad de La Costa CUC. Obtenido de Proyecto final de graduación presentado como requisito parcial

para optar por el:

<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/4888/AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20ESTANDARIZACI%C3%93N%20DE%20LOS%20LABORATORIOS%20DE%20SUELOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Catarina. (s.f.). *Pruebas de laboratorio*. Obtenido de

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/sanchez\\_r\\_se/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/sanchez_r_se/capitulo4.pdf)

Córdova, M., & Cornejo, C. (2019). *Manual de laboratorio para los ensayos de vías y*

*pavimentos de la universidad politécnica salesiana Parte I*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17930/1/UPS%20-%20ST004373.pdf>

*Ensayo triaxial ¿Cómo aplicar este ensayo para tu estudio de geotecnia?* (s.f.). Obtenido de

<https://www.concrelab.com/ensayo-triaxial/>

Escuela de Ingeniería Julio Garavito. (2019). *Laboratorio de Suelos y Pavimentos*. Obtenido de

<https://www.escuelaing.edu.co/es/campus/laboratorio-de-suelos-pavimentos/>

Gómez, M. (2006). *Propuesta para la implementación del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos al programa de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Bolívar*.

Cartagena de Indias D. T. Y C.: Universidad Tecnológica de Bolívar. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0039464.pdf>

López, M. (s.f.). *Detalles de los equipos*. Obtenido de

<https://cris.ulima.edu.pe/es/equipments/corte->

[directo#:~:text=El%20ensayo%20de%20corte%20directo,normal%20al%20plano%20del%20movimiento.](https://cris.ulima.edu.pe/es/equipments/corte-directo#:~:text=El%20ensayo%20de%20corte%20directo,normal%20al%20plano%20del%20movimiento.)

Martínez Martín, M., & Viader Junyent, M. (2008). Reflexiones sobre aprendizaje y docencia en el actual contexto universitario: La promoción de equipos docentes.

*Educación*(extraordinario ), 213-234. Obtenido de Revista de educación.:

<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/reflexiones-sobre-aprendizaje-y-docencia-en-el-actual-contexto-universitario-la-promocion-de-equipos-docentes/universidad/23432>

Rakipaj, E. (s.f.). *Análisis de permeabilidad de suelos granulares mediante diferentes ensayos de laboratorio y formulaciones experimentales*. s.l.: Universidad Politécnica de Cartagena.

Obtenido de [https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7865/tfg\\_rak\\_ana.pdf](https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7865/tfg_rak_ana.pdf)

Ramírez, L., & Vargas, G. (2018). *Renovación y actualización de los equipos del laboratorio de suelos y pavimentos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Resina, J. (2019). ¿Qué es y para qué sirve un Laboratorio de Innovación Ciudadana? El caso del LABICxlaPaz. *CLAD Reforma y Democracia*(74). Obtenido de

<https://www.redalyc.org/journal/3575/357560862002/html/#:~:text=El%20caso%20del%20LABICxlaPaz&text=Los%20laboratorios%20ciudadanos%20se%20han,para%20la%20coproducci%C3%B3n%20de%20pol%C3%ADticas.>

Roca Troncoso, P. (s.f.). *Relaciones gravimétricas y volumétricas del suelo*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57121/relacionesgravimetricasyvolumetricasdelsuelo.pdf>

Rondón, M., Aguilar, G., & Márquez, M. (2021). *Marco conceptual y metodológico para evaluar la competencia de resolver problemas en programas de Ingeniería Civil*. Obtenido de Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1759/1754>

Universidad Politécnica de Cartagena. (s.f.). *Granulometría*. Obtenido de <https://www.upct.es/sait/es/reologia-y-granulometria/granulometria/>

Urrea, G., Niño, J., Garcia, J., Alvarado, J., Barragan, G., & Hazbon, O. (2013). *Del aula a la realidad. La importancia de los laboratorios en la formación del ingeniero. Caso de estudio: ingeniería aeronáutica – Universidad Pontificia Bolivariana*. Cartagena de Indias. Obtenido de <file:///C:/Users/MARTHA/Downloads/biteca,+502-801-1-PB.pdf>

Vasquez, V. (16 de enero de 2015). *Ensayo de compactación -Mecánica de Suelos*. Huaraz, Perú: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Obtenido de <https://es.slideshare.net/leidymenaruiz/ensayo-de-compactacin-mecnica-de-suelos>

Wikipedia . (s.f.). *Límites de Atterberg*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites\\_de\\_Atterberg#:~:text=Los%20%C3%ADmites%20de%20Atterberg%2C%20%C3%ADmites,Atterberg%20\(1846%2D1916\).](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg#:~:text=Los%20%C3%ADmites%20de%20Atterberg%2C%20%C3%ADmites,Atterberg%20(1846%2D1916).)

**Anexos**

Anexo 1. Manual de procedimientos de ensayos

## **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DEL**

**LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**DEPARTAMENTO DE GEOTENCIA Y MINERÍA**

**UBICACIÓN:**

**EDIFICIO DE TÉRREOS, FRENTE A LA CANCHA DE  
FÚTBOL UFPS.**

**HORARIO DE ATENCIÓN:**

**LUNES A VIERNES**

**8AM – 12AM**

**Y**

**2PM – 6PM.**

## **PROCEDIMIENTO ENSAYO DE HUMEDAD**

### **REFERENCIAS**

ASTM 02216 -71

J. Bowles. (1981), Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (Pág. 11-12). (México): Mc GRAW-HILL.

### **GENERALIDADES**

El ensayo de humedad es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar la cantidad de agua presente en una muestra de suelo, agregado u otro material. El objetivo del ensayo es determinar la cantidad de agua presente en la muestra en términos de su peso en relación con su peso seco. El resultado del ensayo se utiliza para calcular otros parámetros importantes, como el peso unitario seco, el peso unitario húmedo y el contenido de agua en peso. Este ensayo es importante en la ingeniería civil y la construcción, ya que ayuda a comprender las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de estructuras y carreteras, por ejemplo.

### **OBJETIVO**

Determinar la cantidad de agua presente en una muestra de suelo, expresada como un porcentaje del peso seco de la muestra. Este ensayo es esencial en la ingeniería civil y la geotecnia, ya que la humedad del suelo es un factor crítico en la mayoría de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como la densidad, la resistencia, la permeabilidad y la expansión. Además, la humedad del suelo también afecta la capacidad portante y la estabilidad de las estructuras construidas sobre él, como cimentaciones, carreteras, presas, etc.

## EQUIPO

- Horno: con control de temperatura adecuado, con circulación de aire y capacidad para mantener temperaturas constantes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes de muestreo: los recipientes deben tener características especiales preferiblemente aluminio o porcelana, que soporte altas temperaturas y sea resistente a la corrosión por el contacto con la humedad de las muestras.
- Balanza de precisión: con precisión de 0,01 g, previamente calibradas.
- Guantes contra altas temperaturas
- Herramientas menores y accesorios: herramientas menores como son espátulas, brochas, trapos de limpieza, seguetas, entre otros

## PROCEDIMIENTO

1. Seleccionar un recipiente de referencia con masa conocida, ya sea de aluminio o porcelana.
2. Pesarse el recipiente junto con una muestra representativa y registrar la masa del conjunto.
3. Colocar el recipiente con la muestra en un horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , y esperar a que alcance una masa constante, tomando medidas de masa a intervalos regulares.
4. Una vez se haya secado la muestra, retirarla del horno y dejarla enfriar a temperatura ambiente antes de medir su peso seco.
5. Por último, se calcula el contenido de w humedad.

## CÁLCULOS

Calcular el contenido de humedad (w) de la muestra:

$w = (\mathbf{W_h} - \mathbf{W_s}) / (\mathbf{W_s} - \mathbf{W_r}) * 100$  (%), donde:

$W_h$  = peso recipiente más la muestra de suelo húmedo (grs.)

$W_s$  = peso recipiente más la muestra de suelo seca (grs.)

$W_r$  = peso recipiente (grs.)

Datos necesarios para determinar el contenido de humedad:

$W_r$  = Masa del Recipiente Gramos (g)

$W_h$  = Masa de Recipiente + Suelo Húmedo Gramos (g)

$W_s$  = Masa de Recipiente + Suelo Seco Gramos (g)

$W_w$  = Masa del agua Gramos (g)

$W_p$  = Masa de Partículas de Suelo Gramos (g)

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>PROYECTO:</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>					
<b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b>					
<b>MUESTRA N°:</b>					
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>					
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>					
<b>DATOS</b>					
<b>METODO SECADO AL HORNO</b>					
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso recipiente + suelo húmedo					
Peso recipiente + suelo seco					
Peso recipiente					
Peso suelo seco					
Peso seco					
Contenido de humedad (%)					
Humedad Promedio=					
Observaciones:					
<b>REALIZÓ:</b>					
<b>LABORATORISTA:</b>					
<b>DOCENTE:</b>					

## PROCEDIMIENTO ENSAYO PESO UNITARIO (POR MEDIDA Y PESO)

### REFERENCIAS

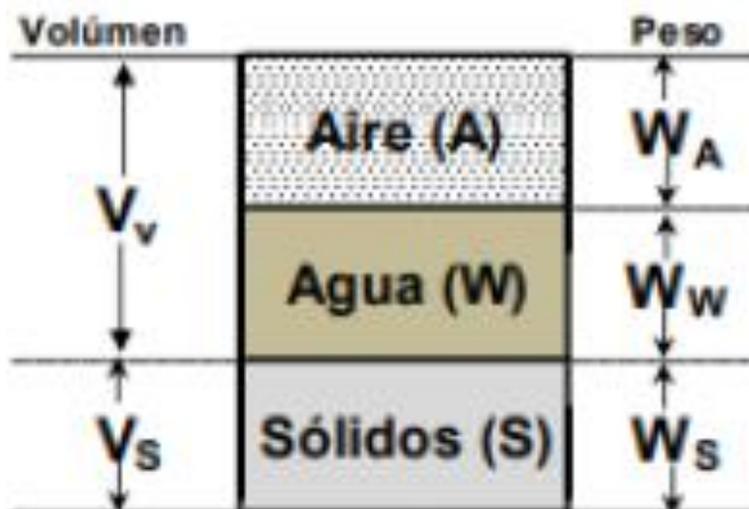
ASTM D 2937-71

J. Bowels. (1981), Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (Pág. 211-215). (México): Mc GRAW-HILL.

### GENERALIDADES

El peso unitario de un suelo, se puede precisar como el producto de su densidad por la gravedad. El valor depende, entre otros, del contenido del agua del suelo. Este puede variar desde el estado seco yd hasta un suelo saturado ysat y el estado intermedio de valores de saturación entre 0 y 1 dependiendo del contenido de humedad.

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



## OBJETIVO

Este método de ensayo tiene como intención obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar el peso unitario del suelo.

## EQUIPO

### Método de labrado de figura geométrica regular

- Labrador de muestras: equipo para dar a la muestra una forma regular, normalmente cilíndrica.
- Calibrador pie de rey: teniendo en cuenta que el ensayo depende en gran medida de la exactitud del volumen que se calcule, las dimensiones de diámetro y altura de deben tomar con la mayor precisión posible.
- Horno con circulación de aire y capacidad para mantener temperaturas constantes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Balanza con precisión de 0,01 g
- Herramientas menores y accesorios: herramientas menores como son cuchillo, espátulas, brochas, trapos de limpieza, y herramientas misceláneas que se puedan necesitar

## PROCEDIMIENTO

1. La muestra de suelo debe ser extraída del campo de forma inalterada utilizando un tubo shelby y cortada con una geometría aproximada de 5x5x11 cm.
2. Posteriormente, se lleva la muestra al aparato de labrado y se la convierte en una forma cilíndrica con un diámetro de 36mm.
3. Se cortan los extremos de la muestra de forma perpendicular con la mayor exactitud posible, con una altura recomendada de 10 cm.
4. Se miden el diámetro y la altura de la muestra, realizando tres mediciones del diámetro: una en la parte superior, otra en la parte central y otra en la inferior.
5. Se pesa la muestra en una balanza.

6. Si el material resultado del labrado es suficiente, se puede recolectar una muestra para determinar el contenido de humedad.

### CÁLCULOS

❖ Área:

$$A_p = A_s + 4A_c + A_i$$

Donde:

$A_s$ : área determinada con diámetro superior.

$A_c$ : área determinada con diámetro central.

$A_i$ : área determinada con diámetro inferior.

$A_p$ : área promedio

❖ Volumen:

$$V = A_p * H_m$$

Donde:

$V$ : volumen de la muestra

$H$ : altura de la muestra

$A_p$ : área promedio

❖ Peso Unitario húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{W_m}{V}$$

Donde:

$\gamma_{hum}$ : Peso Unitario húmedo

$W_m$ : Peso Húmedo

$V$ : Volumen de la muestra

❖ Peso Seco:

$$W_{seco} = \frac{W_{hum}}{1 + w}$$

Donde:

Wseco: peso seco de la muestra

Whum: peso húmedo de la muestra

w: Contenido de humedad

❖ Peso Unitario seco:

$$\gamma_{seco} = \frac{W_{seco}}{V}$$

Donde:

$\gamma_{hum}$ : Peso Unitario húmedo

Wseco: Peso seco

V: Volumen de la muestra

## EQUIPO

### Método de inmersión en agua usando parafina

- Cuchillo para labrare hilo delgado
- Balanza de precisión: con precisión de 0,01 g
- Parafina diluida. Se debe conocer su densidad.
- Estufa
- Vaso volumétrico

## PROCEDIMIENTO

1. Remoldear la muestra de suelo hasta formar un cubo con lados de 3,0 y 4,0 cm.
2. Registrar el peso de la muestra remoldeada en una balanza.
3. Derretir la parafina en un recipiente resistente al calor hasta que esté completamente fluida.
4. Sumergir la muestra en el recipiente de parafina, asegurándose de que la capa de parafina sea uniforme y delgada.
5. Una vez que la parafina se haya enfriado y secado, pesar la muestra con la parafina adherida, sin retirar el cordón o hilo utilizado para sujetarla.

6. Llenar un vaso graduado con agua y registrar su volumen inicial. Sumergir la muestra parafinada en el vaso y registrar el nuevo volumen del agua.

## CÁLCULOS

❖ Volumen de la parafina:

$$Vp = \frac{Pmp - Pmi}{\rho p}$$

Donde:

$Vp$ : Volumen de la parafina

$Pmp$ : peso de muestra parafinada

$Pmi$ : peso de muestra inicial

$\rho p$ : densidad de la parafina

❖ Volumen de la muestra:

$$Vm = Vad - Vp$$

Donde:

$Vm$ : Volumen de la muestra

$Vad$ : Volumen de agua desalojada

$Vp$ : Volumen de la parafina

❖ Peso Unitario húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{Wm}{Vm}$$

Donde:

$\gamma_{hum}$ : Peso Unitario húmedo

$Wm$ : Peso Húmedo

$Vm$ : Volumen de la muestra

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS PESO UNITARIO SUELOS</b>							
<b>PROYECTO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> <b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b> <b>MUESTRA N°:</b> <b>FECHA DE MUESTREO:</b> <b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>							
<b>DATOS</b>								
<b>PESO UNITARIO</b>								
Muestra N°	Und	1	2	3	4			
Molde	N°							
Peso del molde	gr							
Altura del molde	Cm							
Diámetro del molde	Cm							
Peso recipiente + material húmedo	gr							
Peso recipiente + material seco	gr							
Observaciones:								
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>							

## PROCEDIMIENTO ENSAYO PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDO (POR PICNÓMETRO) O GRAVEDAD ESPECÍFICA)

### REFERENCIAS

I.N.V. E –128 – 13

ASTM D 854-10

ASTM D854-58

AASHTO T 100-70

### GENERALIDADES

La gravedad específica (Gs) es la relación entre la masa de una unidad de volumen de los sólidos del suelo y la masa de un volumen igual de agua destilada a 20°C. Es un valor adimensional que se considera como promedio para los granos de suelo. El método descrito es válido para suelos cuyas partículas tienen un tamaño que pasa por el tamiz No. 4 (4,75 mm), y se utiliza en la geotecnia para determinar la relación de vacíos de los suelos y en las ecuaciones que involucran agua, aire y sólidos de un suelo. Si las partículas del suelo son mayores, se deben seguir otros lineamientos de ensayo.

Joseph Bowels presenta en su “Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil” valores típicos para algunos tipos de suelos, los cuales se muestran a continuación:

Tipo de Suelo	Rango Gravedad Especifica
Arena	2.65-2.67
Arena Limosa	2.67-2.70
Arcilla Inorgánica	2.70-2.80
Suelos con Micas o Hierro	2.75-3.00
Suelos Orgánicos	Variable. Puede ser inferior a 2.00

Rangos de gravedad específica propuestos por Bowels.

Tipo de suelo	Masa seca del espécimen (g), usando un picnómetro de 250 ml	Masa seca del espécimen (g), usando un picnómetro de 500 ml
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75 ± 10
Limo o Arcilla	35 ± 5	50 ± 10

Fuente: INV 128-13

Masa recomendada para especímenes de prueba

Donde:

SP: Arena mal gradada

SM: Arena Limosa

SC: Arena Arcillosa

## OBJETIVO

Obtener datos de la gravedad específica de la masa de cualquier material compuesto por partículas pequeñas cuya gravedad específica sea mayor a 1, por medio de los cuales se pueda determinar la gravedad específica de los suelos.

## EQUIPO

- Picnómetro o Frasco Volumétrico: se debe contar con un picnómetro preferiblemente cuya capacidad mínima sea de 250 ml. Según sea el tamaño de la muestra a ensayar, se debe manejar un picnómetro con capacidad de 2 a 3 veces mayor al volumen total de agua + muestra.
- Bomba de vacío para extracción de aire o aspirador para producir vacío: de no contar con ninguno de los dos, se puede utilizar un mechero o cualquier dispositivo que permita hervir el contenido del picnómetro.
- Horno de secado: debe trabajar y mantener una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Balanza con precisión 0,01 g y capacidad mínima de 1kg.
- Termómetro
- Desecador o recipientes con tapa de cierre
- Caja Aislante: se recomienda una caja de icopor capaz de aportar las condiciones necesarias para producir el equilibrio térmico.

- Embudo: el embudo debe tener una superficie totalmente lisa y su cuello debe tener un diámetro inferior al cuello del picnómetro, así como superior al diámetro de las partículas (Pasa tamiz N°4). - Tamiz N° 4 (4,75 mm).
- Cronometro
- Recipientes: Necesarios para determinar el contenido de humedad y cuyas características cumplan lo estipulado por la INV. E-141.
- Equipos menores: herramientas menores, que son necesarias dentro del proceso del ensayo como un mortero y mango para morterear.

Preparación previa: se calcula el volumen de cada Picnómetro mediante la siguiente ecuación:

$$VP = WaTi - Wf / \rho wTi$$

VP: Volumen del Picnómetro.

Wa: Peso Picnómetro lleno de agua a la temperatura de calibración.

Wf: Masa Picnómetro vacío.

$\rho wTi$ : Densidad del agua a la temperatura de calibración.

