

ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE LABORATORIO PARA LA EJECUCIÓN DE LOS
ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS UTILIZADOS EN
LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO CON LA VERIFICACIÓN DEL
CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS PARA EL LABORATORIO
DE SUELOS CIVILES DE LA UFPS

WILMARA COBO BRITO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

SAN JOSE DE CUCUTA

2021

ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE LABORATORIO PARA LA EJECUCIÓN DE LOS
ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS UTILIZADOS EN
LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO CON LA VERIFICACIÓN DEL
CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS PARA EL LABORATORIO
DE SUELOS CIVILES DE LA UFPS

WILMARA COBO BRITO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

ANDREA JOVANNA CACIQUE ARIAS

Ingeniera Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

SAN JOSE DE CUCUTA

2021

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 15 DE SEPTIEMBRE DE 2021 **HORA:** 8:00 a. m.

LUGAR: VIDEOCONFERENCIA – GOOGLE MEET

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "ELABORACION DE UN MANUAL DE LABORATORIO PARA LA EJECUCION DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACION DE LOS MLATERLALES PETREOS UTILIZADOS EN LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO CON LA VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS PARA EL LABORATORIO DE SUELOS CIVILES DE LA UFPS".

JURADOS: JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
OSCAR ALBERTO DALLOS LUNA

DIRECTOR: INGENIERA ANDREA JOVANA CACIQUE ARIAS.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
WILMARA JOSE COBO BRITO	1113631	4,3	CUATRO, TRES

APROBADA



JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ



OSCAR ALBERTO DALLOS LUNA

Vo. Bo.



JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.



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

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

WILMARA COBO BRITO identificado(s) con la C.C. N° 1121043762 autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado ELABORACION DE UN MANUAL DE LABORATORIO PARA LA EJECUCION DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES PETREOS UTILIZADOS EN LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO CON LA VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS PARA EL LABORATORIO DE SUELOS CIVILES DE LA UFPS presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de INGENIERO CIVIL; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

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

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que "los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.


FIRMA Y CEDULA
1121043762

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

Agradecimientos

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mis docentes por haberme guiado a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A la Universidad San Francisco de Paula Santander, por haberme brindado oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Contenido

	pág.
Introducción	16
1. Problema	17
1.1 Título	17
1.2 Planteamiento del Problema	17
1.3 Formulación del Problema	18
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos específicos	18
1.5 Justificación	19
1.6 Alcances y Limitaciones	19
1.6.1 Alcances	19
1.6.2 Limitaciones	20
1.7 Delimitaciones	20
1.7.1 Delimitación espacial	20
1.7.2 Delimitación temporal	21
1.7.3 Delimitación conceptual	21
2. Marco Referencial	22
2.1 Antecedentes	22
2.1.1 Antecedentes nacionales	22
2.1.2 Antecedente regional	23
2.2 Marco Teórico	24
2.2.1 Pavimentos	24

2.2.1.1 Pavimento flexible	24
2.2.1.2 Pavimento rígido	25
2.2.2 Capas de un pavimento	26
2.2.2.1 Subrasante	26
2.2.2.2 Cuerpo del terraplén	26
2.2.2.3 Subbase	27
2.2.2.4 Base	28
2.2.3 Ensayos	28
2.3 Marco Conceptual	36
2.3.1 Agregado	36
2.3.2 Agregados pétreos	37
2.3.3 Análisis granulométrico	37
2.3.4 Densidad	37
2.3.5 Durabilidad	37
2.3.6 Dureza	37
2.3.7 Granulometría	38
2.3.8 Impermeabilidad	38
2.3.9 Partícula larga y partícula plana	38
2.3.10 Resistencia al desgaste	38
2.4 Marco Contextual	38
2.5 Marco Legal	39
3. Diseño Metodológico	41
3.1 Tipo de Investigación	41
3.2 Población y Muestra	41

3.2.1 Población	41
3.2.2 Muestra	41
3.3 Instrumentos para la Recolección de Información	42
3.4 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	42
4. Desarrollo del Proyecto	43
4.1 Elaboración del Manual	43
4.2 Registro Fotográfico	49
4.3 Formatos Excel	51
4.4 Análisis de la Información	53
5. Conclusiones	54
6. Recomendaciones	55
Referencias Bibliográficas	56
Anexos	58

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Ubicación geográfica	20
Figura 2. Estructura pavimento flexible	25
Figura 3. Estructura pavimento rígido	25
Figura 4. Requisitos INVIAS Material Tipo Afirmado	31
Figura 5. Requisitos INVIAS Material Tipo Subbase	32
Figura 6. Requisitos INVIAS Material tipo base granular	33
Figura 7. Requisitos INVIAS de los agregados para mezclas asfálticas en caliente para gradación continua	34
Figura 8. Requisitos INVIAS 630.1 Requisitos del agregado fino para concreto estructural	35
Figura 9. Requisitos INVIAS 630.3 Requisitos del agregado grueso para concreto estructural	36
Figura 10. Especificaciones INVIAS	40
Figura 11. Manual de laboratorio agregados petreos para pavimentos	44
Figura 12. Contenido de Manual de laboratorio agregados petreos para pavimentos	45
Figura 13. Tabla de Clasificación de ensayos	46
Figura 14. Tabla de Clasificación de ensayos	48
Figura 15. Formato de laboratorios de suelos civiles	52

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Ensayos y especificación INVIAS	43

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Registro fotográfico	59

Resumen

El trabajo trata acerca de la realización de un manual de laboratorio para agregados pétreos presentes en las diferentes capas del pavimento, dicho manual se elaboró con el fin de que el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander tenga un medio de ayuda para los estudiantes de los programas ingeniería Civil y Tecnología en Obras Civiles en la realización de los ensayos, es decir, una guía que les permita saber exactamente que elementos necesitan, que procedimiento deben realizar y que significan los resultados obtenidos de cada uno, así mismo, este manual servirá como apoyo informativo para las demás actividades que presta en laboratorio de suelos civiles por ejemplo, los trabajos de extensión. Este documento será de uso exclusivo del laboratorio de suelos civiles y la Universidad Francisco de Paula Santander con el fin de fortalecer el aprendizaje, los conocimientos y la práctica profesional de los estudiantes.

Abstract

The work is about the realization of a laboratory manual for stone aggregates present in the different layers of the pavement, this manual was developed in order that the laboratory of civil soils of the University Francisco de Paula Santander has a means of assistance for students of the programs Civil Engineering and Technology in Civil Works in carrying out the tests, That is to say, a guide that allows them to know exactly what elements they need, what procedure they should carry out and what the results obtained from each one mean, likewise, this manual will serve as an informative support for the other activities that it provides in civil soils laboratory for example, the extension works. This document will be of exclusive use of the laboratory of civil soils and the University Francisco de Paula Santander in order to strengthen the learning, the knowledge and the professional practice of the students.

Introducción

Con el paso del tiempo en el desarrollo de esta profesión, se ha evidenciado la necesidad de tener conocimiento claro sobre los diferentes materiales utilizados en el área de la construcción, debido a que en la mayoría de los casos la falta de conocimiento de las condiciones de calidad de cada uno de ellos puede ocasionar fallas tempranas en los diferentes elementos que hacen parte de cualquier obra constructiva bien sea una edificación, una obra vial etc.

En el caso de las vías su componente estrella es el pavimento, el cual cuenta con capas diseñadas bajo especificaciones que garantizan la estabilidad de este tipo de obra, con esto se verifica y se da cumplimiento a los parámetros que siendo utilizados correctamente dan el confort necesario a la estructura del pavimento en su función de seguridad y funcionalidad.