La densidad del agua a las diferentes temperaturas la presenta la Norma INV 128-13, así como el coeficiente de temperatura (k) y se presenta a continuación:

Tabla de densidades del agua a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coefficiente de Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coefficiente de Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coefficiente de Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coefficiente de Temperatura (K)
15.0	0.9991	1.0009	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.9986	1.00039
0.1	0.99909	1.00088	0.1	0.99893	1.00072	0.1	0.99876	1.00055	0.1	0.99858	1.00037
0.2	0.99907	1.00087	0.2	0.99891	1.00071	0.2	0.99874	1.00054	0.2	0.99856	1.00035
0.3	0.99906	1.00085	0.3	0.99889	1.00069	0.3	0.99872	1.00052	0.3	0.99854	1.00034
0.4	0.99904	1.00084	0.4	0.99888	1.00067	0.4	0.99871	1.0005	0.4	0.99852	1.00032
0.5	0.99902	1.00082	0.5	0.99886	1.00066	0.5	0.99869	1.00048	0.5	0.9985	1.0003
0.6	0.99901	1.0008	0.6	0.99885	1.00064	0.6	0.99867	1.00047	0.6	0.99848	1.00028
0.7	0.99899	1.00079	0.7	0.99883	1.00062	0.7	0.99865	1.00045	0.7	0.99847	1.00026
0.8	0.99898	1.00077	0.8	0.99881	1.00061	0.8	0.99863	1.00043	0.8	0.99845	1.00024
0.9	0.99896	1.00076	0.9	0.99879	1.00059	0.9	0.99862	1.00041	0.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.0002	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
0.1	0.99839	1.00018	0.1	0.99819	0.99998	0.1	0.99797	0.99977	0.1	0.99775	0.99954
0.2	0.99837	1.00016	0.2	0.99816	0.99996	0.2	0.99795	0.99974	0.2	0.99773	0.99952
0.3	0.99835	1.00014	0.3	0.99814	0.99994	0.3	0.99793	0.99972	0.3	0.99771	0.9995
0.4	0.99833	1.00012	0.4	0.99812	0.99992	0.4	0.99791	0.9997	0.4	0.99768	0.99947
0.5	0.99831	1.0001	0.5	0.9981	0.9999	0.5	0.99789	0.99968	0.5	0.99766	0.99945
0.6	0.99829	1.00008	0.6	0.99808	0.99987	0.6	0.99786	0.99966	0.6	0.99764	0.99943
0.7	0.99827	1.00006	0.7	0.99806	0.99985	0.7	0.99784	0.99963	0.7	0.99761	0.9994
0.8	0.99825	1.00004	0.8	0.99804	0.99983	0.8	0.99782	0.99961	0.8	0.99759	0.99938
0.9	0.99823	1.00002	0.9	0.99802	0.99981	0.9	0.9978	0.99959	0.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.9973	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
0.1	0.99752	0.99931	0.1	0.99727	0.99907	0.1	0.99702	0.99881	0.1	0.99676	0.99855
0.2	0.99749	0.99929	0.2	0.99725	0.99904	0.2	0.997	0.99879	0.2	0.99673	0.99852
0.3	0.99747	0.99926	0.3	0.99723	0.99902	0.3	0.99697	0.99876	0.3	0.99671	0.9985
0.4	0.99745	0.99924	0.4	0.99721	0.99899	0.4	0.99694	0.99874	0.4	0.99666	0.99847
0.5	0.99742	0.99921	0.5	0.99717	0.99897	0.5	0.99692	0.99871	0.5	0.99665	0.99844
0.6	0.9974	0.99919	0.6	0.99715	0.99894	0.6	0.99689	0.99868	0.6	0.99663	0.99842
0.7	0.99737	0.99917	0.7	0.99712	0.99892	0.7	0.99687	0.99866	0.7	0.99661	0.99839
0.8	0.99735	0.99914	0.8	0.9971	0.99889	0.8	0.99684	0.99863	0.8	0.99657	0.99836
0.9	0.99732	0.99912	0.9	0.99707	0.99887	0.9	0.99681	0.99861	0.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
0.1	0.99649	0.99828	0.1	0.99621	0.998	0.1	0.99592	0.99771	0.1	0.99562	0.99741
0.2	0.99646	0.99825	0.2	0.99618	0.99797	0.2	0.99589	0.99768	0.2	0.99559	0.99738
0.3	0.99643	0.99822	0.3	0.99615	0.99794	0.3	0.99586	0.99765	0.3	0.99556	0.99735
0.4	0.99641	0.9982	0.4	0.99612	0.99791	0.4	0.99583	0.99762	0.4	0.99553	0.99732
0.5	0.99638	0.99817	0.5	0.99609	0.99788	0.5	0.9958	0.99759	0.5	0.9955	0.99729
0.6	0.99635	0.99814	0.6	0.99607	0.99785	0.6	0.99577	0.99756	0.6	0.99547	0.99726
0.7	0.99632	0.99811	0.7	0.99604	0.99783	0.7	0.99574	0.99753	0.7	0.99544	0.99723
0.8	0.99629	0.99808	0.8	0.99601	0.9978	0.8	0.99571	0.9975	0.8	0.99541	0.9972
0.9	0.99627	0.99806	0.9	0.99598	0.99777	0.9	0.99568	0.99747	0.9	0.99538	0.99716

Fuente: INV 128-13

## PROCEDIMIENTO

### Procedimiento para muestra secada al horno:

1. Se introduce la muestra en un horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se enfrió a temperatura ambiente y se trituró para eliminar grumos en el material.
2. Utilizando un embudo, se deben verter las partículas sólidas en el picnómetro asegurándose de que ninguna de ellas quede adherida a las paredes del embudo.
3. Añadir una cantidad aproximada de agua desgasificada equivalente a un tercio del volumen del picnómetro y agitar la mezcla en forma circular hasta que se forme una lechada sin burbujas de aire. Esto se puede lograr usando una bomba de vacío o llevando la mezcla a la temperatura de ebullición por al menos dos horas.
4. Una vez que la mezcla ha sido desgasificada, se debe llenar el picnómetro hasta su línea de dosificación.
5. Registrar la masa del picnómetro más la mezcla ( $W_b$ ) con una precisión de 0,01 g y la temperatura de la mezcla dentro del picnómetro ( $T_x$ ) con una precisión de  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

6. Transferir la lechada a un recipiente de masa conocida, asegurándose de lavar las paredes del picnómetro con agua destilada para asegurar que la totalidad de los sólidos hayan sido depositados en el nuevo recipiente.
7. Secar el recipiente y la lechada en un horno a una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta que se alcance una masa constante. Una vez secos, dejar enfriar sin permitir que absorban humedad del ambiente.
8. Registrar la masa seca del suelo y el recipiente con una precisión de 0,1 g. La masa seca del suelo será  $W_s$ .

#### **Procedimiento para muestra húmeda:**

1. Una vez se determine el tamaño de muestra recomendado para realizar la prueba, se dispersa por medios mecánicos o manuales el material y se le agrega aproximadamente 100 ml de agua des aireada.
2. A partir de este momento se llevan a cabo exactamente los mismos pasos descritos para muestras secadas en el horno, con excepción del primer paso.

#### **CALCULOS**

El valor de la Gravedad Específica se determina mediante la siguiente ecuación:

$$G_s = \frac{W_s * K}{W_s + W_a - W_b}$$

Donde:

$G_s$ : Gravedad Específica.

$W_s$ : Masa del Suelo Seco.

$W_a$ : Masa del Picnómetro lleno de agua a la temperatura de calibración.

$W_b$ : Masa del Picnómetro más mezcla (suelo + agua).

$K$ : Factor de corrección. Coeficiente de temperatura.

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS GRAVEDAD ESPECIFICA</b>							
<b>PROYECTO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> <b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b> <b>MUESTRA N°:</b> <b>FECHA DE MUESTREO:</b> <b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>							
<b>DATOS</b>								
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA</b>								
<b>Muestra N°</b>	<b>Und</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>			
Muestra	N°							
Temperatura de muestra	°C							
Picnómetro	N°							
Volumen del picnómetro	ml							
Peso del picnómetro	gr							
Peso del picnómetro + suelo + agua	gr							
Numero de recipiente de traspaso	N°							
Peso del recipiente de traspaso	gr							
Peso del recipiente de traspaso + suelo seco	gr							
Observaciones:								
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>							

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

### REFERENCIAS

ASTM C117

NTC 78:2019

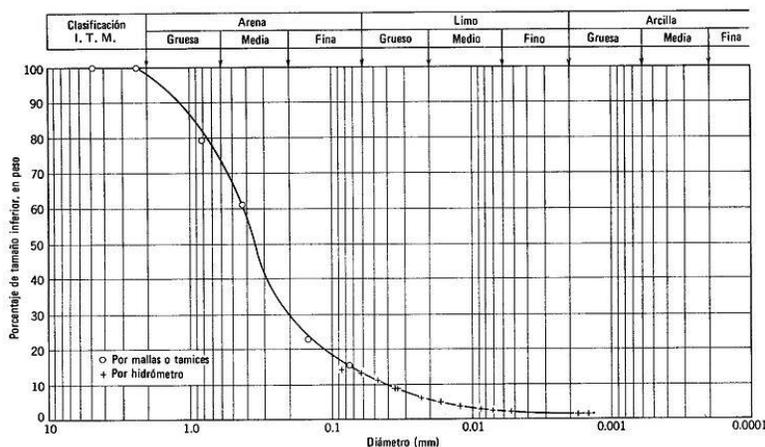
I.N.V. E – 123 – 13

ASTM D 422-63

AASHTO T 88 00 (2004)

### GENERALIDADES

El ensayo de análisis granulométrico se basa en la separación de las partículas del suelo por su tamaño, utilizando mallas con aberturas cuadradas. El objetivo es determinar la distribución de tamaños de las partículas en el suelo y expresar los resultados como porcentajes de peso retenido en cada malla. Aunque no se puede determinar el tamaño exacto de cada partícula, la prueba permite clasificarlas en rangos de tamaño y establecer si el suelo es fino o grueso. La curva de distribución resultante muestra la variedad de tamaños de partículas presentes en el suelo.



Grafica de Análisis Granulométrico

TAMZ	DIÁMETRO (mm)	TAMZ	DIÁMETRO (mm)
3"	76.20	10	2.000
2½"	63.50	20	0.840
2"	50.80	40	0.420
1½"	38.10	50	0.297
1"	25.40	60	0.250
¾ "	19.05	70	0.210
½ "	12.70	80	0.180
⅜ "	9.53	100	0.149
No. 4	4.750	200	0.075

Serie de tamices para análisis granulométrico

## OBJETIVO

Determinar la distribución de tamaños de partículas en una muestra de suelo o agregado, mediante la separación de los diferentes tamaños de partículas utilizando tamices de diferentes tamaños de malla. Esto permite conocer la cantidad de material que queda retenido en cada tamiz y así obtener una curva granulométrica que representa la distribución de los tamaños de partículas en la muestra. Este ensayo es ampliamente utilizado en la industria de la construcción y en la caracterización de suelos para diversas aplicaciones ingenieriles.

## EQUIPO

- Juego de tamices: necesarios los tamices referenciados en la tabla
- Aparato agitador: un agitador mecánico que permita realizar el proceso de tamizado.
- Horno de secado con capacidad para mantener temperaturas constantes de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- Recipientes de muestreo: los recipientes deben tener características especiales preferiblemente aluminio, que soporte altas temperaturas y sea resistente a la corrosión por el contacto con la humedad de las muestras.
- Balanza #1: con precisión de 0,01 g
- Balanza #2: con precisión de 0,1 g
- Cepillo de alambre
- Brocha de pelo delgado
- Mortero y mano de mortero o un pulverizador mecánico de suelo

## **PROCEDIMIENTO**

### **Suelo retenido en el tamiz No. 10 (2mm)**

1. Se prepara la serie de tamices a utilizar.
2. El material que ha sido definido y preparado para realizar el ensayo se depositó desde la parte alta de la torre de tamices y se ajusta la tapa superior.
3. Bien sea de manera mecánica o de manera manual se lleva a cabo el proceso de tamizado. Si el proceso de tamizado es manual, se recomienda realizar movimientos que produzcan la suficiente vibración y el desplazamiento de las partículas de un lugar a otro a través de las mallas de los tamices
4. Con ayuda de recipientes para medición y de una balanza de precisión 0,01 g se procederá realizar las pesadas de los materiales retenidos en cada malla.
5. Esta operación se realizará desmontando primero los tamices de mayor diámetro, depositando su contenido en recipientes puestos sobre la balanza y registrando el peso del material.

### **Suelo pasa tamiz No. 10 (2mm)**

Según la norma INV-123 las proporciones para suelos típicamente arenosos deben ser mayor en una proporción de 100% con respecto a suelos típicamente arcillosos o limosos.

1. Se agrega suelo y agua en un recipiente cilíndrico y se puede incluir un agente dispersante.
2. La mezcla se deja reposar durante al menos 12 horas.
3. La muestra se deposita en un tamiz No. 200 y se lleva a cabo el proceso de lavado.
4. La muestra se deposita en un nuevo recipiente y se usa agua destilada para asegurarse del traspaso total de la muestra.
5. La muestra se seca a una temperatura constante y posteriormente se deja secar a temperatura ambiente o en un desecador.
6. Se prepara la serie de tamices del No. 20 al No. 200 y se tamiza el material.
7. Se realiza el tamizado de manera manual o mecánica.
8. Se pesa el material retenido en cada malla con recipientes y una balanza de precisión.
9. Se registra el peso del material en cada tamiz, empezando por los de mayor diámetro y desmontando cada tamiz.

## CÁLCULOS

- ❖ Porcentaje Retenido:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{Mr}{MT} * 100$$

Donde:

Mr: Masa retenida en el tamiz

MT: Masa total

- ❖ Porcentaje Retenido Acumulado:

$$\% \text{ Retenido Acomulado} = \text{Suma de porcentajes mayores o iguales}$$

- ❖ Porcentaje que Pasa:

$$\% \text{ que Pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

- ❖ Coeficiente de Uniformidad:

$$CU = \frac{D60}{D10}$$

Donde:

D60: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 60 %.

D10: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 10 %.

- ❖ Coeficiente de Curvatura:

$$CU = \frac{(D30)^2}{(D10 * D60)}$$

Donde:

D60: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 60 %.

D10: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 10 %.

D30: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 30 %.

Criterios para valores de Cu y Cc:

<p>Cu&gt;4 y Cc entre 1 y 3    Gw</p> <p>Cu&gt;6 y Cc entre 1 y 3    Sw</p> <p>Si no cumple GP o SP</p>	
GW	GRAVA BIEN GRADADA
SW	ARENA BIEN GRADADA
GP	GRAVA MAL GRADADA
SP	ARENA MAL GRADADA

Luego se continua con la curva granulométrica

## FORMATO TOMA DE DATOS

 <p style="font-size: small;">Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<b>TOMA DE DATOS ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>																																																															
<b>PROYECTO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> <b>PROFUNDIDAD (m):</b> <b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b> <b>MUESTRA N°:</b> <b>FECHA DE MUESTREO:</b> <b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"> </td></tr> </table>																																																															
Peso muestra total: Peso muestra fina (pasa tamiz N°10) antes de lavado por el tamiz #200: Peso muestra fina (pasa tamiz N°10) después de lavado por el tamiz #200:																																																																
<b>DATOS</b>																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th>Tamiz</th> <th>Diámetro (mm)</th> <th>Peso retenido (gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.20</td><td> </td></tr> <tr><td>2½"</td><td>63.50</td><td> </td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.80</td><td> </td></tr> <tr><td>1½"</td><td>38.10</td><td> </td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.40</td><td> </td></tr> <tr><td>¾"</td><td>19.05</td><td> </td></tr> <tr><td>½"</td><td>12.70</td><td> </td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td> </td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.750</td><td> </td></tr> <tr><td>10</td><td>2</td><td> </td></tr> <tr><td>20</td><td>0.840</td><td> </td></tr> <tr><td>40</td><td>0.420</td><td> </td></tr> <tr><td>50</td><td>0.297</td><td> </td></tr> <tr><td>60</td><td>0.250</td><td> </td></tr> <tr><td>70</td><td>0.210</td><td> </td></tr> <tr><td>80</td><td>0.180</td><td> </td></tr> <tr><td>100</td><td>0.149</td><td> </td></tr> <tr><td>200</td><td>0.075</td><td> </td></tr> <tr><td>Fondo:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Total:</td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Tamiz	Diámetro (mm)	Peso retenido (gr)	3"	76.20		2½"	63.50		2"	50.80		1½"	38.10		1"	25.40		¾"	19.05		½"	12.70		3/8"	9.53		No. 4	4.750		10	2		20	0.840		40	0.420		50	0.297		60	0.250		70	0.210		80	0.180		100	0.149		200	0.075		Fondo:			Total:		
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso retenido (gr)																																																														
3"	76.20																																																															
2½"	63.50																																																															
2"	50.80																																																															
1½"	38.10																																																															
1"	25.40																																																															
¾"	19.05																																																															
½"	12.70																																																															
3/8"	9.53																																																															
No. 4	4.750																																																															
10	2																																																															
20	0.840																																																															
40	0.420																																																															
50	0.297																																																															
60	0.250																																																															
70	0.210																																																															
80	0.180																																																															
100	0.149																																																															
200	0.075																																																															
Fondo:																																																																
Total:																																																																
Observaciones:																																																																
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"> </td></tr> <tr><td style="height: 15px;"> </td></tr> <tr><td style="height: 15px;"> </td></tr> </table>																																																															

## PROCEDIMIENTO ENSAYO GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO

### REFERENCIAS

AASHTO T 87-70

AASHTO T 88-70

ASTM D 421-58

ASTM D 422-63

### GENERALIDADES

Es un método de laboratorio utilizado para determinar la distribución del tamaño de las partículas en un suelo o agregado. Se basa en la medida de la densidad de la suspensión de la muestra en agua a diferentes intervalos de tiempo después de agitarla vigorosamente y dejarla en reposo. La lectura del hidrómetro en cada intervalo de tiempo proporciona la cantidad de partículas de un tamaño específico que han sedimentado en ese tiempo y permite la construcción de una curva granulométrica que muestra la fracción acumulada de la muestra por debajo de cada tamaño de partícula. Este ensayo es utilizado en la caracterización de suelos para determinar su aptitud para diferentes usos, como construcción de carreteras, fundaciones de edificios, cultivos agrícolas, entre otros.

### OBJETIVO

El análisis granulométrico por hidrómetro permite determinar el tamaño y porcentaje de las partículas finas de una muestra de suelo utilizando la velocidad de sedimentación, es un método para obtener aproximadamente la distribución granulométrica de suelos en los cuales existe una cantidad apreciable de partículas inferiores al tamiz No. 200

### EQUIPO

- Balanza: con capacidad suficiente y una sensibilidad de 0.1%.
- Tamices: 4.75 mm (No.4), de 425  $\mu\text{m}$  (No 40) y de 75  $\mu\text{m}$  (No.200).
- Tamizadora mecánica.
- Aparato agitador.

- Hidrómetro: para estos ensayos se utilizó un hidrómetro 152 H, va de 5 a + 60. Se identifica como 152 H y está calibrado para el supuesto que el agua destilada tiene gravedad específica de 1.00 a 20° C (68° F) y que el suelo en suspensión tiene una gravedad específica de 2.65.
- Cilindro de vidrio para sedimentación: también conocido como cilindro de hidrómetro de unos 460 mm (18”) de alto, y 60 mm (2.5”) de diámetro y marcado para un volumen de 1000 ml a 20° C (68°F).
- Termómetro de inmersión: con apreciación de 0.5° C (0.9° F).
- Cronómetro
- Horno: capaz de mantener temperaturas hasta  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$
- Baño de Agua o Cuarto de temperatura constante.
- Vaso de vidrio
- Varilla de vidrio.
- 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.

## PROCEDIMIENTO

1. Se registran los valores de las correcciones por defloculante y punto cero, Cd, y la corrección por menisco, Cm, para su uso posterior en los cálculos.
2. Se determina la gravedad específica de los sólidos, Gs.
3. Se tamiza una muestra seca del suelo utilizando tamiz 200 y se utiliza el material que pasa el tamiz.
4. Se toma más de 30 g de material fino y se le agrega 125 ml de defloculante (Hexametáfosfato de Sodio), y se deja en suspensión durante 24 horas.
5. La muestra se homogeneiza con el defloculante y agua utilizando una batidora eléctrica.
6. La muestra se coloca en una jarra sedimentadora y se verifica que no quede material en la batidora o el tarro de suspensión.
7. La jarra sedimentadora se agita por un minuto, y luego se deja sobre una superficie plana para medir la sedimentación.
8. Se toman lecturas en los intervalos de tiempo especificados, y se registran los valores de corrección de ceros en cada medida.

9. Se utiliza otra jarra calibrada con 125 ml de defloculante y agua para el lavado del hidrómetro después de cada medida.
10. Se toma la temperatura de la muestra después de cada lectura, y se controla la temperatura para evitar cambios bruscos. Se puede colocar la jarra graduada en baño maría para controlar los efectos de la temperatura.

## CÁLCULOS

Lectura de hidrómetro corregida: Se calculan las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco  $R'$ , sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregida ( $R$ ), la corrección por menisco  $C_m$ . O sea:

$$R = R' + C_m$$

- Cálculo del diámetro de las partículas ( $D$ ): El diámetro máximo,  $D$ , de las partículas en suspensión correspondiente el porcentaje indicado por una lectura en el hidrómetro, debe ser calculado usando la Ley de Stokes. De acuerdo con la Ley de Stokes:

$$D = K\sqrt{\frac{1}{T}}$$

Donde:

$T$  = Tiempo transcurrido en minutos.

$L$  = Profundidad efectiva en mm

$$K = \sqrt{\left[\frac{30h}{981(G_s - 1)g_w}\right]}$$

$K$ : constante para facilitar el cálculo la cual depende del valor de la gravedad específica del suelo y de la temperatura de la suspensión.