Con este proyecto se desea elaborar un manual de laboratorio de pavimentos que permita mejorar el aprendizaje sobre el tipo de materiales necesarios para la realización de una estructura de pavimento, el tipo de ensayos que se deben realizar, la importancia de los mismos y los equipos necesarios para lograr dichos ensayos, este manual permitirá dar apoyo a Docentes, estudiantes, personal de laboratorio y el servicio de extensión que presta el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander.

1. Problema

1.1 Título

ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE LABORATORIO PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS UTILIZADOS EN LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO CON LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS PARA EL LABORATORIO DE SUELOS CIVILES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER.

1.2 Planteamiento del Problema

La Universidad Francisco de Paula Santander y su laboratorio de suelos civiles actualmente no cuenta con una guía académica que le permita a los estudiantes y profesores tener la instrucción al momento de realizar prácticas, en cuanto a equipos, instrumentos y procedimientos para la ejecución y análisis de los resultados de los ensayos de pavimentos.

De ahí surge la necesidad de elaborar un manual de laboratorio que será elaborado de acuerdo a las especificaciones INVIAS siendo esta la reglamentación que rige en el País, las especificaciones INVIAS son de fácil manejo y aplicación, permitiéndonos esto proporcionar información completa sobre los lineamientos de los ensayos a realizar para la construcción de las distintas capas de pavimentos.

Hoy día una de las principales razones por las que una obra puede fallar es la falta de control de los materiales utilizados, es por esto se quiere fortalecer esta actividad caracterizando de manera completa los diferentes materiales, seguido a esto nace como idea el implementar los

ensayos que no se realizan actualmente en la universidad para la evaluación de los materiales de construcción a utilizar en un pavimento, esto con el fin de poder brindar a la comunidad este servicio.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo puede aportar la elaboración de un manual de laboratorio de la ejecución de los ensayos de caracterización de los materiales pétreos a la Universidad Francisco de Paula Santander y el laboratorio de suelos civiles?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Elaborar un manual de laboratorio para la ejecución de los ensayos de caracterización de los materiales pétreos utilizados en las capas de la estructura de un pavimento con la verificación del cumplimiento de las especificaciones del INVIAS para el laboratorio de suelos civiles de la UFPS.

1.4.2 Objetivos específicos. Los objetivos específicos se plantean a continuación:

Elaborar un manual que contenga la descripción de los ensayos, materiales a los cuales se les realiza el ensayo y una ficha técnica que describa los equipos a utilizar en cada uno de los ensayos para la caracterización de los materiales pétreos.

Indicar en el manual el paso a paso de los cálculos que se realizan en cada uno de los ensayos teniendo en cuenta la norma INVIAS.

Realizar los formatos de cálculo de los ensayos que se tratan en este proyecto.

Implementar en el laboratorio de suelos civiles el manual y los formatos de cálculo, para registrar el control de calidad de los materiales pétreos utilizados en la estructura de un pavimento.

1.5 Justificación

El presente manual surge ante la necesidad que tienen los estudiantes de ingeniería civil y obras civiles de conocer los procedimientos, cálculos y resultados de los diferentes ensayos de caracterización de materiales. El proyecto busca dotar con una guía que contenga los laboratorios para la caracterización de los materiales pétreos con el fin de maximizar el desarrollo de las prácticas del laboratorio de pavimentos y la atención a los servicios de extensión.

Es por esto que en el desarrollo de la vida académica y para la formación de un ingeniero civil, se hace presente la necesidad de que el estudiante desarrolle buenas prácticas que le van a permitir no solo comprender de manera teórica los conceptos vistos en cada una de las áreas de ingeniería, sino también de una manera práctica, permitiendo tener un aprendizaje completo donde pueda desarrollar y analizar cada uno de los resultados de los ensayos de laboratorio.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances. El alcance de este proyecto es implementar en un manual todas las prácticas de laboratorio que exige las especificaciones INVIAS de los materiales para pavimentos como lo son la base granular según la INV- 330, subbase granular según la INV-320, afirmado según especificación 311 y agregados para las mezclas asfálticas según INV- 450.

Se espera tener un manual de procedimiento, equipos utilizados y realización de los respectivos cálculos de cada ensayo para la verificación de los materiales utilizados para la

construcción de pavimentos.

1.6.2 Limitaciones. La principal limitación de este proyecto es la falta de equipos e instrumentos necesarios para algunos ensayos que no se encuentran de manera física en el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander.

1.7 Delimitaciones

1.7.1 Delimitación espacial. Este manual se realizará en la ciudad de Cúcuta, haciendo utilidad de los agregados pétreos que nos ofrece la región, además se hará utilidad del laboratorio de suelos civiles de la U.F.P.S ubicado dentro de las instalaciones de la misma en la av. gran Colombia # 12e-96 Barrio Colsag.



Figura 1. Ubicación geográfica

Fuente: Google Maps, 2021.

1.7.2 Delimitación temporal. El desarrollo del proyecto se programa para su realización durante un tiempo de cuatro (4) meses, (un semestre académico) después de aprobado este anteproyecto.

1.7.3 Delimitación conceptual. El proyecto implica conceptos técnicos y claros para la elaboración del manual con respecto a tipos de ensayos, materiales y equipos.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales. Correal, Quiñones & Valderrama (2019). Manual de procesos para el laboratorio de suelos de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Villavicencio”. Esta manual tiene como objetivo facilitar a los estudiantes de ingeniería civil de La universidad Cooperativa de Colombia, busca generar un material de apoyo para los estudiantes, que realizan constantemente ensayos en los laboratorios formándose para su vida profesional. Las guías buscan incluir conceptos y procedimientos basados en el conjunto de normas técnicas nacionales e internacionales, facilitando de esta forma la toma de datos y realización de los procesos en cada una de las prácticas académicas.

Botía (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo”. Este Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos, ha sido desarrollado tomando como referencia principal la normatividad INVIAS del año 2013 para Colombia, se ha recopilado información sobre los ensayos que se desarrollan en la empresa Geotechnical S.A.S estableciendo un procedimiento detallado del método a desarrollar en el laboratorio, así como el desarrollo de hojas de cálculo que permite con base a los datos obtenidos en laboratorio determinar propiedades físicas y mecánicas de los suelos en estudio.

Molina (2017). “Guías para los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad Libre Seccional Pereira”. El proyecto “Guías para laboratorios de Mecánica de Suelos de la Universidad Libre Seccional Pereira” da como resultado, un material de apoyo para los estudiantes del programa de Ingeniería Civil, que constantemente realizan ensayos en los laboratorios del campus. Al incluir en las guías conceptos previos, un procedimiento claro y

conciso, formatos para tomar datos, e instrucciones de los cálculos finales; se busca un mejor aprovechamiento de estas prácticas. Complementado con una base de datos, que condensa estudios importantes realizados en la ciudad de Pereira, para tener una fuente de verificación de resultados.

Instituto Nacional de Vías (2013). “Manual de normas de ensayo de materiales para carreteras sección 200 agregados petreos”. Este manual de normas de ensayo de materiales para carreteras tiene el propósito de estandarizar los procedimientos de muestreo y ensayo en los laboratorios que realizan pruebas para los proyectos a cargo del instituto nacional de vías sobre la infraestructura carretera nacional. Estas normas reemplazan, en su totalidad, las normas de ensayo adoptadas como norma técnica por el ministerio de transporte mediante resolución 3290 del 15 de agosto de 2007. Los procedimientos y requerimientos incluidos en el documento se basan, principalmente, en normas internacionales elaboradas por instituciones de prestigio, en especial la ASTM, adaptadas a las necesidades específicas del INVIAS.