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS ENSAYO GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO</b>													
<b>PROYECTO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> <b>PROFUNDIDAD (m):</b> <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> <b>MUESTRA N°:</b> <b>FECHA DE MUESTREO:</b> <b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>													
<b>DATOS</b>														
<b>POR HIDRÓMETRO</b>														
Tiempo transcurrido (min)	Hora de la lectura	Lectura real (Ra)	Temperatura (°C)	Corrección de ceros	Corr. Por T (Ct)	Lectura corregida (Rc)	Lectura corregida por menisco (R)	Longitud efectiva del hidrómetro L (tabla)	K(tabla)	Porcentaje más fino (%)	ϕ (mm)			
0.5														
1														
2														
4														
8														
15														
30														
60														
120														
240														
1430														
Observaciones:														
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>													

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LIMITE PLÁSTICO

### REFERENCIAS

AASHTO T89-68 Y T90-70

ASTM 423-66 (Límite líquido) y D424-59 (Límite Plástico)

ASTM (1960), Artículos sobre Suelos: Simposio sobre los Límites de Atterberg, Publicación Técnica Especial (STP) No. 254, pp. 159-226 (con numerosas referencias)

AASHTO T 89-02

ASTM D 4318- 00

J. Bowles. (1981), Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (Pág. 15-24). (México): Mc GRAW-HILL.

AASHTO T 90-00 (2004)

### GENERALIDADES

**LIMITE LIQUIDO:** Se determina midiendo la humedad y el número de golpes necesarios para cerrar en una determinada longitud una ranura de un determinado ancho mediante un aparato normalizado llamado Cazuela de Casagrande (A. Casagrande en 1948).

**LIMITE PLASTICO:** La prueba consiste en hacer rodar entre las palmas de las manos un cilindro de suelo hasta que se agrieta y desmorona. El suelo está en el límite plástico si el desmoronamiento ocurre precisamente cuando el cilindro tiene 3 mm de diámetro. Luego el límite plástico es el contenido de humedad del suelo en esa condición.

El límite líquido, es la humedad por encima de la cual una arcilla se comporta como un líquido viscoso.

$LL < 30$  baja compresibilidad

$30 \leq LL \leq 50$  media compresibilidad

$LL \geq 50$  alta compresibilidad

El límite plástico, es la humedad por debajo de la cual una arcilla abandona su rango de plasticidad.

### OBJETIVO

Determinar la consistencia de un suelo y su comportamiento ante cargas y deformaciones. El límite líquido indica el contenido de humedad en el cual un suelo cambia de comportamiento plástico a comportamiento líquido, mientras que el límite plástico indica el contenido de humedad en el cual el suelo pierde su plasticidad y se comporta como un sólido. Estos ensayos son utilizados en ingeniería civil para caracterizar el suelo y evaluar su capacidad de soporte para diversas aplicaciones, como construcción de carreteras, cimentaciones de edificios, entre otros.

## **EQUIPO**

- Aparato de Casa Grande: la cuchara o cazuela de Casa Grande
- Ranurador
- Balanza: debe trabajar con aproximación de 0,1 g o 0,1 % del peso de la muestra.
- Horno que mantenga una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Tamiz N.º 40 .
- Recipientes: todos los necesarios para determinar el contenido de humedad
- Espátula
- Placa de vidrio esmerilado
- Capsula para Evaporación: preferiblemente de porcelana.
- Capsulas para determinar el contenido de humedad
- Calibrador: debe trabajar con aproximación de 0,1 cm

## **PROCEDIMIENTO**

### **Límite líquido**

1. Una vez que el material esté listo, tome una parte y colóquelo en una cacerola para aplanarlo. Trate de no dejar burbujas de aire. La profundidad máxima es de aprox. 10 mm
2. Vaya de arriba a abajo, haga que el dispositivo de ranurado sea perpendicular a la superficie de la olla y haga que la ranura sea lo más uniforme posible.
3. La olla arranca durante unos 10 segundos. Con 2 golpes por segundo, calcular el número de golpes necesarios hasta que el bisel de la ranura cierre a lo largo de 13 mm. El canal debe cerrarse por el flujo del suelo, no por el desplazamiento del suelo sobre la maceta.
4. Tome una porción de tierra de la cacerola, asegurándose de que quede en los lados de la artesa, luego colóquela en un recipiente de masa conocida y cubra.

5. El exceso de tierra se transporta a la zona de mezcla, donde se varía la humedad con la ayuda de agua destilada para aumentar o disminuir el número de impactos según sea necesario.
6. Se lava y se limpia tanto el ranurador como la cazuela y se realizan dos tanteos más.
7. Es necesario que los datos de golpes estén comprendidos en los siguientes intervalos. 25-35, 20-30, 15-25.
8. Se registra el valor del peso de recipiente más la porción de suelo. Se somete a secado en el horno a una temperatura de  $\pm 110$  °C y una vez se obtengan valores de masa constante se registra el peso de suelo seco más recipiente.

### **Limite Plástico**

1. Se selecciona una muestra de aproximadamente 1,5-2,0 g previamente preparada.
2. Se amasa la muestra entre la palma de la mano o los dedos y una placa de vidrio esmerilado, aplicando una presión constante y no excesiva para formar rollos.
3. Se forma un rollo con diámetro uniforme en toda su longitud hasta alcanzar un diámetro de 3,2 mm.
4. Si el rollo no presenta agrietamiento ni desmoronamiento, la muestra tiene una humedad mayor a su límite plástico, y se manipula de nuevo para reducir la humedad.
5. Se repiten los pasos anteriores hasta que el rollo alcance un diámetro de 3,2 mm y se produzca un agrietamiento y desmoronamiento.
6. Se pesa la muestra más el recipiente en un recipiente de masa conocida y se registra el peso.

## **CÁLCULOS**

### **Limite Liquido**

- ❖ Contenido de Humedad de cada una de las muestras tomadas

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

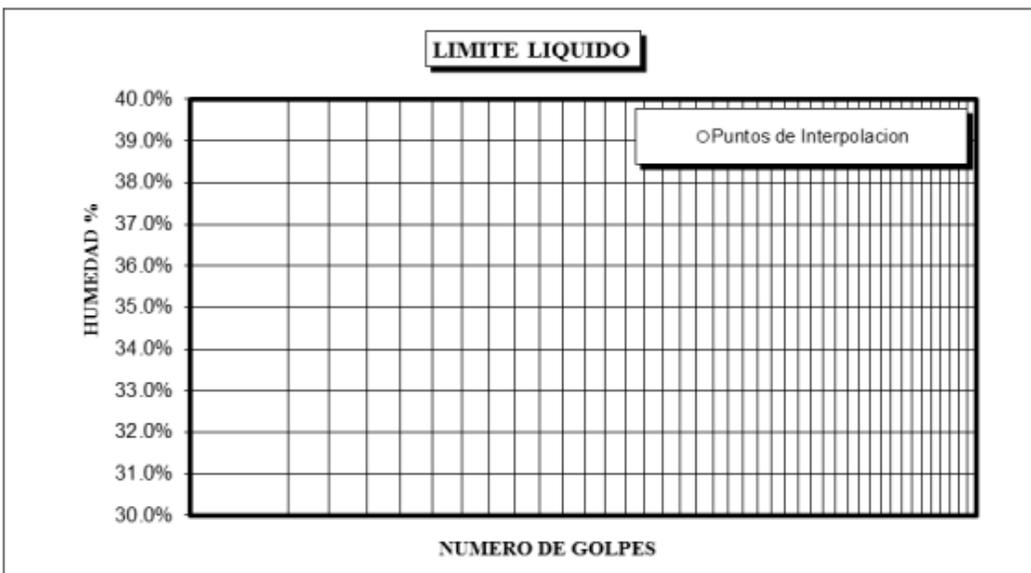
Donde:

w: Contenido de Humedad

Ww: Peso de agua presente en la masa de suelo

Ws: Peso seco de los sólidos

- ❖ Curva de Fluidez. Contenido de Humedad vs Número de Golpes



### Limite Plástico

- ❖ Contenido de Humedad de cada una de las muestras tomadas.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

W= Contenido de Humedad

W<sub>w</sub>: Peso de agua presente en la masa de suelo

W<sub>s</sub>: Peso seco de los solidos

- ❖ Limite Plástico

$$LP = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_n}{n}$$

Donde:

LP= Limite Plástico

W: Humedad Natural

n: Número de puntos de humedad tomados

- ❖ Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP$$

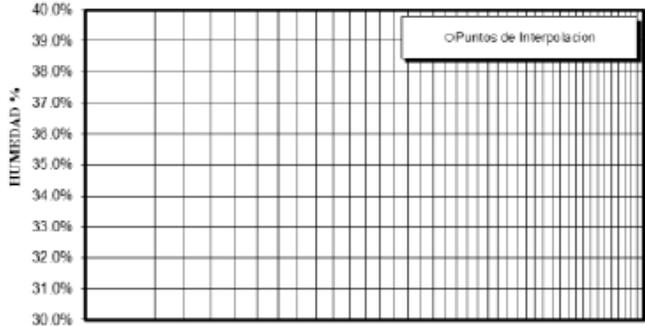
Donde:

IP= Índice de Plasticidad

LL= Limite Liquido

LP= Límite Plástico

## FORMATO TOMA DE DATOS

 <p style="font-size: small;">Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<b>TOMA DE DATOS ENSAYO LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO</b>	
PROYECTO:		
UBICACIÓN:		
PROFUNDIDAD (m):		
DESCRIPCION DEL SUELO:		
MUESTRA N°:		
FECHA DE MUESTREO:		
FECHA DE ENSAYO:		
DATOS		
	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Ensayo N°		
N° de tara		
N° de golpes		
Peso de tara		
Peso tara + muestra húmeda		
Peso tara + muestra seca		
Peso de agua		
Peso de muestra seca		
Contenido de humedad		
Resultado		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>LIMITE LIQUIDO</b></p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 150px;"> <p><b>LIMITE LIQUIDO:</b> _____</p> <p><b>LIMITE PLASTICO:</b> _____</p> <p><b>INDICE DE PLASTICIDAD:</b> _____</p> </div> </div>		
Observaciones:		
REALIZÓ:		
LABORATORISTA:		
DOCENTE:		

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE LIMITE DE CONTRACCIÓN

### REFERENCIAS

ASHTO T92-68

ASTM D427-61

### GENERALIDADES

Es la humedad presente al haber añadido agua para llenar todos los huecos de una pastilla o galleta de suelo seca. Se define como el contenido mínimo de agua, por debajo del cual una reducción de la cantidad de agua, no causará una disminución de volumen de la muestra de suelo, pero al cual un aumento en el contenido de agua causará un aumento en el volumen de la masa del suelo.

El límite de contracción, es la humedad por debajo de la cual un suelo arcilloso no reduce más su volumen.

$LC < 8$  Alta Expansividad (suelos con problemas)

$8 \leq LC < 12$  Expansividad media

$LC \geq 12$  Alta Expansividad

Si aumenta la humedad -----hay expansividad -----aumenta el volumen

Si disminuye la humedad -----hay contracción ----- disminuye el volumen

### OBJETIVO

Determinar la humedad a la cual un suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido, es decir, la humedad a la cual el suelo comienza a contraerse al perder agua. Este ensayo es comúnmente utilizado en ingeniería geotécnica para determinar la plasticidad y contracción de un suelo, lo que permite conocer su comportamiento y capacidad de soporte en diferentes condiciones. Se realiza mediante la medición del cambio de volumen de una muestra de suelo sometida a una humedad específica, y su relación con el volumen inicial de la muestra.

### EQUIPO

- Cápsula de contracción
- Placa de vidrio con tres apoyos
- Recipiente volumétrico y placa plana
- Espátula

- Plato de evaporación
- Tamiz N°40
- Parafina
- Probeta
- Mercurio metálico
- Balanza con sensibilidad a 0.1 g

## PROCEDIMIENTO

1. Se emplea suelo tamizado a través de la malla No.40, se mezcla y se humedece hasta alcanzar o superar el límite líquido.
2. Se unta una fina capa de grasa en el interior de la cápsula de evaporación y se llena en tres capas, compactando cada capa para eliminar las burbujas de aire.
3. Después de completar la tercera capa, se nivela con una espátula y se pesa la cápsula con el suelo húmedo para determinar su contenido de humedad. Luego se seca en un horno a temperatura estándar, se pesa de nuevo y se registra la variación de volumen por el secado.
4. Se coloca la pastilla de suelo sobre un recipiente con mercurio enrasado y se inserta con una placa plástica de tres puntas. Se mide el volumen de mercurio desplazado en otro recipiente.
5. El volumen desplazado por el suelo se recoge en un recipiente y se mide en una probeta graduada para determinar su volumen.
6. Se mide el volumen inicial de la cápsula y se vierte el mercurio en ella. Luego se mide en la probeta correspondiente.

## CÁLCULOS

- ❖ Volumen del plato

$$V_{\text{plato}} = \frac{\text{peso del mercurio}}{13.53}$$

- ❖ Contenido de Humedad de cada una de las muestras tomadas.

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

W= Contenido de Humedad

Ww: Peso de agua presente en la masa de suelo

Ws: Peso seco de los solidos

❖ Volumen de la parafina

$$V_{\text{parafina}} = \frac{W_p}{0.87}$$

## FORMATO TOMA DE DATOS

 <p style="font-size: small;">Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<b>TOMA DE DATOS</b> <b>ENSAYO LIMITE DE CONTRACCION</b>																										
<b>PROYECTO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> <b>PROFUNDIDAD (m):</b> <b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b> <b>MUESTRA N°:</b> <b>FECHA DE MUESTREO:</b> <b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>																										
<b>DATOS</b>																											
<table border="1" style="width: 60%; margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">LIMITE DE CONTRACCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Peso del plato + el suelo húmedo</td><td style="width: 100px;"></td></tr> <tr><td>Peso del plato recubierto + el suelo seco</td><td></td></tr> <tr><td>Peso del plato recubierto</td><td></td></tr> <tr><td>Peso del suelo</td><td></td></tr> <tr><td>Peso del agua</td><td></td></tr> <tr><td>Contenido de humedad</td><td></td></tr> <tr><td>Volumen del suelo</td><td></td></tr> <tr><td>Volumen del suelo seco</td><td></td></tr> <tr><td>Peso de pastilla cubierta de parafina</td><td></td></tr> <tr><td>Resultado</td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> </tbody> </table>		LIMITE DE CONTRACCION		Peso del plato + el suelo húmedo		Peso del plato recubierto + el suelo seco		Peso del plato recubierto		Peso del suelo		Peso del agua		Contenido de humedad		Volumen del suelo		Volumen del suelo seco		Peso de pastilla cubierta de parafina		Resultado					
LIMITE DE CONTRACCION																											
Peso del plato + el suelo húmedo																											
Peso del plato recubierto + el suelo seco																											
Peso del plato recubierto																											
Peso del suelo																											
Peso del agua																											
Contenido de humedad																											
Volumen del suelo																											
Volumen del suelo seco																											
Peso de pastilla cubierta de parafina																											
Resultado																											
Límite de contracción:																											
Observaciones:																											
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>																										

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE COMPACTACIÓN

### REFERENCIAS

Proctor normal ASTM D-698 o UNE 103-500-94

Proctor modificado ASTM D-1557 o UNE 103-501-94

AASHTO T99-70 (estándar) y T180 - 70 (modificado)

ASTM D 698-70

ASTM D 1557-70

Burmister, D.M., (1965), Factores Ambientales en la Compactación de Suelos, ASTM STP No. 377, pp. 47-66

### GENERALIDADES

Este es un ensayo que busca determinar la humedad óptima de compactación de un suelo para una determinada energía de compactación. La humedad óptima es la cantidad de agua necesaria para lograr la densidad máxima del suelo. La compactación del suelo produce una mayor densidad y con ello una reducción en la compresibilidad, un aumento en la resistencia al corte y una disminución en la permeabilidad. Los ensayos Proctor Normal y Proctor Modificado son los más comunes para estudiar la compactación de suelos en la construcción de terraplenes y otras obras de tierra, y se rigen por normas como UNE o ASTM. Estos ensayos son esenciales para caracterizar el material a utilizar en la obra.

### OBJETIVO

El objetivo de la práctica es obtener el peso específico seco máximo de laboratorio y la humedad óptima de compactación. Con los ensayos de compactación en laboratorio y la obtención de la relación densidad-humedad para un esfuerzo de compactación dado sobre un suelo particular.

### EQUIPO

#### Proctor Estándar

- Molde de acero de 4" de diámetro y aprox. 12 cm de altura
- Base y extensión para el molde
- Malla del No. 4
- Enrazador

- Martillo de compactación con guía
- Probeta de 100ml
- 5 cápsulas de aluminio
- Desarmador plano
- Charola cuadrada
- Balanza con aproximación de un gramo y grande de 20kg
- Balanza electrónica
- Vernier o flexo metro
- Bases para compactar
- Herramientas para mezclar, cucharas, paletas, etc.

## **PROCEDIMIENTO**

1. Recolecte 20 kg de suelo seco al aire y tamícelo a través de tamices de 20 mm y 4.75 mm.
2. Calcule el porcentaje retenido en los tamices de 20 mm y 4.75 mm, así como el porcentaje que pasa a través del tamiz de 4.75 mm.
3. Si el porcentaje retenido en el tamiz de 4.75 mm es superior al 20%, utilice un molde grande de 150 mm de diámetro. Si es inferior al 20%, utilice un molde estándar de 100 mm de diámetro.
4. Mezcle la tierra retenida en los tamices de 4.75 mm y la que pasó a través del tamiz en las proporciones determinadas en el paso (2) para obtener un espécimen de suelo de 16 a 18 kg.
5. Limpie y seque el molde y la placa base.
6. Pese el molde con la placa base hasta el gramo más cercano.
7. Tome alrededor de 16 a 18 kg de espécimen de suelo y añada agua hasta que el contenido de humedad sea de alrededor del 4% si el suelo es arenoso, y hasta un 8% si el suelo es arcilloso.
8. Almacene el suelo en un recipiente hermético durante 18 a 20 horas para la maduración.
9. Mezcle bien el suelo y divídalo en 6 a 8 partes.
10. Fije el collar al molde y colóquelo sobre una base sólida.
11. Coloque cerca de 2.5 kg del suelo en el molde en 3 capas iguales y compacte cada capa con 25 golpes del pisón, distribuidos uniformemente sobre la superficie de cada capa.

12. Raspe la superficie superior de la primera capa con una espátula antes de colocar la segunda capa, y repita la compactación con 25 golpes del pisón. Repita este proceso para la tercera capa.
13. Utilice suficiente suelo para llenar el molde aproximadamente 5 mm por encima de la parte superior del molde para ser golpeado cuando se retire el collar.
14. Retire el collar y recorte el exceso de suelo que sobresale por encima del molde con un borde recto.
15. Limpie la placa base y el molde desde el exterior y péselo hasta el gramo más cercano.
16. Retire el suelo del molde.
17. Tome muestras del suelo para determinar el contenido de agua de las porciones superior, media e inferior.
18. Añada aproximadamente el 3% de agua a una porción fresca del suelo procesado y repita los pasos 10 a 14.

## **ENSAYO DE COMPACTACIÓN- PROCTOR MODIFICADO**

### **EQUIPO**

- Molde cilíndrico de compactación normalmente de acero o aluminio, con una camisa superior del mismo material, la cual permite la compactación del material por encima del borde superior del molde para luego enrasar de manera óptima.
- Martillo de compactación
- Horno con capacidad para mantener temperaturas constantes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Balanza con precisión de 0,1 g
- Tamiz  $\frac{3}{4}$ "
- Aparato agitador
- Herramientas menores y equipo necesario para determinar el contenido de humedad.

## PROCEDIMIENTO

1. En primer lugar, se lleva a cabo el tamizado de la muestra obtenida en campo para separar la fracción gruesa y la fracción de ensayo y verificar que el porcentaje retenido en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " no sea mayor al 30%.
2. Luego, se preparan al menos cuatro submuestras para generar la curva de compactación y se colocan en recipientes de aluminio para humedecerlas.
3. Se determina un valor cercano a la humedad óptima y se distribuyen los siguientes tres valores a criterio del laboratorista.
4. Después, se mezcla el suelo con agua hasta obtener la misma humedad y consistencia en toda la muestra. Se compacta el material en cinco capas con 56 golpes cada una y se enrasa la superficie.
5. Finalmente, se retira el molde y se registra su peso, se toman muestras para determinar el contenido de humedad y se somete el suelo a tiempos de curado según la norma INV 152-13.

## CÁLCULOS

❖ Área del molde:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A: área del molde

D: Diámetro del molde

❖ Volumen del molde:

$$V = A * H$$

Donde:

V: volumen del molde

H: altura del molde

❖ Porcentaje de Humedad:

$$W (\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s - W_r} * 100$$

Donde:

Wr: Masa del recipiente

Wh: Masa de Recipiente + Suelo Húmedo

Ws: Masa de Recipiente + Suelo Seco

❖ Densidad Húmeda:

$$\rho_{hum} = \frac{W_{hum}}{V}$$

Donde:

$\rho_{hum}$ : Densidad Húmeda

Whum: Peso de la muestra húmeda

V: Volumen del molde

❖ Densidad Seca:

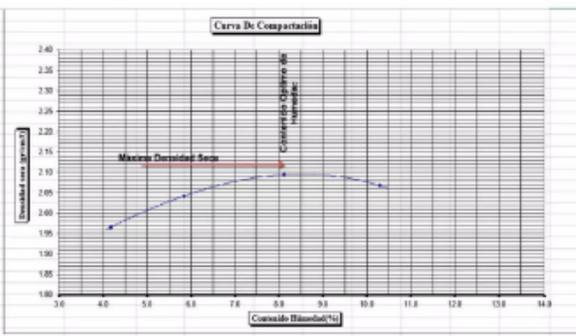
$$\rho_s = \frac{\rho_{hum}}{1 + w}$$

Donde:

$\rho_s$ : Densidad Seca

w: porcentaje de humedad

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS ENSAYO DE COMPACTACION</b>			
PROYECTO:				
UBICACIÓN:				
PROFUNDIDAD (m):				
DESCRIPCION DEL SUELO:				
MUESTRA N°:				
FECHA DE MUESTREO:				
FECHA DE ENSAYO:				
<b>DATOS</b>				
<b>ENSAYO PROCTOR</b>				
N° de ensayo	1	2	3	4
Suelo húmedo + molde				
Suelo húmedo				
Densidad húmeda				
Tara N°				
Suelo húmedo + tara				
Suelo seco + tara				
Peso de tara				
Agua				
Suelo seco				
% de humedad				
Densidad seca				
				
Volumen de molde=				
Peso de molde=				
Observaciones:				
REALIZÓ:				
LABORATORISTA:				
DOCENTE:				

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

### REFERENCIAS

AASHTO (1971 o edición posterior). Especificaciones M145-66: La Clasificación de Suelos y Mezclas de Agregados de Suelo para Propósitos de Construcción de Carreteras, "Materiales de Carreteras", Vol. 1.

Wagner, A. A. (1957), El Uso del Sistema de Clasificación Unificada por la Oficina de Reclamaciones, Proc. 4a. Cont. Int. de Mec. Suelos e Ing. de Fund. Londres, Vol. 1. pp. 125-134.

J. Bowles. (1981), Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (Pág. 69- 79). (México): Mc GRAW-HILL.

### GENERALIDADES

La clasificación de suelos es un lenguaje de comunicación. Se basa en la identificación de suelos por sus propiedades de granulometría y plasticidad agrupándolos o dividiéndolos en grupos de comportamiento semejante.

Existen varios sistemas de clasificación.

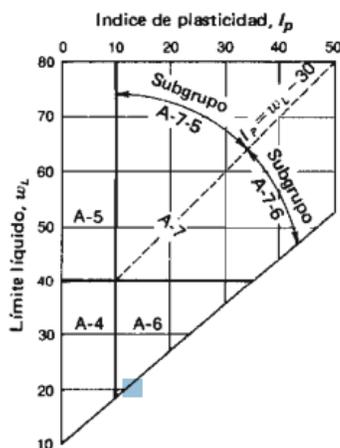
- USCS: Sistema Unificado de Clasificación. Se emplea en suelos que son utilizados como materiales de construcción en obras civiles verticales.
- AASHTO: Este sistema inicialmente se utilizó para suelos con fines agrícolas y después fue adaptado a suelos usados en obras lineales, vías y aeropuertos.
- TEXTURAL: Sistema textural o triangular. Se aplica a suelos usados con fines agronómicos.

En todos los sistemas de clasificación es totalmente esencial acompañar el símbolo de clasificación con la descripción que corresponde del suelo, pues el símbolo particular de grupo es demasiado amplio y general, como criterio de clasificación para suelos específicos.

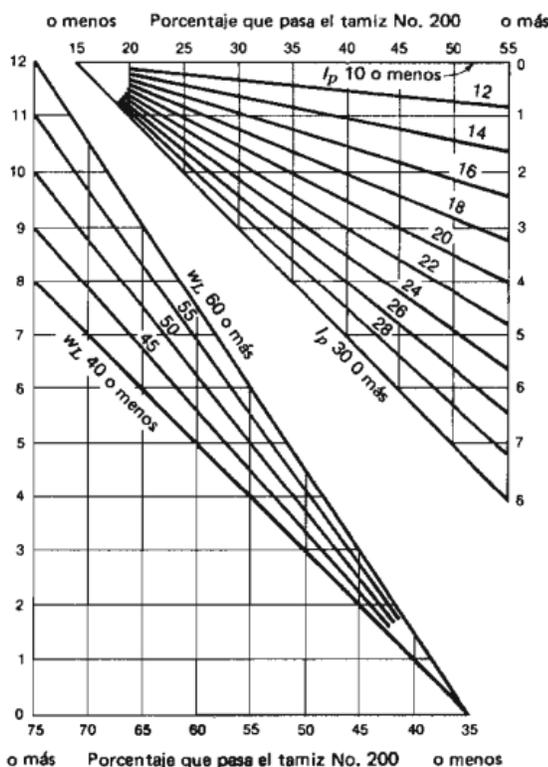
Clasificación General	Materiales Granulares (35 % o menos del total pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35 % del total pasa el tamiz No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 <sup>c</sup> A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10	50 max										
No. 40	30 max	50 max	51 min								
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No. 40											
Límite líquido, $w_L$				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Índice Plástico, $I_p$	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Índice de Grupo <sup>b</sup>	0		0	0			4 max	8 max	12 max	16 max	20 max

<sup>b</sup>Índice de Grupo =  $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$  (Ver Fig. 8-1c)

(a) Sistema de clasificación AASHTO



(b) Rangos de límite líquido e índice de plasticidad para los grupos de suelos A-4, A-5, A-6 y A-7.



(c) Cuadro para obtener el índice de grupo del suelo. El índice de grupo es igual a la suma de las dos lecturas en las escalas verticales.

Sistema AASHTO

Divisiones mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_U = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_C = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$		
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW		
		GM	Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
		GC		Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
	Arenas (Más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_U = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_C = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$ .	Si el material está en la zona sombreada con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido $LL < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% — GW, GP, SW, SP Más del 12% — GM, GC, SM, SC de 5 a 12% — Casos de frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	Limo y arcillas (límite líquido $> 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Sistema

unificado de clasificación

**PROCEDIMIENTO**

1. Cada alumno deberá clasificar el suelo asignado por el docente utilizando el Sistema Unificado o el Sistema AASHTO.
2. Minimizar el número de ensayos requeridos considerando la información requerida para cada sistema de clasificación. Utilice un sistema de determinación del límite líquido de un solo punto.
3. Asegurarse de que se toma una muestra debidamente representativa del contenedor de suelo para que se pueda verificar el trabajo si es necesario.
4. Utilizar el sistema de lavado con tamiz N.º 200. De lo contrario, la clasificación del suelo puede ser incorrecta.
5. En lugar de un informe tradicional, este estudio se presenta en bloques que contienen hojas que tabulan los resultados de cada uno de estos experimentos en un formato. Esto utilizó hojas de formato adicionales, límites de Atterberg, etc., necesarios para realizar análisis de tamaño de partículas. Asegúrese de proporcionar una descripción visual completa de cada suelo junto con el símbolo de clasificación del sistema apropiado.

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE CORTE DIRECTO

### REFERENCIAS

I.N.V. E – 154 – 13

ASTM D 3080-72

ASTM D 3080 – 98

AASHTO T 236 – 03

J. Bowels. (1981), Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (Pág. 175- 183). (México): Mc GRAW-HILL.

### GENERALIDADES

El ensayo de corte directo consiste en aplicar dos esfuerzos para fracturar una muestra de suelo. El primero es el esfuerzo normal impartido por la aplicación de una carga normal, destinada a inducir una condición de compresión experimentada por la muestra en su ambiente natural bajo esfuerzo cortante. La aplicación de una carga horizontal y los valores de tensión obtenidos de los ensayos permiten obtener un plano de ejes de coordenadas que pasa por los valores de cohesión y el ángulo de rozamiento determinado. Su aplicación en ingeniería ha perdido aplicabilidad con el tiempo y a menudo ha sido reemplazada por pruebas de compresión triaxial, pero su simplicidad, tiempo, economía, facilidad de interpretación y mejoras recientes lo han hecho cuadrado.

### OBJETIVO

Medir la resistencia al corte de un suelo. Este ensayo es útil para determinar la capacidad del suelo para soportar cargas laterales y se utiliza para evaluar la estabilidad de taludes, muros de contención, cimentaciones, entre otros. En el ensayo de corte directo, se aplica una fuerza cortante directa sobre una muestra de suelo a través de una superficie de falla plana y se mide la resistencia al corte resultante.

### EQUIPO

- Equipo de corte directo y caja de corte
- Dispositivo de aplicación fuerza cortante: se debe contar con una celda de carga y una de medición de las fuerzas horizontales aplicadas, cuyos datos aportados manejen la mayor exactitud posible, siendo este mínimo de un 1% la fuerza horizontal aplicada.

- Balanza con precisión de 0,01 g
- Discos de carga
- Deformímetros para asentamientos y deformaciones horizontales: debe ser un comparador de caratula, cuyos registros aporten una precisión de 0,0025 mm y una longitud de medición de mínimo 1,0 pulgadas. El primero de ellos en contacto con el marco de carga normal y el segundo con la pared del carro deslizante.
- Herramientas de tallado de la muestra
- Horno de secado con capacidad para mantener temperaturas constantes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- El equipo necesario para llevar a cabo el ensayo de humedad natural

## PROCEDIMIENTO

1. Se debe garantizar que los equipos a manejar dentro del ensayo tengan efectivas las calibraciones
2. Preparación de la muestra: se debe tomar una muestra representativa del suelo y se debe preparar la muestra según las normas técnicas colombianas (NTC) correspondientes.
3. Montaje de la muestra: se coloca la muestra en la celda del ensayo de corte directo y se aplica una carga normal específica.
4. Medición de la deformación: se mide la deformación axial y lateral de la muestra durante la aplicación de la carga cortante.
5. Aplicación de la carga cortante: se aplica una carga cortante a la muestra en incrementos determinados por la norma correspondiente.
6. Registro de la carga y deformación: se registra la carga y la deformación axial y lateral durante el ensayo.

## CALCULOS

❖ Área:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A: área de la cara de la muestra

D: Diámetro de la muestra

❖ Volumen:

$$V = A * H$$

Donde:

V: volumen de la muestra

H: altura de la muestra

❖ Peso Seco:

$$W_{seco} = \frac{W_{hum}}{1 + w}$$

Donde:

Wseco: peso seco de la muestra

Whum: peso húmedo de la muestra

w: Contenido de humedad

❖ Peso Húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{W_{hum}}{V}$$

Donde:

$\gamma_{hum}$ : Peso Unitario Húmedo

Whum: Peso Húmedo

V: Volumen de la muestra

❖ Área corregida

$$A_{corregida} = A_{inicial} - (Dh * (0.254)^3)$$

Donde:

Dh: Deformación horizontal

❖ Esfuerzo Normal:

$$\sigma = \frac{q}{A_{corregida}}$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo Normal

q: carga normal

❖ Esfuerzo de corte:

$$\tau = \frac{qc}{Acorregida}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo de corte

qc: carga horizontal

❖ Porcentaje de Humedad:

$$W (\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s - W_r} * 100$$

Donde:

Wr: Masa del recipiente

Wh: Masa de Recipiente + Suelo Húmedo

Ws: Masa de Recipiente + Suelo Seco



 <p>Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<b>TOMA DE DATOS CORTE DIRECTO</b>
<p>Observaciones:</p>	
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>	

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

### REFERENCIAS

I.N.V. E – 151 – 13

ASTM D 2435

ASTM D2435-70

AASHTO T 216 0 – 03

AASHTO (1976), Estimación de Asentamiento por Consolidación, Transportation Research Board, Special Report No\_ 163 (con varias referencias)

### GENERALIDADES

El ensayo de consolidación unidimensional es una prueba de laboratorio utilizada para determinar la cantidad de asentamiento que sufre un suelo cuando se le aplica una carga. Este ensayo se realiza en una muestra de suelo saturada confinada en un anillo metálico, la cual es sometida a una carga vertical incremental a través de un consolidómetro. Durante el ensayo, se miden las deformaciones verticales de la muestra a intervalos de tiempo específicos para obtener una curva de consolidación, que muestra cómo el suelo se asienta y se compacta a lo largo del tiempo. La información obtenida del ensayo de consolidación unidimensional es útil para determinar la capacidad portante del suelo y predecir su comportamiento a largo plazo bajo cargas estáticas.

### OBJETIVO

Determinar su capacidad de consolidación y deformación en el tiempo bajo una carga constante. A través del ensayo, se pueden obtener datos para la construcción de curvas de consolidación, que muestran la relación entre la deformación del suelo y el tiempo, y que son útiles para predecir la tasa de consolidación y el asentamiento de las estructuras a largo plazo.

### EQUIPO

- Consolidómetro
- Deformímetro: Debe trabajar con una aproximación de 0,0001”.
- Anillo de bronce, aluminio o acero inoxidable u otro material que no presente corrosión ante el contacto con el material de las muestras
- Horno: debe trabajar y mantener una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$

- Dispositivo de carga: dispositivo para la aplicación de cargas verticales, capaz de mantener cargas constantes con una precisión de  $\pm 0,5$  % de la carga aplicada en el momento
- Piedras porosas: de material que garantice no ser susceptible a ser atacado por el contacto con las muestras o por la humedad
- Balanza: debe trabajar con aproximación de 0,1 g o 0,1 % del peso de la muestra
- Cronometro
- Recipientes: Necesarios para determinar el contenido de humedad y cuyas características cumplan lo estipulado por la INV. E-141.
- Equipos menores: Espátulas para enrazar, bisturí y trapos húmedos o papel parafinado para proteger la muestra.

## PROCEDIMIENTO

1. Después de preparar la muestra, se coloca un anillo en el consolidador con la roca porosa y el papel de filtro para permitir que la muestra se expanda antes de ser comprimida.
2. Se aplica una carga de asentamiento de 1,0 kg o 0,5 kg para suelos blandos y se registra la deformación inicial.
3. Se aplican niveles de carga específicos y se registran las deformaciones en intervalos de tiempo determinados. Los incrementos de carga recomendados varían de 0.0125 kg/cm<sup>2</sup> a 3.200 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los tiempos de registro para deformaciones varían de 1 segundo a 24 horas.
4. Para caracterizar el proceso de descarga, se descarga el suelo haciendo reducciones en orden inverso a la aplicación de las cargas y se registran las deformaciones en intervalos de tiempo similares.
5. Finalmente, se retira la muestra y se determina la altura final, el peso del anillo más la muestra húmeda y seca.

## CÁLCULOS

❖ Área:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A: área de la cara de la muestra

D: Diámetro de la muestra

❖ Volumen:

$$V = A * H$$

Donde:

V: volumen de la muestra

H: altura de la muestra

❖ Peso Seco:

$$W_{seco} = \frac{W_{hum}}{1 + w}$$

Donde:

Wseco: peso seco de la muestra

Whum: peso húmedo de la muestra

w: Contenido de humedad

❖ Peso Unitario Húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{W_{hum}}{V}$$

Donde:

$\gamma_{hum}$ : Peso Unitario Húmedo

Whum: Peso Húmedo

V: Volumen de la muestra

❖ Peso Unitario Seco:

$$\gamma_{seco} = \frac{W_{seco}}{V}$$

Donde:

$\gamma_{seco}$ : Peso Unitario Seco

Wseco: Peso Seco

V: Volumen de la muestra

❖ Volumen de agua:

$$V_w = W_{hum} - W_{seco}$$

❖ Volumen de sólidos:

$$V_s = V - V_w$$

❖ Altura de Sólidos:

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

❖ Relación de Vacíos Inicial:

$$e = \frac{H - H_s}{H_s} H_s$$

Donde:

$e$ : relación de vacíos inicial

$H$ : altura inicial de la muestra

$H_s$ : altura de sólidos

❖ Relación de Vacíos Final:

$$e = \frac{H_f - H_s}{H_s}$$

Donde:

$e$ : relación de vacíos final

$H$ : altura final de la muestra

$H_s$ : altura de sólidos

❖ Esfuerzo Axial Total:

$$\sigma = \frac{(P * \text{Relación de brazo}) + (Ma * \text{Relación de brazo})}{A}$$

Donde:

$\sigma$ : esfuerzo axial total

$P$ : carga en brazo

$Ma$ : masa de aparato que descansa sobre la muestra

❖ Deformación Vertical:

$$\varepsilon (\%) = \frac{H - H_f}{H} * 100$$

❖ Esfuerzo Efectivo Inicial:

$$\sigma_o = \gamma_{hum} * H_p$$

Donde:  $\sigma_o$ : esfuerzo efectivo inicial

$H_p$ : Profundidad promedio de la muestra

$\gamma_{hum}$ : Peso Unitario húmedo

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL</b>																																																								
<b>PROYECTO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> <b>PROFUNDIDAD (m):</b> <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> <b>MUESTRA N°:</b> <b>FECHA DE MUESTREO:</b> <b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td></tr> </table>																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">DATOS INICIALES</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">ANILLO N°:</th> <th style="width: 15%;">D(cm):</th> <th style="width: 15%;">H(cm):</th> <th style="width: 15%;">A(cm<sup>2</sup>):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="4">PESO INICIAL MUESTRA + ANILLO(g)</td></tr> <tr><td colspan="4">PESO ANILLO (g)</td></tr> <tr><td colspan="4">PESO MUESTRA ANTES (g)</td></tr> <tr><td colspan="4">VOLUMEN ANILLO (cm<sup>3</sup>)</td></tr> <tr><td colspan="4">PESO FINAL MUESTRA + ANILLO(g)</td></tr> <tr><td colspan="4">PESO MUESTRA ANTES (g)</td></tr> </tbody> </table>	DATOS INICIALES				ANILLO N°:	D(cm):	H(cm):	A(cm <sup>2</sup> ):	PESO INICIAL MUESTRA + ANILLO(g)				PESO ANILLO (g)				PESO MUESTRA ANTES (g)				VOLUMEN ANILLO (cm <sup>3</sup> )				PESO FINAL MUESTRA + ANILLO(g)				PESO MUESTRA ANTES (g)				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">RECIPIENTE</th> <th style="width: 25%;">INICIAL</th> <th style="width: 25%;">FINAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>W1(g)</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>W2(g)</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Wc(g)</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td colspan="3">Wt: peso recipiente + muestra húmeda</td></tr> <tr><td colspan="3">W2: peso recipiente + muestra seca</td></tr> <tr><td colspan="3">Wc: peso del recipiente</td></tr> </tbody> </table>	CONTENIDO DE HUMEDAD			RECIPIENTE	INICIAL	FINAL	W1(g)			W2(g)			Wc(g)			Wt: peso recipiente + muestra húmeda			W2: peso recipiente + muestra seca			Wc: peso del recipiente		
DATOS INICIALES																																																									
ANILLO N°:	D(cm):	H(cm):	A(cm <sup>2</sup> ):																																																						
PESO INICIAL MUESTRA + ANILLO(g)																																																									
PESO ANILLO (g)																																																									
PESO MUESTRA ANTES (g)																																																									
VOLUMEN ANILLO (cm <sup>3</sup> )																																																									
PESO FINAL MUESTRA + ANILLO(g)																																																									
PESO MUESTRA ANTES (g)																																																									
CONTENIDO DE HUMEDAD																																																									
RECIPIENTE	INICIAL	FINAL																																																							
W1(g)																																																									
W2(g)																																																									
Wc(g)																																																									
Wt: peso recipiente + muestra húmeda																																																									
W2: peso recipiente + muestra seca																																																									
Wc: peso del recipiente																																																									
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>																																																									
<b>Observaciones:</b> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>																																																									



Universidad Francisco  
de Paula Santander

### TOMA DE DATOS CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

Carga (Kg)	CARGAS							DESCARGAS					
	0,250	0,500	1,000	2,000	4,000	8,000	16,000	8,000	4,000	2,000	1,000	0,500	0,250
L. inicial													
Tiempo													
Minutos	Seg												
0	0												
0	1												
0	15												
0	25												
0	50												
1	0												
1	30												
2	0												
3	0												
4	0												
6	0												
8	0												
12	0												
15	0												
20	0												
30	0												
60	0												
120	0												
240	0												
480	0												

REALIZÓ:

LABORATORISTA:

DOCENTE:

## PROCEDIMIENTO ENSAYO TRIAXIAL

### REFERENCIAS

AASHTO T234-70

ASTM 02850-70

ASTM (1949-50), Ensayos Triaxiales de Suelos y Mezclas Bituminosas, STP No\_ 106

### GENERALIDADES

Es ensayo de compresión triaxial es el más usado para determinar las características de esfuerzo-deformación y de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos. Consiste en aplicar esfuerzos laterales y verticales diferentes, a probetas cilíndricas de suelo y estudiar su comportamiento.