Suarez (2013). “Guías de laboratorio del área de suelos”. Presenta como Proyecto unas Guías para los laboratorios de Mecánica de Suelos y Pavimentos, como referencia de cada ensayo emplea el Manual del INVIAS, para facilitar el uso y ejecución de cada uno de los ensayos exigidos según especificaciones, y así poder mejorar la experiencia de aprendizaje en los estudiantes de ingeniería civil.

2.1.2 Antecedente regional. Gómez & Gómez (1991). “Diseño de un modelo instruccional para la utilización del laboratorio de pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander”. Este proyecto que se presenta en este trabajo de grado básicamente se trató de dotar al estudiante de la asignatura de pavimentos con una guía metodológica que facilite la

asimilación y aplicación de los pasos técnicos del desarrollo del proceso práctico, comprobación y análisis de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta la gran demanda de utilización y servicios del laboratorio de pavimentos de la UFPS, por parte del estudiante y de la comunidad en general, se prevé que el modelo instruccional para la utilización del laboratorio de pavimentos, será un instrumento de ayuda para el uso y optimización de los recursos físicos del mismo, por cuanto al contar con esta guía didáctica se disminuyen en parte los posibles errores técnicos, abreviándose por consiguiente la duración de los ciclos y procesos experimentales.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Pavimentos. Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías (subrasante) y la superficie de rodamiento, cuya principales funciones son proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales; así como transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que esta no se deforme de manera perjudicial.

2.2.1.1 Pavimento flexible. Consisten en una superficie de desgaste o carpeta relativamente delgada construida sobre unas capas (base y subbase), apoyándose de este conjunto sobre la subrasante compactada, de manera que la subbase, base y superficie desgaste o carpeta son los componentes estructurales de este tipo de pavimento.

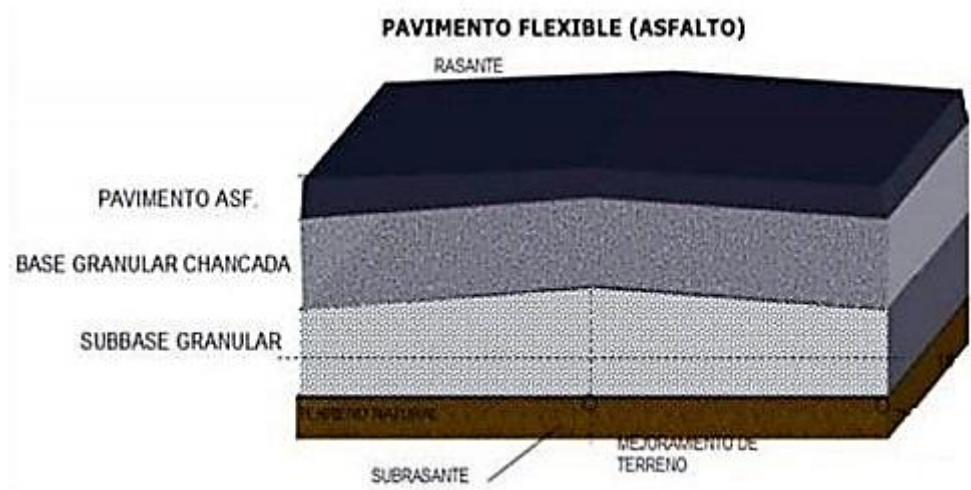


Figura 2. Estructura pavimento flexible

2.2.1.2 Pavimento rígido. Es un pavimento constituido por una losa de hormigón de cemento portland que se apoya sobre la base o una capa de sub-base. Transmite directamente los esfuerzos al suelo de forma minimizada.

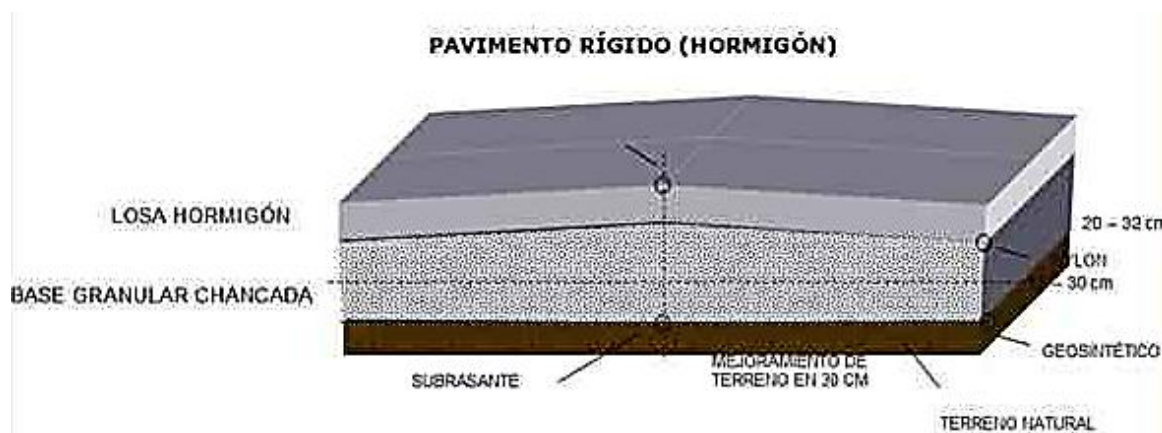


Figura 3. Estructura pavimento rígido

Aparte de los tipos de pavimentos ya citados existe actualmente el llamado semirrígido que es, esencialmente, un pavimento flexible a cuya base se le ha dado una liquidez alta por la edición de cemento o asfalto.

De lo anterior se desprende que, en general, un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo cuanto más cercanas se encuentran a la superficie de rodamiento; ello es, principalmente por la mayor intensidad de los esfuerzos que le son transmitidos.

Algunos autores consideran que los pavimentos se diferencian y definen en términos de los materiales de que están constituidos y como se estructuran esos materiales, mientras que otros consideran que la diferencia esencial es la manera en que distribuyen las cargas sobre la subrasante.

2.2.2 Capas de un pavimento. Las capas se muestran a continuación:

2.2.2.1 Subrasante. Se puede definir como la franja de terreno que es afectada por la construcción del camino y su función es la de soportar las cargas de la estructura del pavimento y de las terracerías sin olvidar las cargas del tránsito.

Funciones subrasante:

Evitar que se contaminen las capas de pavimentos cuando el cuerpo del terraplén o el terreno natural sean de material fino o arcilloso.

Evitar que sean absorbidas las capas superiores cuando se tiene terraplenes.

Evitar que se reflejen las imperfecciones en los cortes hacia las capas de pavimento para lograr espesores de pavimentos constantes.

2.2.2.2 Cuerpo del terraplén. Esta será utilizada únicamente en porciones de camino con terraplén, su función principal es la de dar la altura necesaria para alojar las obras de drenaje.

2.2.2.3 Subbase. Es la capa que está apoyada sobre la subrasante, compuesta por materiales granulares de buena gradación. Deberán ser perfilada y compactada entre el 95-5 y 100% de su máxima densidad seca mediante el ensayo proctor estándar.

El empleo de la subbase implica mejorar la capacidad de soporte de suelo que se traduce en una reducción del espesor de careta de rodadura. Sin embargo, el impacto no es significativo.

Función económica. Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser constituido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor del pavimento, no obstante, resultar más económica.

Capa de transición. La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

Disminución de las deformaciones. Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con a capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia. La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante.

Drenaje. En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

2.2.2.4 Base. Para el pavimento de concreto no es común, pero podría darse el caso en situaciones extremas. En ese caso la base constituye la capa intermedia entre la subbase y la carpeta de rodadura y utiliza materiales granulares de excelente gradación (Robles, 2018).

Función económica. Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

Resistencia. La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

2.2.3 Ensayos. Como se muestra a continuación:

Método del valor soporte california (CBR). Este método usa las características de carga - deformación de la subrasante, subbase y base y en forma empírica los relaciona con los espesores totales del pavimento, capa de rodadura, base y capas subyacentes.

El CBR es la relación existente entre una carga que produce una deformación de 0.1 pulg (2.5 mm) en el material en cuestión y la carga que produce esa misma deformación en una muestra patrón que es un material granular de excelente calidad que se asume como 100%.

Límites de Atterberg:

Límites de Atterberg Estos ensayos junto con la granulometría por tamizado se requieren para la clasificación del suelo, en este caso su consistencia con respecto al contenido de humedad.

A estos contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Límite líquido:

El suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y es posible moldearse.

Límite plástico:

El suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se produce el rompimiento.

Límite de retracción o contracción:

Estado en que el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Granulometría por tamizado para agregados:

Este método cubre la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante tamizado. Esto con el fin de obtener la granulometría de diseño para las condiciones del proyecto. Para ello se toma una muestra de agregado seco de masa conocida y separada en una serie de tamices colocados progresivamente desde el más pequeño al más grande para determinar su distribución por tamaño.

Caracterización de agregados:

Como parte de la etapa de diseño y dentro del control de calidad de los materiales en la etapa constructiva es de suma importancia la evaluación de las siguientes propiedades de los agregados utilizados tanto en la conformación de la subbase y base (granular o estabilizada) como en la

producción de mezcla asfáltica:

Abrasión de los ángeles.

Disgregabilidad.

Índice de durabilidad (agregado grueso).

Índice de durabilidad (agregado fino).

Caras fracturadas.

Libre de materia orgánica, grumos o arcillas.

Índice de plasticidad.

Relación de humedad y densidad.

Proctor estándar.

Proctor modificado.

A continuación, se muestra cada una de los ensayos que se debe realizar y el valor de cumplimiento para cada uno de los resultados de los ensayos indicados en las especificaciones exigidas para cada tipo de material mencionado:

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA								
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

Figura 4. Requisitos INVIAS Material Tipo Afirmado

Fuente: INVIAS, 2013.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Figura 5. Requisitos INVIAS Material Tipo Subbase

Fuente: INVIAS, 2013.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8	40 8	35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	- -	70 75	90 75
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%) - Una cara - Dos caras	E-227	50 -	70 50	100 70
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 80	≥ 80	≥ 95

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA								
BASES GRANULARES DE GRADACIÓN GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7%			6%			3%

Figura 6. Requisitos INVIAS Material tipo base granular

Fuente: INVIAS, 2013.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)				
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 500 revoluciones	E-218	25/35/- 5/7/-	25/35/35 5/7/7	25 / 35 / 35 5/7/7
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238		25/30/30	20/25/25
- Capa de: rodadura / intermedia / base				
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, Capa de: rodadura / intermedia / base	E-224			110/90/75 75/75/75
- Valor en seco, mínimo (kN)				
- Relación húmedo/seco, mínima (%)				
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)				
- Una cara: rodadura / intermedia / base	E-227	75/60/- -/-	75/75/60 60/-/-	85/75/60 70/-/-
- Dos caras: rodadura / intermedia / base				
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
- Capa de: rodadura / intermedia / base				
Adhesividad (O)				

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
		37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.180	0.075
		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 80	No. 200
		% PASA									
DENSE	MDC-25		100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-19			100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-10					100	65-87	43-61	16-29	9-19	5-10
SEMIDENSE	MSC-25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
	MSC-19			100	80-95	65-80	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
GRUESA	MGC-38	100	75-95	65-85	47-67	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
	MGC-25		100	75-95	55-75	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
ALTO MÓDULO	MAM -25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	10-20	8-14	6-9
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)		4 %					3 %			2 %	

Figura 7. Requisitos INVIAS de los agregados para mezclas asfálticas en caliente para gradación continua

Fuente: INVIAS, 2013.

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de sodio	E-220	10
	- Sulfato de magnesio	E-220	15
Limpieza			
Límite líquido, % máximo		E-125	-
Índice de plasticidad		E-126	No plástico
Equivalente de arena, % mínimo		E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo		E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		E-211	1
Partículas livianas, % máximo		E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 mm (No.200), % máximo		E-214	5
Contenido de materia orgánica			
Color más oscuro permisible		INV E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , % máximo		INV E-233	1.2
Absorción			
Absorción de agua, % máximo		INV E-222	4

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No.4	95 – 100
2.36 mm	No.8	80 - 100
1.18 mm	No.16	50 – 85
600 µm	No.30	25 – 60
300 µm	No.50	10 – 30
150 µm	No.100	2 – 10

Figura 8. Requisitos INVIAS 630.1 Requisitos del agregado fino para concreto estructural

Fuente: INVIAS, 2013.

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza			
Desgaste Los Ángeles	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	E-218	40
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		8
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1)		60
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo (1)	- Sulfato de sodio	E-220	12
	- Sulfato de magnesio		18
Limpieza			
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		E-211	0.25
Partículas livianas, % máximo		E-221	1.0
Geometría de las partículas			
Índice de aplanamiento, % máximo		E-230	25
Índice de alargamiento, % máximo			25
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , % máximo		E-233	1.0

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA (% PASA)						
Normal	Alternativo	AG-1	AG-2	AG-3	AG-4	AG-5	AG-6	AG-7
63 mm	2.5 "	-	-	-	-	100	-	100
50 mm	2 "	-	-	-	100	95-100	100	95-100
37.5mm	1 1/2 "	-	-	100	95-100	-	90-100	35-70
25.0mm	1 "	-	100	95-100	-	35-70	20-55	0-15
19.0mm	3/4 "	100	95-100	-	35-70	-	0-15	-
12.5mm	1/2 "	90-100	-	25-60	-	10-30	-	0-5
9.5 mm	3/8 "	40-70	20-55	-	10-30	-	0-5	-
4.75mm	No.4	0-15	0-10	0-10	0-5	0-5	-	-
2.36mm	No.8	0-5	0-5	0-5	-	-	-	-

Figura 9. Requisitos INVIAS 630.3 Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

Fuente: INVIAS, 2013.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Agregado. Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria, o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

2.3.2 Agregados pétreos. Materiales de roca debidamente fragmentados y clasificados, se emplean en la industria de la construcción para la parte estructural más comúnmente conocida como obra negra, hacen parte de este grupo gravas, arenadas, triturados y agregados livianos del concreto”.

2.3.3 Análisis granulométrico. Análisis que consiste en hacer pasar un peso conocido de una muestra a través de una serie de cribas sucesivamente y pesar la cantidad retenida sobre cada una de ellas para determinar el porcentaje de peso en cada fracción de tamaño y su distribución relativa con respecto al peso original.

2.3.4 Densidad. El grado de solidez que puede alcanzarse en una mezcla dada y que sólo está limitado por la eliminación total de los vacíos que se encuentran entre las partículas de la masa.