En este ensayo, una muestra de suelo cilíndrica se coloca en una celda triaxial y se aplica una presión de confinamiento axial constante a la muestra. Luego se aumenta gradualmente la presión axial hasta que la muestra falla. Durante el ensayo, se miden la deformación axial, la deformación radial y la presión de poro en la muestra de suelo. Con los datos obtenidos, se pueden calcular la resistencia a la compresión no confinada, la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo. El ensayo de compresión triaxial se utiliza comúnmente en la ingeniería geotécnica para el diseño de cimientos y estructuras de tierra. Pueden ser:

- No consolidados- no drenados (UU) o rápidos (Q): se impide el drenaje durante las dos etapas del ensayo.
- Consolidados- no drenados (CU) o consolidados-rápidos (RC): se permite el drenaje durante la primera etapa solamente
- Consolidados-drenados (CD) o lentos (S): se permite drenar durante todo el ensayo, y no se dejan generar presiones neutras aplicando los incrementos de carga en forma pausada durante la segunda etapa y dejando que el suelo se consolide con cada incremento.

—

### OBJETIVO

Determinar el ángulo de rozamiento interno y la cohesión del suelo, que permitan establecer su resistencia al corte, aplicando a las probetas esfuerzos verticales y laterales que tratan de reproducir los esfuerzos a los que está sometido el suelo en condiciones naturales.

## **EQUIPO**

- Cámara triaxial
- Máquina de compresión triaxial
- Membrana de caucho
- Molde metálico
- Bomba de vacío
- Compresor de aire
- Balanza de precisión con precisión de 0,01 g
- Equipo para determinar el contenido de humedad
- Base y extensión para el molde
- Balanza electrónica
- Herramientas para mezclar, cucharas, paletas, etc.

## **PROCEDIMIENTO**

1. En la selección del suelo para ser utilizado en un ensayo triaxial, se prefieren muestras inalteradas y se deben tomar al menos tres especímenes cilíndricos, evitando destruir la estructura original del suelo. Si la muestra es alterada, se compacta con una energía específica y se preparan los especímenes según las dimensiones de la máquina triaxial a utilizar.
2. Antes de preparar los especímenes, se debe tomar una muestra para determinar el contenido de humedad.
3. Para realizar el ensayo triaxial, se pesa el primer espécimen y se coloca en la base de la cámara triaxial, utilizando una piedra porosa entre la muestra y dicha base.
4. Se sigue un procedimiento específico para colocar la membrana de caucho, la cabeza de plástico y las ligas para asegurar la membrana en la parte superior e inferior.
5. Si la muestra no está saturada, se debe saturar abriendo las válvulas de saturación permitiendo que el agua fluya desde la base a través de la muestra.
6. Se aplica la presión lateral indicada y se aplica la carga hasta romper la muestra, anotando las lecturas de las deformaciones axiales y de la carga aplicada.

7. Una vez finalizado el ensayo, se reduce la presión, se seca la cámara y se procede a determinar la humedad. Este proceso se repite con los demás especímenes, utilizando presiones laterales diferentes.

## CÁLCULOS

- ❖ Se determina el área representativa inicial de la probeta (A.) mediante la siguiente expresión:

$$A = \frac{A_s + 4 \cdot A_m + A_i}{6}$$

Donde:

$A_s$  = Área superior, calculada con el diámetro superior promedio

$A_m$  = Área media, calculada con el diámetro medio promedio

$A_i$  = Área inferior, calculada con el diámetro inferior promedio

- ❖ El volumen de la probeta (V), se determina de la siguiente manera:

$$V = A_o * h$$

- ❖ Los pesos específicos húmedo y seco, se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$Y_h = \frac{W}{V} \quad Y_s = \frac{Y_h}{1 + \%h}$$

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS ENSAYO TRIAXIAL</b>										
<b>PROYECTO:</b> <b>UBICACIÓN:</b> <b>PROFUNDIDAD (m):</b> <b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> <b>MUESTRA N°:</b> <b>FECHA DE MUESTREO:</b> <b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>										
<b>ENSAYO TRIAXIAL</b>											
Ds=	cm	LEC. DEF.	DEFORM.	LEC. DIAL	CARGA	DEFORM	A CORREGIR	ESF. DESV			
Dm=	cm										
Di=	cm										
Dp=	cm										
Ho=	cm										
Ao=	Cm <sup>2</sup>										
Vo=	Cm <sup>3</sup>										
W=	g										
Yh=	g/cm <sup>3</sup>										
Ys=	g/cm <sup>3</sup>										
$\sigma$ =	Kg/cm <sup>2</sup>										
Cte=	Kg/cm										
Observaciones:		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>									
				INICIAL				FINAL			
		N° de capsula									
		Peso de capsula									
		Peso capsula + S. Hum									
		Peso capsula + S. seco									
		Contenido de humedad									
		Contenido medio de h.									
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>										

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE CBR

### REFERENCIAS

I.N.V. E – 148 – 13

ASTM D 1883 – 07

### GENERALIDADES

El método de CBR se utiliza comúnmente para analizar materiales con un diámetro máximo de partículas de  $\frac{3}{4}$ ". Existen metodologías adicionales para otros tipos de granulometría, pero no se detallan en este manual. El método de CBR es importante en el diseño de pavimentos flexibles, ya que permite evaluar la resistencia potencial de los materiales utilizados en la base y subbase de las estructuras, así como la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura. Se presenta una tabla que clasifica el suelo en función de los valores de CBR.

Valor CBR	Clasificación General	Usos
0--3	Muy Pobre	Subrasante
3--7	Pobre a Regular	Subrasante
7--20	Regular	Sub-base
20--50	Bueno	Base, Subbase
>50	Excelente	Base

Clasificación de suelos según CBR.

Es un ensayo de laboratorio utilizado para evaluar la resistencia al corte de los suelos y la capacidad portante subyacente en relación con los materiales de construcción de carreteras. En este ensayo, se mide la relación entre la fuerza necesaria para penetrar un pistón en una muestra de suelo y la fuerza necesaria para penetrarlo en un material de referencia (generalmente una piedra triturada de una densidad y gradación determinadas). El valor CBR se expresa como un porcentaje de la carga necesaria para penetrar el suelo con la carga necesaria para penetrar el material de referencia.

### OBJETIVO

Determinar la resistencia a la penetración de un suelo en comparación con la resistencia de una muestra de suelo estándar (generalmente una mezcla de piedra triturada y arena) en condiciones controladas. El ensayo se utiliza comúnmente en el diseño y evaluación de carreteras y pistas de aterrizaje para determinar la capacidad de soporte del suelo subyacente y su capacidad para soportar cargas sin deformarse excesivamente.

## EQUIPO

- Máquina de compresión

Para suelos cuya resistencia a la compresión inconfiada se estime por debajo de 100 kPa (1kg/cm<sup>2</sup>), la máquina de compresión debe medir los valores de esfuerzos con una precisión de 1kPa (0.01 kg/cm<sup>2</sup>).

Para suelos cuya resistencia a la compresión inconfiada se estime por encima de 100 kPa (1kg/cm<sup>2</sup>), la máquina de compresión debe medir los valores de esfuerzos con una precisión de 5kPa (0.05 kg/cm<sup>2</sup>).

- Molde cilíndrico de compactación: se usa el mismo molde del ensayo de compactación. Diámetro de 6", altura de 116.4 mm y material metálico.
- Martillo de compactación: Su diámetro es de aprox. 50.8 mm
- Placa de metal perforada de aprox. 150 mm de diámetro, trípode que conecte sus patas con el borde del molde y sostenga un deformímetro con su vástago de contacto.
- Sobrecargas metálicas: con un diámetro aprox. de 150 mm y peso de 2,27 kilogramos.
- Deformímetro: cuyos registros aporten una precisión de 0,0025 mm y una longitud de medición de mínimo 1,0 pulgadas.
- Cilindro de Penetración: el cilindro debe ser de material metálico, con una longitud mayor a 101,6 mm y un diámetro de 46,63 mm.
- Tamices: se debe contar con tamices No. 4 y 3/4". La condición de su malla debe estar en perfecto estado.
- Horno de secado: con capacidad para mantener temperaturas constantes de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes de muestreo: su material preferiblemente aluminio, que soporte altas temperaturas y sea resistente a la corrosión por el contacto con la humedad de las muestras.
- Guantes contra altas temperaturas o herramientas para manejar los recipientes.
- Balanza de precisión: con precisión de 0,01 g, previamente calibradas.

- Herramientas menores: herramientas menores como son espátulas, trapos de limpieza, seguetas, entre otros.

## **PROCEDIMIENTO**

1. Verificar el peso del molde para corroborar su información de peso, altura y volumen.
2. Preparar el equipo de compactación en una superficie firme y plana.
3. Colocar un disco espaciador y un papel de filtro en la base del molde para evitar adherencia del suelo.
4. Compactar el suelo en cinco capas.
5. Retirar la camisa superior, enrasar la muestra y tomar una muestra representativa del material sobrante para determinar el porcentaje de humedad.
6. Determinar el peso unitario del suelo pesando el conjunto molde más suelo compactado.
7. Colocar un papel de filtro en la base y colocar el molde invertido para realizar la siguiente etapa.
8. Se pueden realizar dos variantes del ensayo: con muestras saturadas o en condición natural.

### ***Saturada***

1. Determine la presión que ejercerá el suelo a la profundidad de interés y el número de sobrecargas metálicas necesarias para simular esta presión en función del área de contacto.
2. Coloque las sobrecargas metálicas y una placa perforada sobre la muestra compactada, registrando el valor de las sobrecargas y asegurándose de que la aproximación sea de al menos 2,2 kg.
3. Prepare un tanque estable con una superficie inferior plana, sin vibraciones y sin riesgo de turbulencias u oleaje.
4. Sumergir el molde en el tanque con agua, asegurándose de que la lámina superior de agua esté al menos 20 mm por encima del punto donde comienza la camisa superior.
5. Monte un trípode sobre el borde del molde, marcando los puntos exactos de contacto de las patas en caso de ser necesario retirarlo durante el ensayo.
6. Ajuste y registre la primera lectura del deformímetro de carátula.

7. Finalice el ensayo después de 96 horas o cuando se registren valores de expansión cero por un período mayor a 24 horas. No finalice el ensayo antes de 24 horas. Se recomienda hacer lecturas en los siguientes intervalos de tiempo:

Horas	0	1	2	4	8	12	24	36	48	72	96
Lectura #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

8. Luego de retirar la muestra de la inmersión, se debe sacar y dejar drenar por un lapso de 15 minutos y secar sus superficies expuestas. Luego de esto se debe registrar el peso muestra saturada más molde.
9. Llevar el conjunto (con sobrecargas incluidas) a la máquina de compresión y con una presión no mayor a 4,5 kg presionar el pistón de penetración sobre la muestra.
10. Tanto el deformímetro de carga como el deformímetro de penetración se deben llevar a cero luego de realizar el paso anterior.
11. A partir de este momento se lleva a cabo la compresión con una velocidad de penetración de 1,27 mm por minuto.
12. La penetración se debe llevar hasta una profundidad de penetración de 0,5 “y los rangos de registros que se tomen pueden ser definidos por el ingeniero encargado. Se recomienda que sean rangos no mayores a 0,025 “. Entre más registros se tomen, la curva será mucho mejor definida.

***No saturada***

1. Llevar el conjunto (con sobrecargas incluidas) a la máquina de compresión y con una presión no mayor a 4,5 kg presionar el pistón de penetración sobre la muestra.
2. Tanto el deformímetro de carga como el deformímetro de penetración se deben llevar a cero luego de realizar el paso anterior.
3. A partir de este momento se lleva a cabo la compresión con una velocidad de penetración de 1,27 mm por minuto.
4. La penetración se debe llevar hasta una profundidad de penetración de 0,5 “y los rangos de registros que se tomen pueden ser definidos por el ingeniero encargado. Se recomienda que sean rangos no mayores a 0,025 “. Entre más registros se tomen, la curva será mucho mejor definida.

## CÁLCULOS

❖ Área del molde:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A: área del molde

D: Diámetro del molde

❖ Volumen del molde:

$$V = A * H$$

Donde:

V: volumen del molde

H: altura del molde

❖ Porcentaje de Humedad:

$$W (\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s - W_r} * 100$$

Donde:

W<sub>r</sub>: Masa del recipiente

W<sub>h</sub>: Masa de Recipiente + Suelo Húmedo

W<sub>s</sub>: Masa de Recipiente + Suelo Seco

❖ Densidad Húmeda:

$$\rho_{hum} = \frac{W_{hum}}{V}$$

Donde:

$\rho_{hum}$ : Densidad Húmeda

W<sub>hum</sub>: Peso de la muestra húmeda

V: Volumen del molde

❖ Densidad Seca:

$$\rho_s = \frac{\rho_{hum}}{1 + W}$$

Donde:

ps: Densidad Seca

w: porcentaje de humedad

❖ CBR a 0,1” y 0,2 “de penetración:

$$CBR = \frac{\text{ESFUERZO EN EL SUELO PATRON}}{\text{ESFUERZO EN EL SUELO PATRON}}$$

$$CBR 0,1 \text{ "} = \frac{\text{CARGA EN PSI}}{1000} * 100$$

$$CBR 0,2 \text{ "} = \frac{\text{CARGA EN PSI}}{1500} * 100$$

❖ Porcentaje de expansión:

$$\% \text{ expansión} = \frac{L_o - L_f}{H}$$

Donde:

$L_o$ : Lectura Inicial

$L_f$ : Lectura final

$L_o$ : Altura del espécimen

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS ENSAYO CBR</b>
--	-------------------------------------

<b>PROYECTO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	
<b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b>	
<b>MUESTRA N°:</b>	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

**DATOS**

ENSAYO DE COMPACTACION		
	SIN INMERSION	CON INMERSION
Molde N°		
Numero de golpes por capa		
Peso molde + suelo húmedo (g)		
Peso molde (g)		
Peso suelo húmedo (g)		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		
DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE COMPACTACION		
	SIN INMERSION	CON INMERSION
Capsula N°		
Peso capsula + suelo húmedo (g)		
Peso capsula + suelo seco (g)		
Peso agua (g)		
Peso capsula (g)		

PENETRACION						
PRUEBA	SIN INMERSION			CON INMERSION		
	CARGA			CARGA		
PULG.	LECTURA(KN)	LIB. F	PSI	LECTURA(KN)	LIB. F	PSI
0,005						
0,025						
0,050						
0,075						
0,100						
0,150						
0,200						
0,250						
0,300						
0,400						
0,500						

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS ENSAYO CBR</b>						
<b>EXPANSION</b>	<b>TIEMPO (h)</b>	<b>INICIAL</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>	<b>120</b>
	<b>LECTURA (mm)</b>						
Observaciones:							
<b>REALIZÓ:</b> <b>LABORATORISTA:</b> <b>DOCENTE:</b>							

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE PENETRACIÓN

### REFERENCIAS

COVENIN 1105

ASTM D 5

AASHO T 49

### GENERALIDADES

El ensayo de Penetración se utiliza para medir la dureza o consistencia relativa de los cementos asfálticos, y consiste en medir la distancia en décimas de milímetros que una aguja normalizada penetra verticalmente en una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo. Este ensayo ha sido normalizado por la ASTM bajo el código D5, y la carga aplicada es de 100 g con un tiempo de 5 s. La distancia de penetración se registra en unidades de 0.1 mm y cuanto más blanda es la muestra, mayor será la penetración de la aguja. Si se realizan las pruebas en diferentes condiciones, se deben reportar los resultados junto con la temperatura, carga y tiempo de ensayo utilizados.

GRADO DE PENETRACIÓN									
40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
232	---	232	---	232	---	218	---	177	---
100	---	100	---	100	---	100	---	100 ^	---
99.0	---	99.0	---	99.0	---	99.0	---	99.0	---
55+	---	52+	---	47+	---	42+	---	37+	---
---	---	50	---	75	---	100	---	100 ^	---

Clasificación de cemento asfáltico según se penetración

Grado de Penetración	Grado de Viscosidad AC (Asphalt Cement)
40-50	AC-40
60-70	AC-20
85-100	AC-10
120-150	AC-5
200-300	AC-2.5

Equivalencias entre grado de penetración y grado de viscosidad

## OBJETIVO

Determinar la penetración de los materiales bituminosos con el fin de medir la consistencia o dureza de los mismos. Es un procedimiento utilizado para evaluar la resistencia de un pavimento asfáltico a la penetración de una sonda normalizada en una determinada temperatura y tiempo de carga. Se utiliza para medir la dureza y la consistencia de un pavimento, lo que a su vez proporciona información importante sobre su capacidad para soportar cargas y su durabilidad.

## EQUIPOS

- Penetrómetro: con una precisión de 0.1 mm.
- Aguja Patrón: Debe ser de acero inoxidable templado, grado 440 C
- Recipiente para la muestra
- Baño de María: Un baño de agua de temperatura regulada en  $25\text{ C} \pm 0.1\text{ C}$  con un volumen de agua de no menos de 10 litros.
- Horno
- Cronómetro: con precisión de  $\pm 0.1$  segundos.
- Linterna o Lámpara
- Recipiente para transferencia: Debe ser de forma cilíndrica y fondo plano, hecho de vidrio, metal o plástico de 350 ml de capacidad y suficiente profundidad para que el agua cubra el recipiente de la muestra.
- Termómetro: incorporado en el baño de agua.

**PROCEDIMIENTO**

1. Se calienta una muestra de 200 g hasta que su consistencia sea lo suficientemente fluida para transferirla al recipiente apropiado, sin superar los 90°C por encima del punto de reblandecimiento si se trata de asfalto y los 60°C si es alquitrán.
2. Se vierten dos porciones de muestras separadas en el recipiente, evitando burbujas de aire, y se cubre para dejar enfriar en condiciones ambientales.
3. Luego se coloca el recipiente en el baño de agua mantenido a la temperatura especificada para el ensayo. Se coloca un peso de 50 g sobre la aguja y se baja cuidadosamente hasta tocar la muestra.
4. Se verifica que la aguja toque la superficie de la muestra, se ajusta el indicador del aparato en cero y se libera el sistema para dejar caer la aguja durante 5 s sin soltar el seguro para penetrar la muestra y medir la distancia de penetración con el indicador.
5. Se realizan al menos tres penetraciones en diferentes puntos y distancias, limpiando la aguja después de cada penetración. Si se utiliza la taza de transferencia, se lleva todo el conjunto al baño de agua antes de realizar la siguiente penetración.

## FORMATO TOMA DE DATOS

 Universidad Francisco de Paula Santander	<b>TOMA DE DATOS ENSAYO DE PENETRACION</b>
<b>PROYECTO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	
<b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b>	
<b>MUESTRA N°:</b>	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

DATOS			
	Capsula 1	Capsula 2	Capsula 3
1er ensayo			
2do ensayo			
3er ensayo			
PROM			

PENETRACION										
	40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Penetración a 25°C										
Punto de ablandamiento *C										
Punto de inflamación °C										
Ductilidad a 25°C										
Solubilidad en tricloro etileno, %										
Penetración después de prueba de película delgada										
Ductilidad a 25°C, cm después de prueba de película delgada										

Observaciones:

<b>REALIZÓ:</b>	
<b>LABORATORISTA:</b>	
<b>DOCENTE:</b>	

## **PROCEDIMIENTO ENSAYO MÉTODO MARSHALL PARA DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**

### **REFERENCIAS**

ASTM D 244

ASTM D-1559

AASHTO T-245

### **GENERALIDADES**

La prueba Marshall es una técnica de ensayo utilizada para evaluar la estabilidad y la fluidez de las mezclas de asfalto. Consiste en compactar un cilindro de asfalto calentado a una temperatura específica dentro de un molde de Marshall y luego enfriarlo. Posteriormente, se mide la estabilidad de la muestra a medida que se somete a una fuerza de carga axial. La prueba de Marshall se utiliza para medir la resistencia a la deformación y la capacidad de soportar cargas de las mezclas asfálticas y se utiliza comúnmente en la construcción de carreteras y pavimentos.

### **OBJETIVO**

Evalúa la resistencia a la deformación plástica y la estabilidad de la mezcla asfáltica, lo que permite determinar el contenido óptimo de asfalto y la calidad de los agregados utilizados en la mezcla. Además, el ensayo permite determinar la densidad máxima teórica de la mezcla y la densidad real obtenida durante la compactación, lo que permite verificar la calidad del proceso constructivo.