2.3.5 Durabilidad. La propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación que describe su habilidad para resistir desintegración por efectos ambientales o de tráfico. Los efectos ambientales incluyen cambios en las características del asfalto, tales como oxidación y volatilización, y cambios en el pavimento y en el agregado debido a la acción del agua, incluyendo congelamiento y deshielo.

2.3.6 Dureza. Es la resistencia que ofrece el agregado a la acción del roce y el desgaste diario. Para determinar esta propiedad se emplea el ensayo de resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles según la norma (INVE 218-07), un ensayo que es aplicado para indicar la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas.

2.3.7 Granulometría. Se refiere al tamaño de las partículas y el porcentaje o distribución de estas en una masa de agregado. Se determina mediante el análisis granulométrico, que consiste en hacer pasar una determinada cantidad de agregado a través de una serie de tamices standard. La operación de tamizado se debe realizar según la norma (INVIAS, 2006).

2.3.8 Impermeabilidad. La capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso del aire y agua dentro o a través del mismo.

2.3.9 Partícula larga y partícula plana. Partícula cuya dimensión máxima es superior a $9/5$ de la dimensión media de la fracción (INVIAS, 2006)

Partícula cuya dimensión mínima de espesor es inferior a $3/5$ de la dimensión media de la fracción (INVIAS, 2006).

2.3.10 Resistencia al desgaste. Indicador general de la calidad del agregado, el cual se identifica mediante el ensayo de máquina de los ángeles (Rivera, s.f.).

2.4 Marco Contextual

Este proyecto se llevara a cabo en la Universidad Francisco de Paula Santander, en las instalaciones del laboratorio de suelos Civiles, ubicada en la Avenida Gran Colombia # 12E - 96, Cúcuta, Norte de Santander con coordenadas $7^{\circ}53'57''N$ $72^{\circ}29'15''O$. la función social de “la Universidad Francisco de Paula Santander como Institución de educación Superior desarrollara programas de pregrado y posgrados formales o no formales, en los campos de la técnica, la ciencia, la tecnología, las humanidades, el arte y la filosofía, de acuerdo con lo previsto en la Ley 30 de 1992.

La población que recibirá la influencia de este proyecto es la Universidad Francisco de Paula Santander, donde se reflejan en el desarrollo de programas de apoyo para los diferentes sectores estratégicos en labores de investigación, asesoría, consultoría y diversos mecanismos de participación. Al par con sus procesos de formación e investigación, la Universidad podrá seguir adelantando la labor que trasciende su dinámica interna y que significa proyectar su influencia a su entorno en los ámbitos económicos, cultural y social (Consejo Superior Universitario, 2007).

2.5 Marco Legal

Del trabajo de grado exigido por el Estatuto Estudiantil Acuerdo 065 del 26 de agosto de 1996 de la Universidad Francisco de Paula Santander, título V, del Trabajo de Grado Artículo 139. “El trabajo de grado es un componente del plan de estudio y tiene como objetivos:

- a. Brindar al estudiante la oportunidad de manifestar de manera especial su capacidad investigativa, su creatividad y disciplina de trabajo mediante la aplicación integral de los conocimientos y métodos requeridos.
- b. Servir como instrumento de extensión a la comunidad y medio de generación del conocimiento.
- c. Facilitar al estudiante su participación y concurso en la solución de problemas comunitarios.
- d. Facilitar al estudiante una mayor autonomía en el desarrollo de trabajos científicos, científico-tecnológicos y profesionales propios de su formación.

De las especificaciones que exige el INVIAS se encuentra:

CAPITULO 3-AFIRMADOS, SUBBASES Y BASES		
N° DE ESPECIFICACION	CAPA DEL PAVIMENTO	DESCRIPCIÓN
ART. 311-13	AFIRMADO	Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante terminada , o sobre un afirmado existente, de acuerdo con la presente especificación, los alineamientos, pendientes y condiciones indicados en los planos del proyecto y las instrucciones del interventor.
ART. 320-13	SUB-BASE GRANULAR	Este trabajo consiste en el suministro, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de sub-base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el interventor.
ART. 330-13	BASE GRANULAR	Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones, indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el interventor.
CAPITULO 4 - PAVIMENTOS ASFÁLTICOS		
ART. 450-13	MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA (CONCRETO ASFÁLTICO)	Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación, de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada y colocada en caliente (concreto asfáltico), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos determinados por el interventor.

Figura 10. Especificaciones INVIAS

Fuente: INVIAS, 2013.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Aplicada y documental, donde la investigación aplicada tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento en específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación que es el caso de este manual de pavimentos ya que busca el enriquecimiento del conocimiento en esta área para que sirva por ende en la aplicación del servicio de extensión en la UFPS, y documental porque es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos primarios y secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores por medio de documentos existentes, cuyos datos pueden ser escritos, testimoniales o bibliográficos como lo es en este caso los ensayos de laboratorio de las distintas capas de un pavimento realizados en el laboratorio de suelos civiles de la UFPS.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. La población de este proyecto está comprendida por la comunidad universitaria el sector social y empresarial, ya que se busca la transferencia de conocimientos y soluciones de problemas académicos y de servicios prestados a la comunidad.

3.2.2 Muestra. La muestra de este proyecto es la comunidad estudiantil del pregrado en Ingeniería Civil, carreras técnicas y tecnológicas a fines y los servicios de extensión prestados en el laboratorio de suelos civiles.

3.3 Instrumentos para la Recolección de Información

Para la recolección de información y datos de procesamiento para el manual, se utilizaron distintos instrumentos fundamentales para el registro de datos, como:

Formatos de laboratorio, se creó un libro en Excel con diferentes hojas de cálculo nombradas conforme a cada laboratorio que corresponden a los cálculos de cada uno de los ensayos que el manual contiene.

Fotografías de los implementos o equipos necesarios para la realización de los diferentes ensayos presentes en el manual para la caracterización de los agregados pétreos.

Entrevistas no estructuradas a los técnicos e ingenieros del laboratorio, para complementar la información.

3.4 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Se implementarán hojas de cálculo en el software Excel para el análisis, procesamiento y tabulación de información en base a los ensayos con las especificaciones dadas por INVIAS de cada una de las capas de pavimentos trabajadas en el proyecto.

También se empleará el software Word para realizar el manual que contendrá información como descripción de los ensayos, equipos, materiales, imágenes y un esquema del formato para el registro de datos o resultados de cada ensayo.

4. Desarrollo del Proyecto

4.1 Elaboración del Manual

La información utilizada para la creación del manual se obtuvo como se indicó en el título y objetivos de este proyecto, es decir, la información consolidada en el manual INVIAS, cada uno de los ensayos cuenta con una especificación identificada con un número. Para dar entendimiento a lo anterior, la tabla 1 muestra alfabéticamente el listado de ensayos que se encuentran en el manual, junto con el número correspondiente a su especificación, es de aclarar que estos fueron tomados de las especificaciones 311, 320, 330, 450, 630.1 y 630.3 que indican los ensayos necesarios para las diferentes capas del pavimento (subrasante, base, subbase y capa de rodadura).

Tabla 1. Ensayos y especificación INVIAS

Ensayo	Especificación INVIAS
Absorción de agua máximo	INV E 222 - 13
Alargamiento y aplanamiento	INV E 230 - 13
Angularidad	INV E 239 - 13
Azul de Metileno	INV E 235 - 13
Caras fracturadas	INV E 227 - 13
CBR	INV E 148 - 13
Color más oscuro permisible	INV E 212 - 13
Contenido de Sulfatos	INV E 233 - 13
Contracción Lineal	INV E 127 - 13
Desgaste	INV E 218 - 219 - 13
Equivalente de Arena	INV E 133 - 13
Granulometría	INV E 123 - 13
Impurezas agregado grueso	INV E 237 - 13
Índice de Plasticidad	INV E 126 - 13
Límite Líquido	INV E 125 - 13
Micro Deval	INV E 238 - 13
Partículas Livianas	INV E 221 - 13
Pasa Tamiz 200	INV E 214 - 13
Pulimiento	INV E 232 - 13
Resistencia Mecánica por el método 10% de Finos	INV E 224 - 13
Solidez en sulfatos	INV E 220 - 13
Terrones de arcilla	INV E 211 - 13

Fuente: INVIAS, 2013.

El manual inicia con la presentación del mismo, se indica el nombre de la universidad, la facultad a la cual pertenece, el logo de la institución, nombre de los materiales que serán objeto de estudio en cada ensayo, el nombre de la autora y año de creación.



Figura 11. Manual de laboratorio agregados petreos para pavimentos

En su tabla de contenido identifica el orden en el cual se encuentran los ensayos según la capa del pavimento, característica del ensayo y posterior a esto el nombre de cada uno:

CONTENIDO	
INTRODUCCION	6
ENSAYOS A LA SUBRASANTE A	8
1. FRANJAS GRANULOMETRICAS	8
1.1 Granulometría	8
2. ENSAYOS DE LIMPIEZA B	14
2.1. Limite Líquido	14
2.2 Limite Plástico e Índice De Plasticidad	17
2.3 Contenido de terrones de Arcilla	20
2.4 Contracción Lineal C	24
2.5 Equivalente de Arena	30
3. ENSAYOS DE RESISTENCIA	36
3.1 CBR	36
ENSAYOS A LA SUBBASE	45
1. ENSAYOS DE DUREZA	45
1.1 Desgaste En La Máquina De Los Ángeles a 500 Revoluciones	45
*	50
1.2 Degradación por abrasión en el equipo MICRO-DEVAL	50
2. ENSAYOS DE DURABILIDAD	55
2.1. Ensayo De Solidez En Sulfatos	55
3. ENSAYOS DE LIMPIEZA	62
3.1 Limite Líquido	62
3.2 Limite Plástico e Índice De Plasticidad	62
3.3 Equivalente de Arena	64
3.4 Contenido de terrones de Arcilla	66
4. ENSAYOS DE RESISTENCIA	68
4.1 CBR	68
5. FRANJAS GRANULOMETRICAS	71
5.1 Granulometría	71
ENSAYOS A LA BASE GRANULAR	73
1. ENSAYOS DE DUREZA	73
1.1 Desgaste En La Máquina De Los Ángeles a 500 y 100 Revoluciones	73
1.2 Degradación por abrasión en el equipo MICRO-DEVAL	76

Figura 12. Contenido de Manual de laboratorio agregados petreos para pavimentos

*A – Capa del pavimento.

*B – Característica del ensayo.

*C – Nombre de los ensayos pertenecientes a esa característica.

En el inicio del manual quien vaya a hacer uso de este, se encontrará con una tabla de clasificación que permite de una manera más fácil identificar los ensayos que necesita cada material, esto con el fin de dar agilidad y mejorar la comprensión de las actividades desarrollar:

ENSAYOS	SUBRASANTE	SUB BASE	BASE	MEZCLA ASFALTICA	CONCRETO ESTRUCTURAL	
					Fino	Grueso
Granulometría	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Límites e índice de plasticidad	✓	✓	✓			
Terrones de Arcilla	✓	✓	✓		✓	✓
Contracción Lineal	✓					
Equivalente de Arena	✓	✓	✓	✓	✓	
CBR	✓	✓	✓			
Desgaste / 100 Revoluciones		✓	✓	✓		✓
Desgaste / 500 Revoluciones		✓	✓	✓		✓
Micro Deval		✓	✓	✓	✓	✓
Solidez en Sulfatos		✓	✓	✓	✓	✓
Método 10% de Finos			✓	✓	✓	✓
Azul de Metileno			✓	✓	✓	
Alargamiento y Aplanamiento			✓	✓		✓
Caras Fracturadas			✓	✓		✓
Angularidad Fracción Fina			✓	✓		
Coefficiente de Pulimiento				✓		
Impurezas Agregado Grueso				✓		
Partículas Livianas					✓	✓
Pasa Tamiz 200					✓	
Color más Oscuro Permisible					✓	
Contenido de Sulfatos SO4					✓	✓
Absorción Agua Máximo					✓	
Después 48 Hrs de Inmersión						✓
Relación Húmedo Seca						✓

Figura 13. Tabla de Clasificación de ensayos

El cuerpo del manual está elaborado conforme a la tabla de contenido, cada ensayo tiene 7 divisiones:

Descripción del ensayo.

Objetivo del ensayo.

Materiales, cantidad de material necesario.

Equipo.

Procedimiento.

Cálculos.

Resultados.

Cuando se habla de resultados dentro del manual se refiere a el formato donde los estudiantes van a plasmar los valores determinados en la realización de cada ensayo.

Estos formatos están plasmados dentro del manual de la misma forma en la que se encuentran los formatos programados en Excel:

RESULTADOS


		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES					
		TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES					
SECTOR:							
CLIENTE:							
LOCALIZACIÓN:							
PROFUNDIDAD:							
DESCRIPCIÓN:							
AGREGADO GRUESO							
FRACCION TAMIZ		MA SA INICIAL (g)	TAMIZ DE LAVADO	MA SA FINAL (g)	TERRONES Y DELEZNABLES (%)	RETENIDO GRADACION (%)	PORCENTAJE DE ARCILLA POR FRACCION (%)
PASA	RETIENE						
PROMEDIO PORCENTAJE DE TERRONES Y PARTICULAS DELEZNABLES							
NORMA DE ENSAYO			INV 211-13	ACEPTACION		< 0.25%	
AGREGADO FINO							
MASA MATERIAL PASA 4,75 mm (No 4), RETIENE TAMIZ No 16 (g)							
MASA MATERIAL RETENIDO TAMIZ No 20 (g)							
PORCENTAJE DE TERRONES Y PARTICULAS DELEZNABLES (%)							
NORMA DE ENSAYO INV 211-13		ACEPTACION		< 1%			
OBSERVACIONES:							

Figura 14. Tabla de Clasificación de ensayos

Algunos de los ensayos se repiten para diferentes capas del pavimento, en estos casos, se decidió colocar una nota especificando que la descripción, objetivo, materiales, equipo, procedimiento y cálculos se encuentran descritos previamente.

Equivalente de arena:

Nota: el presente ensayo ha sido descrito anteriormente, ir a la pagina 12 para revisar descripción, objetivos, materiales equipos, procedimientos y cálculos.

El laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander no realiza los ensayos de:

Coefficiente de Pulimiento.

Impurezas Agregado grueso.

Contenido de Sulfatos.

De igual forma fueron colocados de manera teórica y en pro del conocimiento, en el manual no cuentan con formatos para la toma de datos ni su programación en Excel, es de aclarar que el último de estos no es un ensayos de realización del laboratorio de suelos civiles ya que corresponde a una práctica de tipo química saliéndose de los lineamientos prácticos realizados en el laboratorio de suelos civiles.