### **EQUIPOS**

- Espátula
- Balanza
- Termómetro
- Martillo Marshall
- Equipo para sacar las briquetas del molde
- Molde
- Equipo baño maría
- Probeta Marshall
- Equipo de compactación

## **PROCEDIMIENTO**

- 1) Se debe seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto, teniendo en cuenta la relación viscosidad-temperatura del cemento asfáltico para establecer las temperaturas de mezclado y compactación en el laboratorio.
- 2) Se pesan la arena, grava, filler y cemento asfáltico, y se determinan los porcentajes de cada componente para cada porcentaje de cemento asfáltico.
- 3) Se mezclan todos los componentes hasta obtener una mezcla homogénea, primero colocando los agregados y el filler en una bandeja y calentándolos en una cocina, y luego mezclando con el elemento asfáltico a 140°C.
- 4) Las mezclas asfálticas calientes se colocan en moldes precalentados Marshall y se compactan con el martillo Marshall, usando el número de golpes necesario según la cantidad de tránsito prevista.
- 5) Las briquetas se extraen de los moldes y se dejan enfriar.
- 6) Se bañan las muestras con parafina hasta que no queden vacíos en el espécimen.
- 7) Se pesan las muestras al aire y sumergidas.
- 8) Se colocan las muestras en baño maría durante 30 minutos.
- 9) Se determina la estabilidad y el flujo de los especímenes colocándolos en la probeta Marshall y en el equipo compactador, anotando los valores obtenidos.

## **PROCEDIMIENTO ENSAYO DE ABRASION POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES**

### **REFERENCIAS**

ASTM C-131

ASTM C-535

INV E-217-07

## **GENERALIDADES**

El ensayo de abrasión por medio de la máquina de Los Ángeles es un método de prueba utilizado para evaluar la resistencia de los agregados a la abrasión y el desgaste. La prueba simula las condiciones de carga y fricción que se producen en un pavimento en servicio y se utiliza para determinar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de carreteras y otras estructuras similares.

El ensayo se lleva a cabo utilizando una máquina de Los Ángeles, que consiste en un tambor giratorio que contiene una carga de agregado y bolas de acero. El tambor gira a una velocidad constante durante un período de tiempo específico, mientras que el agregado y las bolas de acero se desgastan y se descomponen en partículas más pequeñas. Después de la prueba, se mide la cantidad de pérdida de material y se expresa como un porcentaje del peso inicial del agregado.

La prueba de abrasión de Los Ángeles es importante para determinar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de carreteras y otras estructuras similares, ya que los materiales que son más susceptibles a la abrasión y el desgaste pueden requerir una mayor frecuencia de mantenimiento y reemplazo. Además, la prueba es útil para determinar la idoneidad de los agregados para su uso en pavimentos de alta velocidad y en condiciones de tráfico pesado.

## **OBJETIVO**

Este método describe el procedimiento para determinar el porcentaje de desgaste de los agregados de tamaños menores a 37.5 mm (1 ½”) y agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾”), por medio de la máquina de los Ángeles.

## **EQUIPOS**

- Máquina de desgaste de Los Ángeles
- Tamices. De los siguientes tamaños: 3”, 2 ½”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, ¼”, N°4, N°8.  
Un tamiz N°12 para el cálculo del desgaste

- Esferas de acero: De 46.38 a 47.63 mm de diámetro de peso equivalente entre 390 a 445 gr.
- Horno: Capaz de mantener una temperatura de  $110\pm 5$  °C
- Balanza: Sensibilidad de 1.0 gr

## PROCEDIMIENTO

1. Previamente, es necesario lavar y secar el material a una temperatura constante de 105-110°C y tamizarlo según las mallas indicadas en las Tablas N°1 o N°2, y mezclarlo en las cantidades requeridas por el método correspondiente.
2. La muestra debe ser pesada con una precisión de 1 gramo para los agregados gruesos de hasta 1 1/2" y 5 gramos para los tamaños mayores a 3/4".
3. La muestra se introduce junto con la carga abrasiva en la máquina de Los Ángeles, se cierra la abertura del cilindro con su tapa, se acciona la máquina y se regula el número de revoluciones adecuado según el método.
4. Después de finalizar el tiempo de rotación, se saca el agregado y se tamiza con la malla N°12.
5. El material retenido en el tamiz N°12 se debe lavar, secar en horno a una temperatura constante entre 105°C y 110°C, y pesar con una precisión de 1 gramo.

## CÁLCULOS

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial.

$$\% \text{ desgaste} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \times 100$$

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE PAVIMENTOS

### REFERENCIAS

ASTM D5084-16

AASHTO T 215-19

Transport Research Laboratory. A laboratory study of the permeability of asphaltic materials. Report LR 984. Crowthorne, Berkshire: TRL, 1981.

## **GENERALIDADES**

El ensayo de permeabilidad de pavimentos tiene como objetivo medir la capacidad del pavimento para permitir el flujo de agua a través de él. La permeabilidad del pavimento es una propiedad importante ya que una permeabilidad alta puede conducir a la acumulación de agua en la superficie, lo que puede afectar la seguridad de los usuarios de la carretera.

El ensayo se realiza colocando una muestra del pavimento en un dispositivo de permeabilidad y aplicando una carga hidrostática de agua a la muestra. Se mide la cantidad de agua que fluye a través de la muestra en un período de tiempo determinado. El resultado se expresa en términos de la tasa de flujo de agua (en unidades de volumen por unidad de tiempo y área).

La prueba de permeabilidad se utiliza para evaluar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de carreteras y pavimentos, y para determinar la capacidad de drenaje del pavimento. La prueba también puede utilizarse para medir el impacto de diferentes técnicas de construcción y tratamientos en la permeabilidad del pavimento.

## **OBJETIVO**

Determinar la capacidad de un pavimento para permitir el paso de agua a través de sus capas. Esto es importante ya que el agua es una de las principales causas de deterioro de los pavimentos, y la permeabilidad puede afectar la vida útil y la capacidad de carga del pavimento. La medición de la permeabilidad también puede ayudar a determinar la necesidad de drenaje o de construir capas adicionales en el pavimento para evitar la acumulación de agua.

## **EQUIPOS**

- Permeámetro
- Bomba de vacío: se utiliza para crear un vacío en el permeámetro.
- Medidores de presión y vacío: se utilizan para medir la presión y el vacío dentro del permeámetro.
- Manómetros: se utilizan para medir la presión y el vacío en el permeámetro.
- Equipo de filtración: se utiliza para filtrar el agua que se utiliza en el ensayo de permeabilidad de pavimentos.
- Mangueras y tubos: se utilizan para conectar el permeámetro con la bomba de vacío y el equipo de filtración.

- Agua: se utiliza para aplicar la carga hidráulica sobre el pavimento.
- Esponjas: se utilizan para secar el agua que se filtra a través del pavimento durante el ensayo.
- Balanza: se utiliza para pesar las esponjas antes y después del ensayo para determinar la cantidad de agua que se filtró a través del pavimento.
- Cronómetro: se utiliza para medir el tiempo que tarda en filtrarse el agua a través del pavimento.
- Cilindros de muestras de pavimento: se utilizan para recolectar muestras de pavimento para realizar el ensayo de permeabilidad.
- Llana: se utiliza para nivelar la superficie del pavimento antes de realizar el ensayo de permeabilidad.

## **PROCEDIMIENTO**

1. Preparación de la muestra: Se toma una muestra representativa del pavimento y se corta en forma de cilindro con un diámetro y altura específicos. La muestra se seca y se pesa para determinar su densidad.
2. Aparato de permeabilidad: Se utiliza un aparato de permeabilidad de carga constante para realizar el ensayo. Este aparato consiste en una cámara cilíndrica en la que se coloca la muestra de pavimento. En la parte superior de la cámara se coloca una placa de carga con un peso específico.
3. Preparación de la muestra: Se aplica una carga axial constante sobre la muestra durante un tiempo determinado, lo que permite que el agua fluya a través de la muestra.
4. Medición del caudal: Durante el ensayo, se mide el caudal de agua que fluye a través de la muestra a intervalos regulares. Se utiliza un medidor de caudal para medir el flujo.
5. Cálculo de la permeabilidad: Se utiliza la ley de Darcy para calcular la permeabilidad del pavimento. La ley de Darcy establece que la velocidad del agua que fluye a través del pavimento es proporcional a la diferencia de presión y la permeabilidad del material.
6. Análisis de los resultados: Los resultados del ensayo se utilizan para evaluar la capacidad del pavimento para permitir el flujo de agua. Si el pavimento es permeable, el agua puede filtrarse a través de él, lo que puede debilitar el pavimento y dañar su capacidad estructural.



## **PROCEDIMIENTO ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS**

### **REFERENCIAS**

NTC 77

ASTM D136:2005

ASTM C117

ASTM D75

### **GENERALIDADES**

El ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos es un procedimiento estandarizado utilizado en la industria de la construcción para determinar la distribución de tamaño de partículas de los agregados utilizados en la fabricación de concreto, asfalto y otros materiales de construcción.

El ensayo se lleva a cabo utilizando una serie de tamices con aberturas de diferentes tamaños, que se colocan en un dispositivo de tamizado que agita mecánicamente el material durante un tiempo determinado. El material se coloca en el tamiz superior y se agita hasta que todo el material que pueda pasar por el tamiz haya caído al tamiz inferior.

Una vez finalizado el proceso de tamizado, se pesa el material retenido en cada tamiz y se registra el peso para determinar la distribución de tamaño de partículas del agregado. Los resultados del ensayo se utilizan para determinar la gradación del agregado y para ajustar la proporción de los diferentes tamaños de agregado en la mezcla para obtener las características deseadas del material de construcción.

### **OBJETIVO**

Análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos es determinar la distribución por tamaños de los agregados para su uso en la mezcla de concreto o mortero. Este ensayo permite identificar la cantidad de material que queda retenido en cada tamiz y la cantidad que pasa a través de él.

### **EQUIPOS**

- Balanzas con una precisión de 0,1 g o del 0,1 % de la carga de ensayo
- Tamices

- Tamizadora mecánica el tamaño de la muestra es 20Kg o mayor
- Horno capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## **PROCEDIMIENTO**

- 1) Se seca la muestra hasta alcanzar una masa constante a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 2) Se seleccionan tamices de tamaño adecuado para proporcionar la información requerida por las especificaciones del material ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener información adicional.
- 3) Se tamiza durante suficiente tiempo para que después de completar el tamizado, no más del 1% en masa del residuo en cualquier tamiz individual logre atravesarlo durante 1 minuto de tamizado manual continuo.
- 4) En caso de mezclas de agregados finos y gruesos, la fracción fina de la muestra menor que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), puede distribuirse en dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga individual de los mismos.
- 5) Si no se utiliza una tamizadora mecánica, se deben tamizar manualmente las partículas superiores a 75 mm para determinar la menor abertura del tamiz a través del cual puede pasar cada partícula.
- 6) Se inicia el ensayo en el tamiz más pequeño a usar y se rotan las partículas si es necesario, sin forzar su paso a través de las aberturas.

## **PROCEDIMIENTO ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA DE MATERIALES PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS**

### **REFERENCIAS**

ASTM D2419 – 14

ASTM D2419 -79

INV E-218-219

NTC-98:1995

### **GENERALIDADES**

También conocido como ensayo de compactación Proctor modificado, es una prueba de laboratorio utilizada para determinar la densidad máxima teórica y la humedad óptima de los materiales pétreos utilizados en la construcción de mezclas asfálticas.

En el ensayo, se toma una muestra representativa del material pétreo y se somete a una serie de compactaciones en un molde cilíndrico utilizando un pisón de peso y dimensiones especificados. Después de cada compactación, se mide la densidad y se calcula la energía de compactación utilizada. Luego se determina la humedad óptima y la densidad máxima teórica a partir de los resultados obtenidos.

Este ensayo es importante porque permite establecer las condiciones óptimas de compactación y humedad para lograr la densidad adecuada en los materiales pétreos utilizados en la construcción de mezclas asfálticas, lo que contribuye a la calidad y durabilidad de las estructuras viales.

### **OBJETIVO**

Permite determinar el contenido y actividad de los materiales finos o arcillosos presentes en los materiales pétreos empleados en mezclas asfálticas. La prueba consiste en agitar un cilindro, que contiene una muestra del material pétreo que pasa la malla N°4, mezclada con una solución que permite separar la arena de la arcilla.

### **EQUIPOS**

- Cilindro de prueba
- Tapón de hule
- Tubo irrigador de cobre o latón

- Soporte o dispositivo de posicionamiento
- Pisón
- Malla n°4
- Agitador automático o manual
- Papel filtro
- Herramientas como: capsula, embudo boca ancha, embudo para filtrado, matraces Erlenmeyer
- Balanzas con una precisión de 0,1 g

## PROCEDIMIENTO

1. Después de disgregar y saturar el material, se apila en forma de cono.
2. Se llena una cápsula con el material hasta el borde, lo que equivale a alrededor de 110 g de material suelto.
3. Se prepara un sifón soplando dentro de la botella o a través de un pequeño tubo, con la pinza abierta, para su uso posterior.
4. Usando el sifón, se introduce una solución de trabajo en el cilindro hasta una altura de 10 cm (4").
5. Se vacía la muestra de material de la cápsula en el cilindro de prueba con la ayuda de un embudo, golpeando firmemente el fondo del cilindro para eliminar las burbujas de aire atrapado y acelerar la saturación.
6. La muestra se deja reposar durante 10 minutos antes de cerrar el cilindro y agitarlo.
7. Después de agitar, se coloca el cilindro sobre una mesa y se inserta un tubo irrigador para lavar las paredes del cilindro de arriba abajo hasta el fondo, girando el cilindro mientras se avanza con el tubo para lograr una irrigación uniforme.
8. El tubo irrigador se retira lentamente cuando el nivel del líquido en el cilindro llega a 38,1 cm (15"), sin detener el flujo de solución, para mantener el nivel del líquido constante.
9. Se deja reposar el cilindro durante 20 minutos sin moverlo ni vibrarlo, durante los cuales la arena sedimenta y los finos permanecen en suspensión.
10. Se mide y registra como (*LNSfinos*) el nivel superior de los finos en suspensión, con aproximación de 2 mm (0,1" aprox.). Dicha lectura se hará en condiciones de iluminación que permitan apreciar claramente el nivel máximo de las partículas, observando el cilindro

desde uno de sus lados, de tal manera que la línea de visión forme ángulo recto con la pared del cilindro

11. A continuación, se introduce lentamente la varilla con pisón dentro del cilindro, cuidando de no formar turbulencias, hasta que la base descansa sobre la arena, se observa el nivel de la parte superior del indicador en la escala del cilindro, se le resta la altura  $h$  (254 mm aprox.) y se registra como el nivel superior de la arena ( $LNS_{arena}$ ), con aproximación de 2 mm (0,1" aprox.). Durante la medición se tendrán las mismas consideraciones citadas en la Fracción anterior.
12. Una vez concluida la prueba, se limpia el cilindro, tapándolo y agitándolo en posición vertical; se voltea y se destapa para vaciarlo inmediatamente. Para finalizar se lava dos veces con agua, hasta eliminar cualquier residuo de material en su interior.

## CALCULOS

Se calcula y reporta como resultado de la prueba el equivalente de arena, utilizando la siguiente expresión:

$$\%EA = \left( \frac{LNS_{arena}}{LNS_{finos}} \right) \times 100$$

Donde:

$\%EA$  = Equivalente de arena, (%)

$LNS_{arena}$  = Nivel superior de la arena, (cm)

$LNS_{finos}$  = Nivel superior de los finos, (cm)

## PROCEDIMIENTO ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

### REFERENCIAS

ASTM D 5821-95

AASHTO T335

### GENERALIDADES

El ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados es una prueba utilizada en la ingeniería civil para determinar el porcentaje de caras fracturadas en los agregados gruesos utilizados en la fabricación de mezclas asfálticas. Esta prueba es importante porque las caras

fracturadas de los agregados tienen una mayor rugosidad que las caras lisas, lo que proporciona una mejor adherencia entre los agregados y el asfalto, lo que a su vez mejora la resistencia y durabilidad de la mezcla asfáltica.

Este ensayo es comúnmente utilizado en la construcción y mantenimiento de carreteras y pavimentos, ya que la calidad de la mezcla asfáltica depende en gran medida de la calidad de los agregados utilizados. Además, el ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados es una de las pruebas requeridas por las especificaciones técnicas y normativas para la fabricación de mezclas asfálticas.

## **OBJETIVO**

Determinar el porcentaje de fragmentos de agregado con al menos una cara fracturada en una muestra de agregado. Este ensayo es importante para evaluar la resistencia de los agregados a la abrasión y la fragmentación, lo que puede afectar la calidad y durabilidad de las mezclas de asfalto y hormigón. También puede ayudar a predecir el desgaste y la pérdida de material durante el uso de la carretera o pavimento construido con estos agregados.

## **EQUIPOS**

- Tamices.
- Partidor de muestras
- Platos metálicos
- Espátula
- Balanzas con una precisión de 0,1 g

## **PROCEDIMIENTO**

1. Lavar la muestra de agregado sobre la malla designada y eliminar cualquier material fino.
2. Luego, se seca la muestra y se determina su masa con una precisión del 0.1%.
3. Posteriormente, se extiende la muestra seca sobre una superficie limpia y plana lo suficientemente grande para inspeccionarla. Para determinar si la partícula cumple con el criterio de fractura, se sostiene de tal manera que la cara sea visible directamente. Si la cara constituye al menos  $\frac{1}{4}$  de la sección transversal máxima, se considera una cara fracturada.

4. Luego, utilizando una espátula, se separa la muestra en tres categorías: partículas fracturadas, partículas que no cumplen con el criterio y partículas cuestionables.
5. Si una partícula no cumple con el número requerido de caras fracturadas, se determina la categoría sobre la base de al menos una cara fracturada.
6. Finalmente, se calcula el porcentaje en peso de cada categoría. Si más del 15% del total es cuestionable, se debe repetir la evaluación hasta que no más del 15% se repita en esta categoría.

### **CÁLCULOS**

Reporte el porcentaje en peso del número de partículas con el número especificado de caras fracturadas, aproximado al uno por ciento de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P = \frac{(F+Q/2)}{(F + Q + Nf)} \times 100$$

Donde:

P: Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas

F: Peso o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas

Q: Peso o cantidad de partículas cuestionables

N: Peso o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen el criterio de fractura

### **FORMATO TOMA DE DATOS**



**TOMA DE DATOS  
ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS  
FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS**

<b>PROYECTO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	
<b>DESCRIPCION DEL SUELO:</b>	
<b>MUESTRA N°:</b>	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	

**DATOS**

Muestra N°	METODO SECADO AL HORNO					
		und	1	2	3	4
Peso muestra + recipiente	Kg					
Peso recipiente	Kg					
Partículas fronterizas	Kg					
Partículas no facturadas	Kg					
Partículas facturadas	Kg					

Porcentaje caras fracturadas:

Observaciones:

<b>REALIZÓ:</b>	
<b>LABORATORISTA:</b>	
<b>DOCENTE:</b>	

## **PROCEDIMIENTO ENSAYO DE DURABILIDAD**

### **REFERENCIAS**

ASTM C-88

ASTM E303

AASHTO T242

ASTM D76448

### **GENERALIDADES**

Es una prueba utilizada para evaluar la resistencia y capacidad de un pavimento para soportar cargas, cambios climáticos, tráfico y otros factores que puedan afectar su durabilidad a lo largo del tiempo. Este ensayo consiste en someter una muestra representativa del pavimento a un número determinado de ciclos de carga, los cuales simulan las condiciones a las que estará expuesto en su vida útil. Durante cada ciclo, se mide la deformación y se registran los cambios en la superficie del pavimento. Los resultados obtenidos en este ensayo permiten evaluar la capacidad del pavimento para soportar cargas sin sufrir deformaciones excesivas o fracturas, así como también su resistencia al agrietamiento y otros tipos de daños. Esto a su vez, puede ayudar a determinar la vida útil del pavimento y la necesidad de realizar reparaciones o mantenimiento preventivo.

Es importante mencionar que existen diferentes tipos de ensayos de durabilidad de pavimentos, cada uno con sus propias características y objetivos específicos. Por ejemplo, algunos ensayos pueden evaluar la resistencia a la fatiga, la resistencia al deslizamiento o la resistencia al agrietamiento por contracción térmica. La elección del ensayo a utilizar dependerá del tipo de pavimento y las condiciones a las que estará expuesto.

### **OBJETIVO**

Evaluar la capacidad de un pavimento para resistir la acción de los agentes agresivos presentes en el ambiente, como la humedad, la temperatura, la lluvia, el tráfico vehicular, entre otros, a lo largo del tiempo. De esta manera, se busca determinar la vida útil del pavimento y su capacidad para mantener su funcionalidad y estabilidad estructural en condiciones adversas.