4.2 Registro Fotográfico

El registro fotográfico aquí presentado fue tomado durante la emergencia sanitaria denominada Covid – 19 en una única visita programada a el laboratorio de Suelos Civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander:

Equipo misceláneo:

Bandejas.

Palustre.

Martillo.

Porra goma.

Espátulas.

Cuchara.

Cepillo.

Enrasador.

Moldes de secado (Tarros de Compota).

Alicate.

Bisturí.

Rodillo de madera.

Tazas de aluminio y plástico.

Llana.

Destornilladores.

Llaves Bristol.

Brochas.

(Ver anexo 1).

4.3 Formatos Excel

Los formatos en Excel cuentan con:

Logo de la universidad.

Nombre del ensayo.

Obra: en ese campo se pondrá el proyecto para el cual se esté realizando el ensayo, esto aplica para los ensayos de extensión.


Los estudiantes en ese lugar podrán colocar el grupo de la materia.

Localización: lugar de donde tomaron la muestra.

Solicitante: Nombre del docente u empresa que solicita el ensayo.

Descripción: se refiere a la descripción visual del material a ensayar
ejemplo: material granular – material arcilloso, entre otros.

Posterior se encuentra las casillas que son llenadas con los datos obtenidos durante la practica de laboratorio con las respectivas programaciones y obtención de los resultados.

 <p>Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER</p> <p>LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>EQUIVALENTE DE ARENA</p>

OBRA:	
LOCALIZACION:	
SOLICITANTE:	
DESCRIPCION:	

PRUEBA	1	2	Promedio
PROBETA No.			
A. (pulg.)			
B. (pulg.)			
C = (A/B) *100 (%)			
Norma INV -13	25 % mínimo		

<p>A: LECTURA DE ARENA B: LECTURA DE ARCILLA + ARENA C: EQUIVALENTE DE ARENA</p>

OBSERVACIONES:	
-----------------------	--

Figura 15. Formato de laboratorios de suelos civiles

4.4 Análisis de la Información

El manual de laboratorio para la ejecución de los ensayos de caracterización de materiales pétreos de la universidad francisco de paula Santander aportará en su aplicación a todo aquel que lo necesite, no solo se verán beneficiados los agentes externos, proyectos de extensión, empresas y estudiantes sino también el equipo de laboratorio y docentes de materias como geotecnia I, geotecnia II, geotecnia III y el programa de obras civiles.

Es una guía práctica que cuenta con teoría, procesos, implementos y formatos en Excel que facilita la interpretación y elaboración de los diferentes ensayos.

5. Conclusiones

Se elaboró el manual de laboratorio para la ejecución de los ensayos de caracterización de los materiales pétreos utilizados en las capas de la estructura de un pavimento cumpliendo con las especificaciones del INVIAS para el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Pula Santander.

El manual contiene la descripción de los ensayos, materiales a los cuales se les realiza el ensayo, cálculos y descripción de los equipos a utilizar en cada uno de los ensayos.

Se realizó con ayuda del director del laboratorio la toma del registro fotográfico de los equipos que posee el laboratorio de suelos civiles llevando estas imágenes a un estado de conocimiento y cumplimiento de que la universidad esta apta para la realización de los ensayos mencionados.

Con la realización de los formatos de cálculo se complementa la información técnica y práctica de este manual, estos libros de Excel quedaran de manera pública para la universidad francisco de paula Santander.

6. Recomendaciones

Implementar de la mejor manera posible en el laboratorio de suelos civiles el manual y los formatos de cálculo, para registrar el control de calidad de los materiales pétreos utilizados en la estructura de un pavimento.

Recomendar de manera futura la implementación de unas normas locales de acuerdo a los materiales que tenemos en la ciudad de Cúcuta y avances u cálculos de los libros de Excel y la información teórica de los mismos.

Crear un manual que vaya enfocado en los demás ensayos ofertados por el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander, no incluidos es el actual manual.

3. Referencias Bibliográficas

- Bello, A. & Rodríguez, R. (2013). *Manual de prácticas de laboratorio mecánica de suelos*. Managua, Nicaragua: Universidad Centroamericana.
- Botía, W. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Braja, D. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Thomson.
- Calderón, A. (2011). Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico. *Métodos y Materiales*, 4(2), 41,42.
- Consejo Superior Universitario. (2004). *Nueva Misión y Visión de la UFPS. Acuerdo 097 de diciembre 1*. Cúcuta: UFPS.
- Consejo Superior Universitario. (2007). *Acuerdo N. 081 Proyecto Educativo Institucional UFPS*. Cúcuta: UFPS.
- Correal, J., Quiñones, R. & Valderrama, A. (2019). *Manual de procesos para el laboratorio de suelos de la universidad cooperativa de Colombia sede Villavicencio*. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Villavicencio.
- Ecker, Y. (2014). *Generalidades y definiciones sobre los pavimentos*. Recuperado de: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/capitulo2.pdf>
- García, S. & Ramírez, M. (2006). *Propuesta de un manual de laboratorio de mecánica de suelos conforme a la norma ASTM*. Tesis de grado. Universidad del Salvador. San Salvador.

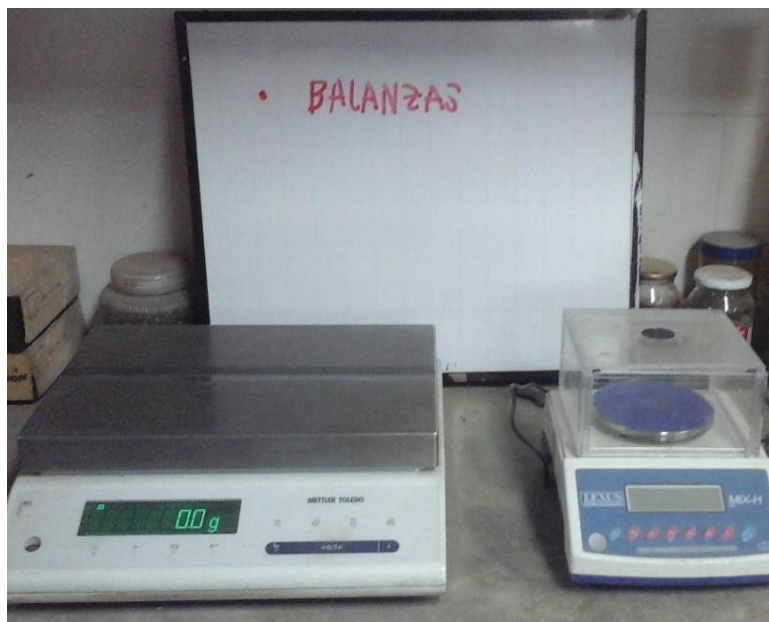
- Gómez, J., & Gómez, N. (1991). *Diseño de un modelo instrucción al para la utilización del laboratorio de pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander*. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.
- Instituto Nacional de Vías. (2006). *INVE 123-07*. Bogota: INVIAS.
- Instituto Nacional de Vías. (2013). *Manual de normas de ensayo de materiales para carreteras sección 200 agragados petreos*. Bogota: INVIAS.
- Molina, G. (2017). *Guías para los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad Libre Seccional Pereira*. Pereira: Universidad Libre de Colombia.
- Montejo, F. A. (2002). *Ingeniería de pavimentos*. Bogota: Agora Editores.
- Republica de de Perú. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Viceministerio de Transportes de Perú.
- Robles, R. (2018). *Diseño de un pavimento rígido para el segmento vial de la carrera 2 este entre la calle 41 b sur y calle 42 a sur del barrio la victoria la localidad de San Cristóbal de la ciudad de Bogotá*. Tesis de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- Suarez, J. (2013). *Guía de laboratorio del área de suelos*. Bogota: Universidad Católica de Colombia.

ANEXOS

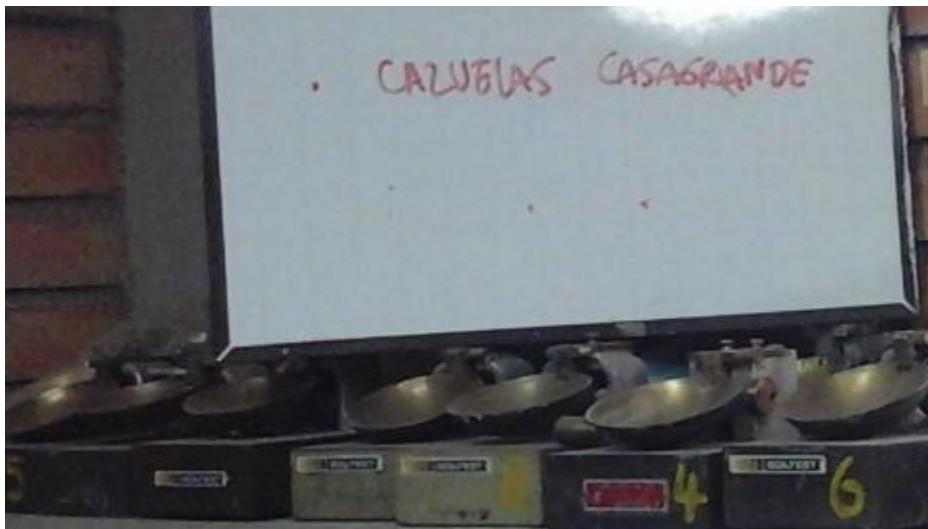
Anexo 1. Registro fotográfico









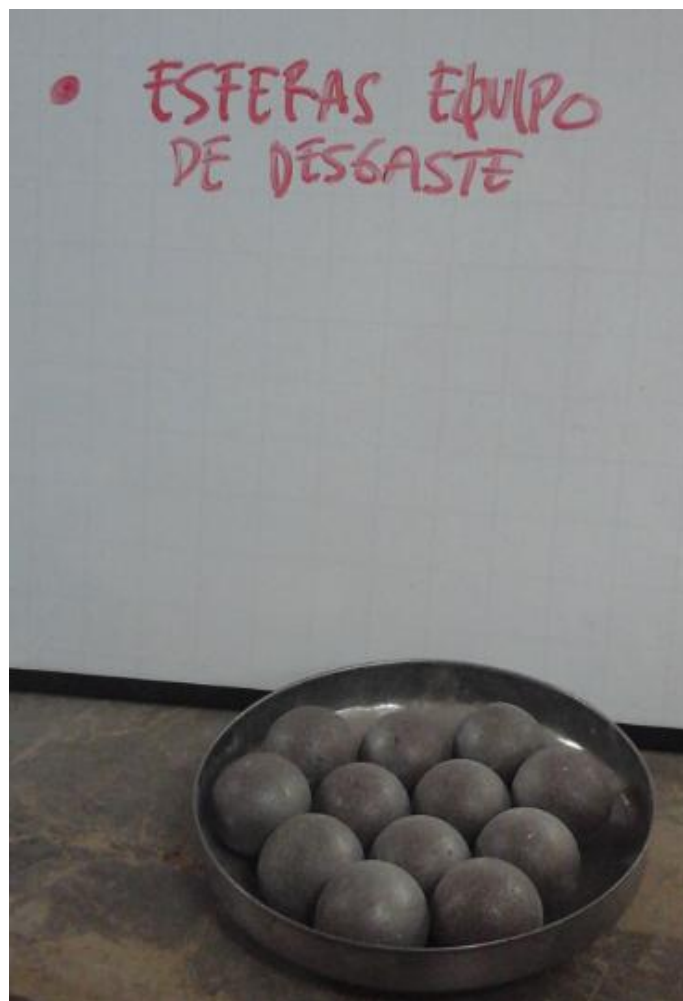










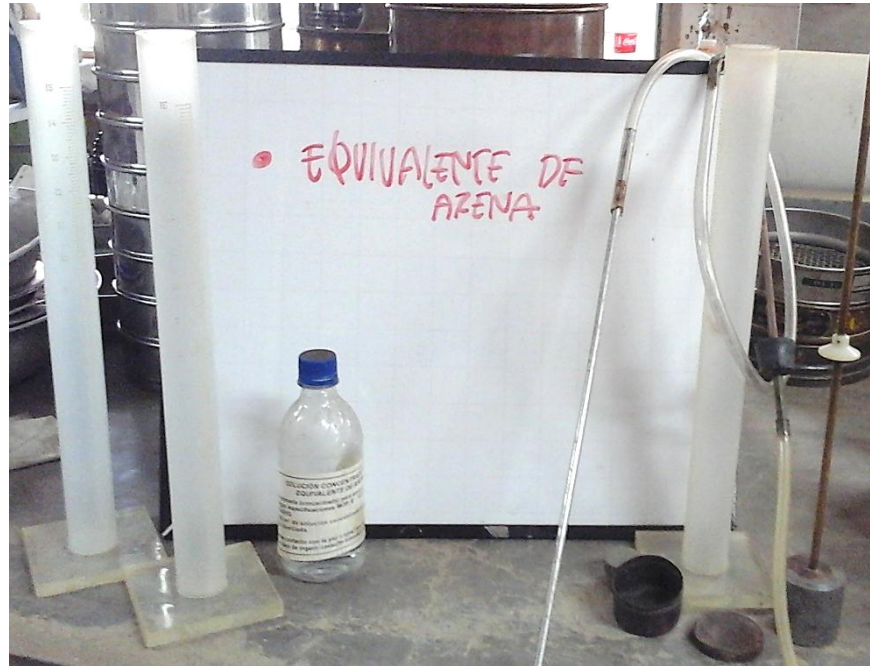


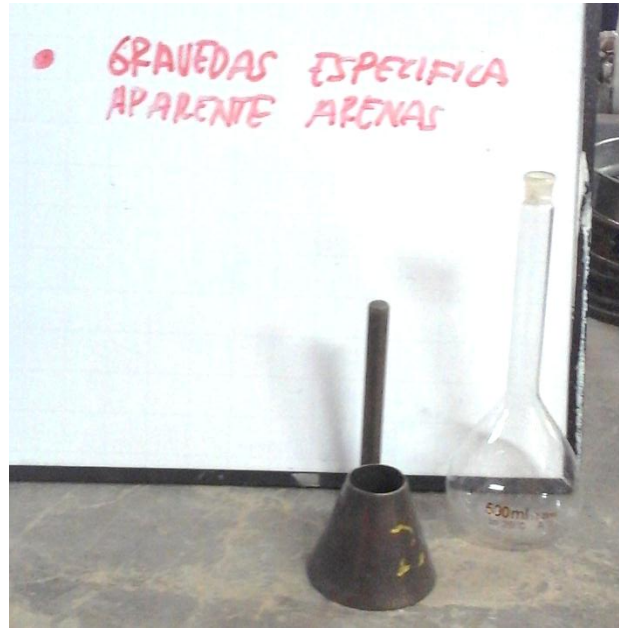














- COLOR MAS OSCURO PERMISIBLE
- ENSAYO MATERIA ORGANICA POR COLORIMETRIA