### **EQUIPOS**

- Tamices
- Para ensayar agregado grueso 3 /8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2" y 2 1/2"
- Para ensayar agregado fino N.º 50, N.º 30, N.º 16, N.º 8 y N.º 4
- Recipientes.
- Balanzas: con sensibilidad de 0.1 gr
- grueso
- Horno: capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

### **PROCEDIMIENTO**

1. El proceso de inmersión de las muestras preparadas para el ensayo consiste en sumergirlas en una solución de sulfato de sodio o magnesio durante un lapso de 16 a 18 horas, asegurando que el nivel de la solución cubra la muestra por lo menos 13 mm. Es importante tapar el recipiente para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas, y mantener la temperatura en  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante todo el proceso.
2. Luego de la inmersión, se retira la muestra de la solución y se deja escurrir durante  $15 \pm 5$  minutos antes de secarla en un horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta alcanzar un peso constante. Para verificar el peso, se deben sacar las muestras a intervalos no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se considera que se alcanzó un peso constante cuando dos pesadas sucesivas de una muestra no difieren más de 0.1 gramos para el agregado fino o no difieren más de 1.0 gramo para el agregado grueso.
3. Una vez obtenido el peso constante, se deja enfriar a temperatura ambiente y se sumerge nuevamente en la solución para continuar con los ciclos que se especifiquen en el ensayo.

### **PROCEDIMIENTO ENSAYO DE DESTILACIÓN DE ASFALTOS LIQUIDOS**

## **REFERENCIAS**

ASTM D-402

ASTM D86

AASTHO T78

NTP 339.038

## **GENERALIDADES**

El ensayo de destilación es una técnica utilizada para determinar las proporciones relativas de cemento asfáltico y disolventes presentes en el asfalto líquido. Durante el proceso de ensayo, se pueden medir las cantidades de disolvente que se evaporan a diferentes temperaturas, lo que proporciona información sobre las características de evaporación del asfalto. Estas características son importantes porque indican la velocidad a la que el material se curará después de su aplicación. El proceso de ensayo implica agitar la muestra para lograr homogeneidad y calentarla si es necesario. Si la muestra contiene más del 2% de agua, se debe deshidratar antes de la destilación para evitar la formación de espuma. El matraz se pesa, se le agrega la muestra en la cantidad correcta, y se monta en el equipo de destilación. El mechero se enciende y se regula para que la primera gota caiga en la probeta dentro del rango de tiempo deseado. Durante todo el ensayo, se debe controlar la velocidad de destilación, y si la muestra produce espuma, se debe reducir la velocidad y normalizarla lo antes posible. Una vez que se alcanza la temperatura adecuada, se apaga el mechero y se hace la lectura de volumen en la probeta a diferentes temperaturas. El residuo se enfría y se vierte en los moldes adecuados para su posterior análisis.

## **OBJETIVO**

Determinar la composición del asfalto líquido, es decir, las proporciones relativas de cemento asfáltico y disolventes presentes en el material. Durante el proceso de destilación, se miden las cantidades de disolvente que se evaporan a diversas temperaturas, lo que da una indicación de las características de evaporación del asfalto. Estas características, a su vez, pueden indicar la velocidad a la que el material se curará después de su aplicación.

## **EQUIPOS**

- Matraz.
- Condensador recto de vidrio. De 200 a 300 mm de largo
- Alargadera. De 1 mm de espesor de pared y borde reforzado, con ángulo de 105° y 18 mm de diámetro en su extremo superior y 5 mm en el inferior
- Mechero de gas graduable
- Probetas
- Termómetro de destilación.
- Balanza. De 5 kg. de capacidad y 1.0 gramo de aproximación
- Sujetadores

## PROCEDIMIENTO

1. Armar el equipo de destilación.
2. Agitar la muestra para homogeneizarla y, si es necesario, calentarla. Si contiene más del 2% de agua, se debe deshidratar previamente para evitar la formación de espuma.
3. Pesar el matraz, que debe estar limpio, seco y frío, con su protector correspondiente.
4. Añadir al matraz una cantidad de muestra equivalente a 200 cm<sup>3</sup> con una aproximación de 0.5 gr, calculado según su Peso Específico.
5. Montar el matraz, colocar el termómetro y hacer circular agua para condensar el vapor.
6. Encender el mechero y regularlo de manera que la primera gota caiga en la probeta entre los 5 y 15 minutos, una vez iniciada la ebullición.
7. Controlar la velocidad de destilación en todo momento, cumpliendo con las especificaciones establecidas.

TEMPERATURA (°C)		VELOCIDAD DE DESTILACION (gotas/min)
Desde	Hasta	
0	225	50 a 70
226	260	50 a 70
261	315	20 a 70
316	360	10 minutos

8. En caso de espuma, reducir la velocidad y normalizarla tan pronto como sea posible. Si persiste, aplicar la llama cerca del borde del matraz en lugar del centro.
9. Cuando la lectura en el termómetro alcance los 360°C, apagar el mechero y retirar el matraz. Esperar a que finalice el goteo y realizar la lectura.

10. Tomar lecturas de volumen en la probeta a las temperaturas de 225°C, 260°C, 315°C y 360°C, con aproximación de 0.5 cm<sup>3</sup>. Registrar el volumen de agua destilada, si lo hubiera.
11. Dejar enfriar el residuo, agitarlo y verterlo en los moldes correspondientes para los ensayos necesarios.

### CÁLCULOS

- ❖ Residuo: el porcentaje de residuo con respecto a la muestra original es de:

$$R (\%) = \frac{\text{Volumen que queda}}{\text{Volumen inicial}} \times 100$$

$$R (\%) = \frac{200 - VD}{200} \times 100$$

Donde:

R= Residuo asfáltico (%)

VD= Volumen destilado a 360°C

- ❖ Porcentaje total destilado: El porcentaje destilado a 360°C es

$$VD (\%) = \frac{\text{Volumen destilado}}{\text{Volumen inicial}} \times 100$$

$$VD (\%) = \frac{\text{Volumen destilado}}{200} \times 100$$

- ❖ Porcentaje de las fracciones destiladas:

El porcentaje de las fracciones destiladas es con respecto al 100% destilado:

$$VPD_{T^{\circ}C} (\%) = \frac{\text{Volumen parcial destilado a } T^{\circ}C}{\text{Volumen destilado a } 380^{\circ}C} \times 100$$

Donde:

VPD<sub>T°C</sub>= Volumen destilado a la temperatura T°C

## Anexo 2. Cotización equipos



Carrera 34C # 17B - 80 Sur Bogotá, D. C. - Colombia  
 + (57) 1 300 31 61  
 info@quimicompany.com.co  
 + (57) 316 5326905  
 www.quimicompany.com.co



<b>Cliente:</b> CARLOS YESTIH	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:carlosyestih2@gmail.com">carlosyestih2@gmail.com</a>	<b>Cotizacion No</b>	500
<b>Contacto:</b> CARLOS YESTIH	<b>Entrega:</b> CÚCUTA	<b>Fecha</b>	14/02/2023
<b>Telefono:</b> 300 3139511	<b>Forma de pago:</b> ANTICIPADO	<b>Validez</b>	15 DIAS

No	DESCRIPCIÓN	MARCA	TIEMPO DE ENTREGA	GARANTIA	CANT	UND	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL	IVA (19%)	VALOR TOTAL
1	<b>CONSOLIDÓMETRO ELECTRÓNICO</b> • FABRICADO SEGÚN LAS NORMAS ASTM D2435, D3877, D4546 PARA DETERMINAR LA RELACIÓN Y MAGNITUD DE CONSOLIDACIÓN EN SUELOS SOMETIDOS A INCREMENTOS CONTROLADOS DE ESFUERZO VERTICAL. • POSEE UNIDAD DE MEMORIA USB DE ALMACENAMIENTO ILIMITADO, OPCIÓN DE CONTROL DESDE PC A TRAVÉS DE PUERTO LAN/USB. • REQUIERE PC Y ACCESORIOS SEGÚN TAMAÑO PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO. • PLANTILLA MS EXCEL DE GEO ANÁLISIS. DISEÑADA SEGÚN LA NORMA ASTM D2435 PARA EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN EN SUELOS. • CÓDIGO DE ACTIVACIÓN DE SOFTWARE SOILMASTER, DISEÑADO SEGÚN LAS NORMAS ASTM D2435, D3877, D4546 PARA CONTROLAR LAS ETAPAS DE CONSOLIDACIÓN, CON CONTROL REMOTO DEL SISTEMA DESDE PC. FUNCIONES PRINCIPALES DE CALIBRACIÓN, GRÁFICA DE LECTURAS Y ALMACENAMIENTO DE DATOS DE ENSAYO. <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> • EN MUESTRAS CON DIÁMETRO DE 1.9" A 4.4" (50.47 A 112.8 MM). • CAPACIDAD DE CARGA VERTICAL MÁXIMA DE 20 KN. • VELOCIDAD MÍNIMA DE 0.00001 MM/MIN • VELOCIDAD MÁXIMA DE 50.00000 MM/MIN • RECORRIDO DEL PISTÓN DE 1" (25.4 MM) • LUZ VERTICAL LIBRE DE 7.3" (186 MM) / LUZ HORIZONTAL LIBRE DE 6.9" (175 MM) • POTENCIA DE 600 W. • OPERABLE A 110V/60HZ. • CELDA DE ANILLO FIJO, FABRICADA SEGÚN LAS NORMAS ASTM D2435, D3877, D4546, AASHTO T216 PARA EL ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN DE SUELOS, EN MUESTRAS CON DIÁMETRO DE 1.98" (50.47 MM). INCLUYE PLACA DE CARGA, DOS DISCOS POROSOS Y ANILLO DE SUJECCIÓN. • DIMENSIONES: 300 X 390 X 600 MM • PESO: 40 KG (APPROX.)	IMPORTADO	DE 90 A 120 DÍAS BAJO IMPORTACIÓN	1 AÑO	1	UND	\$ 69.995.990	\$ 69.995.990	\$ 13.299.238	\$ 83.295.228



2	<b>MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN. CAPACIDAD 5KN</b> FABRICADO SEGÚN LAS NORMAS ASTM D2166, INV E152 PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN UC EN MUESTRAS DE SUELOS. <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b> • CAPACIDAD DE 5 KN • LUZ VERTICAL LIBRE DE 17.7" (450 MM) / LUZ HORIZONTAL LIBRE DE 8" (200 MM). INCLUYE DISPLAY GRÁFICO DE 6 X 1 LÍNEAS CON TECLADO DE MEMBRANA • CELDA DE CARGA DE 5 KN • COMPARADOR DE CARÁTULA CON RECORRIDO DE 1" X 0.001" (25.4 X 0.025 MM) • SOPORTE DE MONTAJE, JUEGO DE PLATOS Y ELEMENTOS DE MONTAJE. • OPERABLE A 110V/60HZ O MEDIANTE BATERÍA RECARGABLE.	NACIONAL	DE 90 A 120 DÍAS BAJO FABRICACIÓN	1 AÑO	1	UND	\$ 11.540.350	\$ 11.540.350	\$ 2.192.667	\$ 13.733.017
---	---	----------	-----------------------------------	-------	---	-----	---------------	---------------	--------------	---------------



3	<b>TAMIZADORA ELÉCTRICA DIGITAL</b> FABRICADA PARA SEPARAR MUESTRAS DE AGREGADO POR MEDIO DEL USO DE TAMICES CON DIFERENTE No. DE MALLA <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CAPACIDAD DE SEIS TAMICES</li> <li>• DIÁMETRO DE 8" (203.2 MM)</li> <li>• ALTURA DE 2" (50.8 MM).</li> <li>• INCLUYE TEMPORIZADOR MECÁNICO DE 0 A 15 MIN. OPERABLE A 110V/60HZ.</li> </ul>	IMPORTA DO DE 90 A 120 DÍAS BAJO IMPORTACI ÓN	1 AÑO	1	UND	\$ 14.989.450	\$ 14.989.450	\$ 2.847.996	\$ 17.837.446
									
4	<b>MOLDE COMPACTADOR METÁLICO</b> FABRICADO SEGÚN LAS NORMAS ASTM D1883, INV E148 PARA COMPACTAR MUESTRAS EN EL ENSAYO CBR. <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIÁMETRO DE 6" (152.4 MM).</li> <li>• ALTURA DE 7" (177.8 MM).</li> <li>• INCLUYE COLLAR REMOVIBLE Y BASE PERFORADA.</li> </ul>	NACIONAL DE 45 A 60 DÍAS BAJO FABRICACI ÓN	NA	1	UND	\$ 656.850	\$ 656.850	\$ 124.802	\$ 781.652
									
5	<b>TAMIZ CERTIFICADO DE ACERO INOXIDABLE MALLA No. 40 (425 UM).</b> FABRICADO SEGÚN LA NORMA ASTM E11 PARA GRADACIÓN DE SUELOS Y AGREGADOS <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIÁMETRO DE 8" (203.2 MM).</li> <li>• ALTURA DE 2" (50.8 MM).</li> <li>• MALLA DE 40 (425UM).</li> <li>• INCLUYE CERTIFICADO DE CONFORMIDAD EXPEDIDO POR EL FABRICANTE.</li> </ul>	IMPORTA DO DE 45 A 60 DÍAS BAJO IMPORTACI ÓN	NA	1	UND	\$ 496.590	\$ 496.590	\$ 94.352	\$ 590.942
									
6	<b>TAMIZ CERTIFICADO DE ACERO INOXIDABLE MALLA No. 60 (250 UM).</b> FABRICADO SEGÚN LA NORMA ASTM E11 PARA GRADACIÓN DE SUELOS Y AGREGADOS <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIÁMETRO DE 8" (203.2 MM).</li> <li>• ALTURA DE 2" (50.8 MM).</li> <li>• MALLA DE 60 (250UM).</li> <li>• INCLUYE CERTIFICADO DE CONFORMIDAD EXPEDIDO POR EL FABRICANTE.</li> </ul>	IMPORTA DO DE 45 A 60 DÍAS BAJO IMPORTACI ÓN	NA	1	UND	\$ 496.590	\$ 496.590	\$ 94.352	\$ 590.942
									
7	<b>TAMIZ CERTIFICADO DE ACERO INOXIDABLE MALLA No. 80 (180UM).</b> FABRICADO SEGÚN LA NORMA ASTM E11 PARA GRADACIÓN DE SUELOS Y AGREGADOS <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIÁMETRO DE 8" (203.2 MM).</li> <li>• ALTURA DE 2" (50.8 MM).</li> <li>• MALLA DE 80 (180UM).</li> <li>• INCLUYE CERTIFICADO DE CONFORMIDAD EXPEDIDO POR EL FABRICANTE.</li> </ul>	IMPORTA DO DE 45 A 60 DÍAS BAJO IMPORTACI ÓN	NA	1	UND	\$ 496.590	\$ 496.590	\$ 94.352	\$ 590.942
									
8	<b>TAMIZ CERTIFICADO DE ACERO INOXIDABLE MALLA No. 100 (150UM).</b> FABRICADO SEGÚN LA NORMA ASTM E11 PARA GRADACIÓN DE SUELOS Y AGREGADOS <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIÁMETRO DE 8" (203.2 MM).</li> <li>• ALTURA DE 2" (50.8 MM).</li> <li>• MALLA DE 100 (150UM).</li> <li>• INCLUYE CERTIFICADO DE CONFORMIDAD EXPEDIDO POR EL FABRICANTE.</li> </ul>	IMPORTA DO DE 45 A 60 DÍAS BAJO IMPORTACI ÓN	NA	1	UND	\$ 496.590	\$ 496.590	\$ 94.352	\$ 590.942
									

9	<b>CY 224 BALANZA ANALITICA 220G</b> PANTALLA LCD RETROILUMINADA POR LED DE ALTO CONTRASTE SOLO SE REQUIERE UN CABLE PARA TRANSFERIR LOS DATOS DE LA BALANZA A MS EXCEL U OTRA APLICACIÓN DE WINDOWS A TRAVÉS DE LA INTERFAZ RS232C. GRAN CÁMARA DE PROTECCIÓN CONTRA CORRIENTES DE AIRE LA CARCASA DE METAL ELIMINA LOS EFECTOS DE LAS TORMENTAS ELÉCTRICAS O LA INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA DE OTROS EQUIPOS. <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b> • CAPACIDAD 220G • CALIBRACIÓN EXTERNA • LEGIBILIDAD 0,1 MG • REPETIBILIDAD (DESV ESTÁNDAR) 0,1 MG • LINEALIDAD (+/-) 0,2 MILIGRAMOS • TAMAÑO DE LA BANDEJA (MM/PULGADA) 90 Ø • TIEMPO DE RESPUESTA 2 A 3 SEG. • MONITOR PANTALLA LCD ALFANUMÉRICA BRILLANTE CON RETROILUMINACIÓN LED • UNIDAD DE MEDIDA: G, MG, OZ, MO, GN, DWT, MOM, BAT, MS • INTERFASE DE SALIDA: RS 232C • TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO: 18°C A 30°C • DIMENSIÓN (AN. X PR. X AL.) MM 342.5X212X341 • FUENTE DE ALIMENTACIÓN: 120V / 60 HZ • PESO NETO CON EMBALAJE: 9,3 KG • CUMPLE CON: ISO, BPL, BPM Y USP	ACZET	DE 15 A 20 DÍAS BAJA IMPORTACIÓN	1AÑO	1	UND	\$ 5.200.000	\$ 5.200.000	\$ 988.000	\$ 6.188.000
---	--	-------	----------------------------------	------	---	-----	--------------	--------------	------------	--------------



10	<b>BALANZA DE PRECISIÓN 520G X 0,001G</b> DISPLAY LCD, DÍGITOS DE 14MM DE ALTURA. ALTA PRECISIÓN DE PESAJE. TAMAÑO COMPACTO. EXCELENTE LEGIBILIDAD DE INDICACIÓN. PUERTO DE COMUNICACIÓN RS232C. CALIBRACIÓN EXTERNA. FUNCIONES: CONTEO DE PIEZAS, PORCENTAJE, SUMATORIA, SELECCIÓN UNIDAD, PESO MÁXIMO, MÍNIMO, PESAJE DE ANIMALES, DENSIDAD, ENTRE OTROS. UNIDADES: MG, G, KG, CT, LB, OZ, OZT, GR, DWT. <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b> • CAPACIDAD: 520G • DIVISIÓN: 0,001G • ESCALA DE VERIFICACIÓN: 0,01 G • CLASE: II • REPETIBILIDAD: 0,001G • LINEALIDAD: ±0,002G • TEMPERATURA DE TRABAJO: 10°C ~ 40°C • TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN: < 3S • MEDIDAS PLATO: Ø 115MM • DIMENSIONES CON PATAS: 185 X 290 X 90MM • ALIMENTACIÓN: 100~240VAC, 1A, 50~60HZ / 12VDC 1.0A (ADAPTADOR) • PESO DE LA BALANZA: 2,6KG	AXIS	EN STOCK SALVO VENTA PREVIA	1AÑO	1	UND	\$ 4.583.165	\$ 4.583.165	\$ 870.801	\$ 5.453.966
----	--	------	-----------------------------	------	---	-----	--------------	--------------	------------	--------------



11	<b>BALANZA PRECISIÓN 2100G X 0,01G</b> DISPLAY LCD, DÍGITOS DE 14MM DE ALTURA. ALTA PRECISIÓN DE PESAJE. TAMAÑO COMPACTO. EXCELENTE LEGIBILIDAD DE INDICACIÓN. PUERTO DE COMUNICACIÓN RS232C. CALIBRACIÓN EXTERNA. FUNCIONES: CONTEO DE PIEZAS, PORCENTAJE, SUMATORIA, SELECCIÓN UNIDAD, PESO MÁXIMO, MÍNIMO, PESAJE DE ANIMALES, DENSIDAD, ENTRE OTROS. UNIDADES: MG, G, KG, CT, LB, OZ, OZT, GR, DWT <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b> • CAPACIDAD: 2100G • DIVISIÓN: 0,01G • REPETIBILIDAD / LINEALIDAD: ±0,03G • TEMPERATURA DE TRABAJO: 18°C ~ 33°C • TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN: < 3S • MEDIDAS PLATO: Ø 150MM • DIMENSIONES CON PATAS: 185 X 290 X 90MM • ALIMENTACIÓN: 100~240VAC, 1A, 50~60HZ / 12VDC 1.0A (ADAPTADOR) • PESO DE LA BALANZA: 1,3KG	AXIS	EN STOCK SALVO VENTA PREVIA	1AÑO	1	UND	\$ 1.720.600	\$ 1.720.600	\$ 326.914	\$ 2.047.514
----	---	------	-----------------------------	------	---	-----	--------------	--------------	------------	--------------



12	<b>VISCOSÍMETRO NDJ-5ST (PANTALLA TÁCTIL) DE 1-100.000 cP</b>	IMPORTA DO	EN STOCK -SALVO VENTA PREVIA	1AÑO	1	UND	\$ 7.952.990	\$ 7.952.990	\$ 1.511.068	\$ 9.464.058
----	---	---------------	---------------------------------------	------	---	-----	--------------	--------------	--------------	--------------

**CARACTERÍSTICAS:**  
PANTALLA DE 5 PULGADAS CON ABUNDANTE INFORMACIÓN; FÁCIL DE OPERAR.  
 CARCASA ANTIESTÁTICA Y ELEVADOR DE PC.  
 PROCESADOR DE CHIP ARM: MAYOR VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DE DATOS.  
 EJE DURADERO DE NUEVO DISEÑO.  
 POTENTE INTERFAZ INTERACTIVA HUMANO-COMPUTADORA.  
CAMBIO AUTOMÁTICO ENTRE VISCOSIDAD DINÁMICA Y VISCOSIDAD CINEMÁTICA  
VARIEDAD DE UNIDADES DE VISCOSIDAD.  
GUIA DE OPERACIÓN DETALLADA.  
 SE MUESTRA EL VALOR DE VISCOSIDAD CONTINUO SUENA LA ALARMA CUANDO ESTÁ MÁS ALLÁ DEL RANGO DE MEDICIÓN.  
 CALIBRACIÓN LINEAL POR COMPUTADORAS.  
 FUENTE DE ALIMENTACIÓN: 100V-240V, BUENA ANTIINTERFERENCIA.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- RANGO MPAS"= 1-100000
- VELOCIDAD DE ROTACIÓN: 6, 12, 30 Y 60
- HUSILLOS: #1, #2, #3, #4
- PRECISIÓN: ± 1.0%(OF FULL RANGE)
- REPETIBILIDAD: 0,5%



13	<b>VISCOSÍMETRO NTV-E1 PANTALLA TOUCH, 1-100.000 cP</b>	IMPORTA DO	EN STOCK SALVO VENTA PREVIA	1AÑO	1	UND	\$ 9.945.860	\$ 9.945.860	\$ 1.889.713	\$ 11.835.573
----	---	---------------	--------------------------------------	------	---	-----	--------------	--------------	--------------	---------------

CARCASA ANTIESTÁTICA Y ELEVADOR DE METAL. Sonda de temperatura integrada.  
 PT100, CAMBIO AUTOMÁTICO ENTRE VISCOSIDAD DINÁMICA Y VISCOSIDAD CINEMÁTICA. VARÍA LAS UNIDADES DE VISCOSIDAD Y ES FÁCIL DE CAMBIAR ACOMPAÑADO DE INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DETALLADAS  
 MUESTRA EL CAMBIO CONTINUO DE VISCOSIDAD.  
ALARMA DE SONIDO CUANDO ESTÁ MÁS ALLÁ DEL RANGO DE MEDICIÓN.  
 CORRECCIÓN LINEAL EN TODO EL RANGO POR COMPUTADORA.  
 NOTABLE ANTI-INTERFERENCIA

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

- RANGO MPAS"= 1-100000
- RPM: 6, 12, 30, 60
- PRECISIÓN: ±1,0 % DEL RANGO
- REPETIBILIDAD: ±0,3%
- INCLUYE HUSILLO 1,2,3,4
- EL HUSILLO 0 ES OPCIONAL PARA LECTURAS ULTRABAJAS



14	BO-50FL. HORNO DE SECADO CONVECCIÓN FORZADA 59 LITROS HASTA 300°C CAMARA DE ACERO INOXIDABLE ARCOS SEMICIRCULARES PARA FACILITAR LA LIMPIEZA CONTROLADOR AUTOMÁTICO DE LA VELOCIDAD DEL VENTILADOR PARA EVITAR DAÑOS EN LAS MUESTRAS PANTALLA LCD GRANDE FUNCIÓN DE AUTOCOMPROBACIÓN ALARMAS DE SOBRETENPERATURA Y DIFERENCIA DE TEMPERATURA <b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b> • CONTROL DE DISPLAY: PROGRAMABLE • CAPACIDAD: 59 L • RANGO DE TEMPERATURA: RT + 10°C A 300°C • RESOLUCIÓN DE DISPLAY: 0,1°C • CARGA MÁXIMA: 20KG • PESO NETO: 51 KG • DIMENSIONES INTERNAS: 400X305X415MM • DIMENSIONES EXTERNAS: 690X560X640MM • PODER DE CONSUMO: 1100W • REQUIRIMIENTOS ELÉCTRICOS: 110V 50-60HZ	BLUE PARD	EN STOCK -SALVO VENTA PREVIA	1 AÑO	1 UND	\$ 6.090.540	\$ 6.090.540	\$ 1.157.203	\$ 7.247.743
----	--	-----------	------------------------------	-------	-------	--------------	--------------	--------------	--------------

**OBSERVACIONES**

Incluye envío a la ciudad de Cúcuta.  
El envío se realizar de 3 a 5 días hábiles.

<b>Subtotal</b>	\$	134.662.155
<b>IVA</b>	\$	25.585.809
<b>Total</b>	\$	160.247.964

**Q.F. Alejandra Cano**  
Soporte comercial  
PBX (57) 1 300 31 61 Ext 105  
Celular (+57) 316 5326905

**POLÍTICA COMERCIAL DE QUIMICOMPANY S.A.S**

Apreciado cliente, agradecemos por escogernos como su proveedor de confianza. A continuación, presentamos la Política Comercial de QUIMICOMPANY S.A.S, la cual nos permitirá mejorar nuestra relación comercial y de servicio.

Al momento de confirmar su pedido mediante una orden de compra y/o contrato, admite haber leído y estar de acuerdo con la siguiente Política Comercial:

**1.CONDICIONES Y MEDIOS DE PAGO**

- El monto mínimo para facturación es de \$150.000 antes de IVA
- Para productos importados, los precios ofertados están sujetos a cambios debido a variaciones en la TRM al momento de recibir la orden de compra
- El tiempo de validez de la oferta comercial estará especificado en la cotización.
- Los pagos pueden realizarse por transferencia, consignación nacional y cheque (previa verificación de canje).
- Clientes con condición de pago anticipado, requieren un anticipo del 100% del valor total del producto y/o servicio para dar inicio al trámite de su pedido.
- De acuerdo con el comportamiento de pago según las condiciones pactadas, se mantendrá o no el cupo de crédito y plazo de pago asignado.

**2.DESPACHOS**

- El compromiso del tiempo de entrega será de acuerdo con lo especificado para cada ítem en la confirmación del pedido.
- Los tiempos de entrega son estimados y están sujetos a la disponibilidad del producto.
- La entrega no incluye servicios tales como:  
Instalación y/o desmonte de puertas del lugar de entrega o de electrodomésticos, subidas por poleas u otras operaciones que demanden trabajos diferentes al de entregar en la puerta de entrada del domicilio indicado en la orden de compra y esto siempre y cuando el sitio de la entrega sea accesible en condiciones normales y el espacio sea suficiente para permitir el acceso del personal con la carga.

**3.CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO.**

- En el caso de venta de equipos y de acuerdo a lo ofertado en la cotización, se acordará la fecha de instalación con nuestro personal de Servicio Técnico solo si están dadas todas las condiciones técnicas y ambientales requeridas por el fabricante.
- Si se retrasa la instalación, el montaje, la puesta en marcha o la prestación de cualquier servicio por circunstancias especiales que se presenten en la obra o sitio de trabajo, sin ser ello culpa de QUIMICOMPANY S.A.S correrán a cargo del Cliente, en cuantía razonable, los gastos que se originen en el tiempo de espera y otros gastos.
- En caso de no haber adquirido la instalación o que en las condiciones de venta del equipo no se incluya la instalación del mismo, El cliente debe realizar este proceso de acuerdo a las recomendaciones de fábrica, siguiendo estrictamente el manual de usuario. En caso de no cumplir con los requisitos de instalación indicados en el manual es causal de anulación de la garantía.

### Anexo 3. Fichas técnicas del presupuesto

**MANEJO DE MATERIALES**      Manejo y almacenamiento en exteriores      **169**

**Cajas BRUTE®**

Lo último en contenedores para guardar y transportar.

- Bases con canales reforzadas permite agarrar los productos
- Las manijas de agarre económicas disminuyen la probabilidad de lesión en la columna y daño en los dedos
- Tapa de cierre firme, mantiene los contenidos seguros



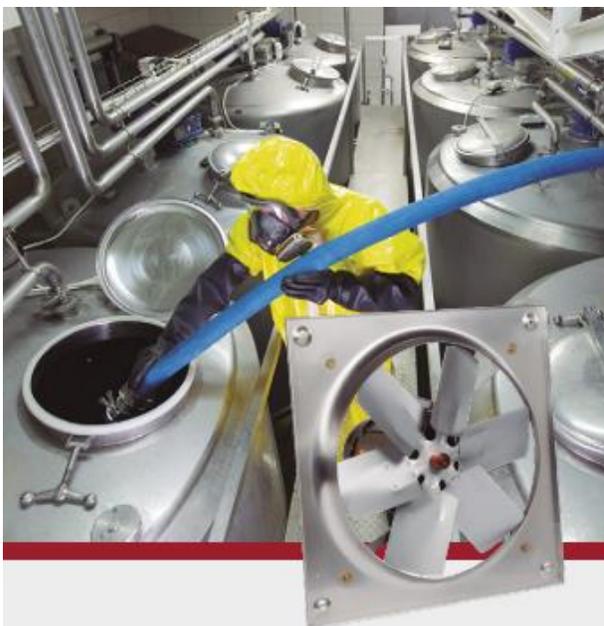
FG9S3000 / FG9S3100

NO.	COLOR	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES U.S.	CAPACIDAD U.S.	PESO POR CAJA U.S.	DIMENSIONES MÉTRICO	CAPACIDAD MÉTRICO	PESO POR CAJA KG	EMPAQUE
FG9S3000	Blanco, Gris	Caja BRUTE® con tapa	27.9" l x 16.5" w x 10.7" h	14.0 gal	46.0 lb	70.8 cm x 41.9 cm x 27.2 cm	53.0 L	20.9 kg	6
FG9S3100	Blanco, Gris	Caja BRUTE® con tapa	27.9" l x 17.4" w x 15.1" h	20.0 gal	53.0 lb	70.8 cm x 44.1 cm x 38.4 cm	75.7 L	24.0 kg	6
2166020	Verde Osc	Caja BRUTE® con tapa	27.9" l x 17.4" w x 15.1" h	20.0 gal	53.0 lb	70.8 cm x 44.1 cm x 38.4 cm	75.7 L	24.0 kg	6

MANEJO DE DESECHO Y RECICLAJE

CONTENEDORES DECORATIVOS

LIMPIEZA



## HEP Extractores a prueba de explosión

HEP 400, 500 y 630

Línea de extractores axiales a prueba de explosión, desarrollados con base en normas internacionales para operar en ambientes de riesgo explosivo.

### Aplicaciones



### Accesorios



### Características

- Hélice de 6 álabes (HEP 400 y 500) y 4 álabes (HEP 630) balanceadas.
- Motor a prueba de explosión, 4 polos, trifásico 208-230/460 volts, acoplado directamente a la hélice. El conjunto embocadura-hélice-motor forma un sistema
- antichispa, con base en la publicación ANSI/AMCA Standard 99 - 0401+.

### Características técnicas

\*Los valores de velocidad, potencia, voltaje e intensidad son nominales.

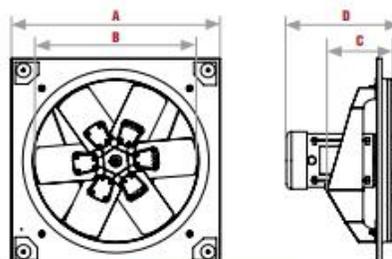
\*Nivel sonoro medido de acuerdo con las normas AMCA 300/05 y 301/05

Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Tensión Volts	Intensidad A	Caudal a descarga litro m <sup>3</sup> /hr / CFM	Presión sonora dB (A)*	Peso aprox. kg
HEP 400	1750	1/4	208-230 / 460	1.1-1.1 / 0.55	4,230 / 2,488	64	15.4
HEP 500	1740	1/2	208-230 / 460	2.3-2.4 / 1.2	7,800 / 4,588	71	23
HEP 630	1730	3/4	208-230 / 460	2.42-2.32 / 1.16	11,320 / 6,659	75	28.6

### Dimensiones

Dimensiones en mm

	HEP 400	HEP 500	HEP 630
A	498	628	807
B	400	494	630
C	215	202	210
D	320	343	328



AXIALES

Catálogo industrial 13

## Estantería Liviana

Estantería Liviana permite llevar un control adecuado de las mercancías, archivo y elementos; asegura un correcto proceso logístico en empresas industriales, almacenes u oficinas.

### 1 Parales:

Paral en Lámina de Cold Rolled; pintura en polvo electrostática horneable de alta resistencia; uniones temporales con tuerca y arandela.

#### Dimensiones:

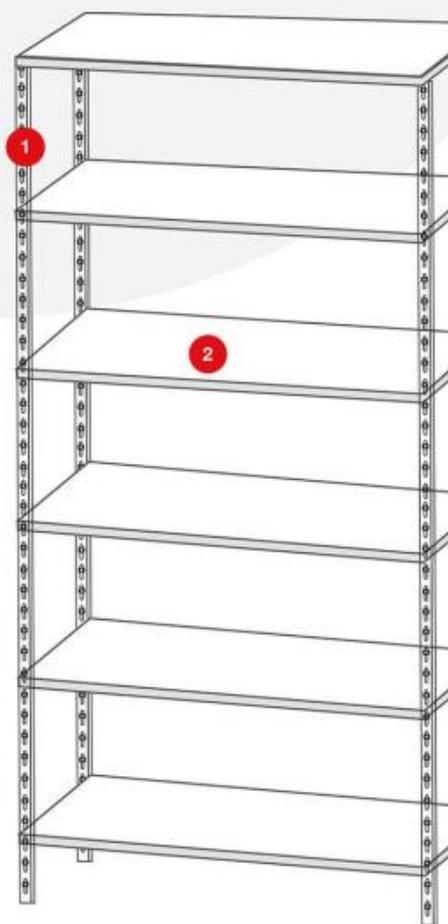
Largo 2.00m  
Largo 2.40m

### 2 Entrepaños Graduales:

Lámina Cold Rolled Calibre 22. Artes en Cold Rolled con procesos de desengrase por aspersión y fosfato; pintura electrostática horneable de alta resistencia, cada entrepaño resiste 60 Kg de carga uniformemente distribuida, uniones temporales tuerca y arandela.

#### Dimensiones:

Ancho 92cm Fondo 30cm  
Ancho 92cm Fondo 40cm  
Ancho 92cm Fondo 45cm  
Ancho 92cm Fondo 60cm



[WWW.INDUSTRIASCRUZCENTRO.COM](http://WWW.INDUSTRIASCRUZCENTRO.COM)

Tel: + 57 (1) 560 84 33 - 560 75 90 | Móvil: 311 464 7215 | [comercial@industriascruzcentro.com](mailto:comercial@industriascruzcentro.com) | Av. Caracas 4 - 54 Loc.59 Bogotá, Col.

## Estantería Liviana

### Parales

Paral en Lámina de Cold Rolled; pintura en polvo electrostática horneable de alta resistencia; uniones temporales tuerca y arandela.



**PARAL 2.00 m**

**\$27.000**  
IVA Incluido

**PARAL 2.20 m**

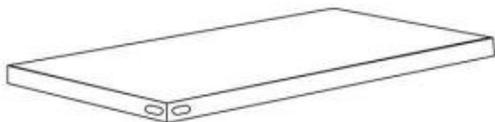
**\$30.000**  
IVA Incluido

**PARAL 2.40 m**

**\$32.000**  
IVA Incluido

### Entrepaños Graduables

Lámina Cold Rolled Calibre 22, Artes en Cold Rolled con procesos de desengrase por aspersión y fosfato; pintura electrostática horneable de alta resistencia, cada entrepaño resiste 60 Kg de carga uniformemente distribuida, uniones temporales tuerca y arandela. Cada módulo de estantería incluye 6 entrepaños.



**ENTREPAÑO 30**

92 cm\*30 cm

**\$37.000**  
IVA Incluido

**ENTREPAÑO 40**

92 cm\*40 cm

**\$46.000**  
IVA Incluido

**ENTREPAÑO 45**

92 cm\*45 cm

**\$53.000**  
IVA Incluido

**ENTREPAÑO 60**

92 cm\*60 cm

**\$79.000**  
IVA Incluido

[WWW.INDUSTRIASCruzCENTRO.COM](http://WWW.INDUSTRIASCruzCENTRO.COM)

Tel: + 57 (1) 560 84 33 - 560 75 90 | Móvil: 311 464 7215 | [comercial@industriascruzcentro.com](mailto:comercial@industriascruzcentro.com) | Av. Caracas 4 - 54 Loc.59 Bogotá, Col.

SEDE **CENTRO**

## Estantería Liviana



**\$310.000**  
IVA Incluido



### Estantería Metálica 30

**Dimensiones:**

Alto 2.00 m Ancho 92 cm Largo 30 cm.



**\$360.000**  
IVA Incluido



### Estantería Metálica 40

**Dimensiones:**

Alto 2.00 m Ancho 92 cm Largo 40 cm.



**\$410.000**  
IVA Incluido



### Estantería Metálica 45

**Dimensiones:**

Alto 2.00 m Ancho 92 cm Largo 45 cm.



**\$570.000**  
IVA Incluido



### Estantería Metálica 60

**Dimensiones:**

Alto 2.00 m Ancho 92 cm Largo 60 cm.

[WWW.INDUSTRIASCruzCENTRO.COM](http://WWW.INDUSTRIASCruzCENTRO.COM)

Tel: + 57 (1) 560 84 33 - 560 75 90 | Móvil: 311 464 7215 | [comercial@industriascruzcentro.com](mailto:comercial@industriascruzcentro.com) | Av. Caracas 4 - 54 Loc.59 Bogotá, Col.

## ARMARIO PAPELERO



### Características

- Medidas: 1.80m de alto x 92cm de ancho x 40cm de fondo.
- 4 entrepaños 5 servicios.
- Estructura terminada en pintura electrostática horneable.
- Lámina cold rolled calibre 22.
- Dos puertas con chapa y llave.

# SYLVANIA

## LED Panel

LED PANEL RC 40W DL 100-277V

P27916



Luminaria tipo Panel LED de alta eficacia con diseño ultradelgado y driver independiente. Montaje de incrustar en cielo raso. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.

### CARACTERÍSTICAS

Diseño moderno con fuente de iluminación lateral basada en LED SMD y difusor opalizado

Ultra delgado y liviano con disipador de calor integrado

Instalación incrustado o recesado en marco (marco no incluido) o colgado.

Opción de instalación colgante (guayas y accesorios no incluidos)

### APLICACIONES

Adecuado para aplicaciones de iluminación interior

Iluminación general en oficinas e instalaciones educativas

Iluminación general en comercio y consultorios



Ultra Delgado



### DATOS ÓPTICOS

Temperatura de color	6500 K (DL)
Flujo luminoso	3200 lm
Ángulo de apertura	110°
Tipo de distribución	Directa simétrica
Reproducción de color (IRC)	80
Vida útil	30000 h L70
Eficacia	80 lm/W

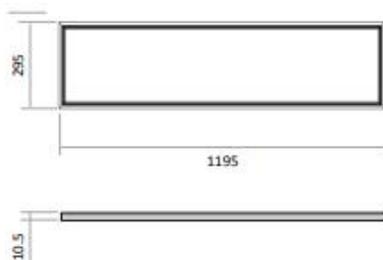
### DATOS FÍSICOS

Acabado	Blanco
Grado de protección IP	IP20
Dimensiones (LxWxH)	1195x295x10 mm
Tipo de montaje	Incrustar
Chasis	Aluminio
Óptica	Difusor PMMA
Temperatura de operación Ta	-10°C - +40°C

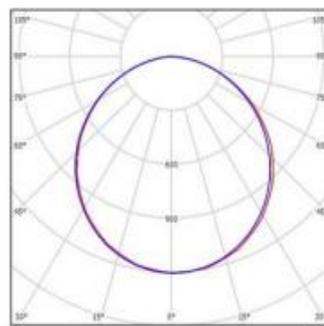
### DATOS ELÉCTRICOS

Potencia de entrada	40 W
Tensión de operación	100-277 V 50/60 Hz
Corriente de entrada	0.333 A @ 120 V
Factor de potencia	>0.9
Distorsión armónica (THD)	<20%
Tipo de driver	Independiente CC
Atenuable	NO

### DIMENSIONES



### FOTOMETRÍA



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 06/19

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by FEILO SYLVANIA