



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

JAIR ALEXANDER BURGOS ESTACIO

MELANY NICOLE PEZO ALMENDARIS

**TUTOR:**

ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE MS.c

LA LIBERTAD, ECUADOR

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

JAIR ALEXANDER BURGOS ESTACIO

MELANY NICOLE PEZO ALMENDARIS

**TUTOR:**

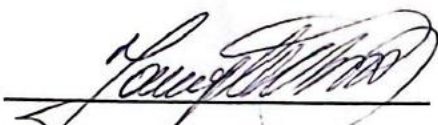
ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE MS.c

LA LIBERTAD, ECUADOR

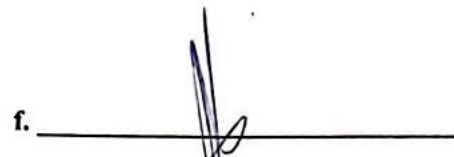
2023

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

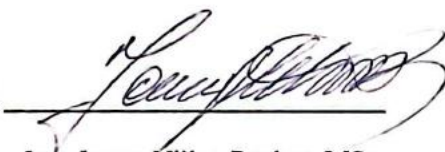
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.   
Ing. Jonny Villao Borbor, MSc

**DIRECTOR DE CARRERA**

f.   
Ing. Daniel Campoverde Campoverde, MSc.

**DOCENTE TUTOR**

f.   
Ing. Jonny Villao Borbor, MSc.

**DOCENTE ESPECIALISTA**

f.   
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

**DOCENTE UIC**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Jair Alexander Burgos Estacio y Melany Nicole Pezo Almendaris, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado "EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO", no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f. 

Jair Alexander Burgos Estacio

C.I. 2400213670

AUTOR DE TESIS

f. 

Melany Nicole Pezo Almendaris

C.I. 2450007246

AUTOR DE TESIS

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Daniel Rosendo Campoverde Campoverde MSc.  
TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo "EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO" previo a la obtención del Título de INGENIERO CIVIL elaborado por el Sr. JAIR ALEXANDER BURGOS ESTACIO y la Srta. MELANY NICOLE PEZO ALMENDARIS egresado de la CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

f. \_\_\_\_\_

Ing. Daniel Campoverde C. MSc.

C.I.: 0913176541

DOCENTE TUTOR

# CERTIFICACIÓN DEL GRAMATOLOGÍA

*Certificación de Gramatólogo*

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

*Magíster En Diseño Y Evaluación*

*De Modelos Educativos*

La Libertad, noviembre 28 del 2023.

## Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de INGENIERO/A CIVIL de: BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER & PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE, cuyo tema es: "EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO", me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Lic. Alexi Herrera R, MSc.  
Docente de Español A: Literatura  
Cel: 0962989420  
e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

## CERTIFICADO DE ANTI-PLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO” elaborado por los estudiantes, Jair Alexander Burgos Estacio, con C.I.:2400213670 y Melany Nicole Pezo Almendaris, con C.I.: 2450007246, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 3% de la valoración permitida.



f. \_\_\_\_\_

Ing. Daniel Campoverde C. MSc.

C.I.: 0913176541

DOCENTE TUTOR

## TESIS final (2)

**3%**  
Textos sospechosos

**2%** Similitudes  
< 1% similitudes entre comillas  
**< 1%** Idioma no reconocido  
**0%** Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS final (2).doc  
ID del documento: 853f040ade72f229845b25ecfe6c10947dd95b9c  
Tamaño del documento original: 7,7 MB

Depositante: DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE  
Fecha de depósito: 1/12/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 1/12/2023

Número de palabras: 15.320  
Número de caracteres: 99.399

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10035/1/UPSE-TIC-2023-0025.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10035/1/UPSE-TIC-2023-0025.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10035/1/UPSE-TIC-2023-0025.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (99 palabras)
2	<a href="https://vsip.info/emulsiones-asfalticas-3-pdf-free.html">vsip.info   EMULSIONES ASFALTICAS - VSIP.INFO</a> <a href="https://vsip.info/emulsiones-asfalticas-3-pdf-free.html">https://vsip.info/emulsiones-asfalticas-3-pdf-free.html</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (41 palabras)
3	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12894/5377">hdl.handle.net   Propiedades negativas de la base granular y temperatura de apli...</a> <a href="http://hdl.handle.net/20.500.12894/5377">http://hdl.handle.net/20.500.12894/5377</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
4	Documento de otro usuario #441eb3 El documento proviene de otro grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
5	<a href="https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/prc3a1ctica-nc2b0-7-cbr.pdf">pavimentosulacivil.files.wordpress.com</a> <a href="https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/prc3a1ctica-nc2b0-7-cbr.pdf">https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/prc3a1ctica-nc2b0-7-cbr.pdf</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8442/1/UPSE-TIC-2022-0024.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8442/1/UPSE-TIC-2022-0024.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8442/1/UPSE-TIC-2022-0024.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
2	<a href="https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3286486">renati.sunedu.gob.pe   Registro Nacional de Trabajos de Investigación: Evaluación...</a> <a href="https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3286486">https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3286486</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
3	<a href="https://1.library.co/document/qo5e6gn0-enrique-chirinos-nañez-ernesto-rodriguez-lafitte-socrates...">1library.co   Enrique Chirinos Nañez 1. Ernesto Rodríguez Lafitte 2. Socrates Muño...</a> <a href="https://1.library.co/document/qo5e6gn0-enrique-chirinos-nañez-ernesto-rodriguez-lafitte-socrates...">https://1.library.co/document/qo5e6gn0-enrique-chirinos-nañez-ernesto-rodriguez-lafitte-socrates...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
4	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4768/1/UPSE-TIC-2019-0003.pdf">repositorio.upse.edu.ec   Estudio de suelo y estabilización del material granular e...</a> <a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4768/1/UPSE-TIC-2019-0003.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4768/1/UPSE-TIC-2019-0003.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
5	<a href="https://idoc.pub/documents/asfaltos-liquidos-y-emulsiones-asfalticas-od4p7jypvr4p">idoc.pub   Asfaltos Líquidos Y Emulsiones Asfalticas [od4p7jypvr4p]</a> <a href="https://idoc.pub/documents/asfaltos-liquidos-y-emulsiones-asfalticas-od4p7jypvr4p">https://idoc.pub/documents/asfaltos-liquidos-y-emulsiones-asfalticas-od4p7jypvr4p</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)



## **DEDICATORIA**

*Dedico el proyecto de titulación a Dios, por darnos la sabiduría, fuerza y constancia para cumplir con todos los retos que este tipo de trabajos demanda y así alcanzar las metas que nos hemos propuesto.*

***Jair Burgos Estacio.***

*Deseo dedicar mi trabajo de titulación a Benyi † mi fiel compañero, un ser lleno de nobleza e inocencia, quien permaneció a mi lado en los momentos cruciales de mi vida, acompañándome durante las largas noches de desvelos y regalándome alegría durante los años que compartimos juntos, siempre te recordaré con cariño.*

**Melany Pezo Almendaris.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi Abuela, María Genoveva Vélez Estacio, que a pesar de ya no tenerla aquí disfrutando de este logro conmigo, me enseñó tanto; como enfrentar la vida a pesar de estar todo por derrumbarse; que una sonrisa y la amabilidad siempre debe de ser incondicional, así como ella en vida lo demostró. Todos estos valores y muchos más fueron esenciales para la formación del hombre que hoy en día soy.

A mis padres, Alex Burgos Macias y Verónica Estacio Vélez, por haberme apoyado en todo el proceso de mis estudios, que, a pesar de las circunstancias, nunca desfallecieron, enseñando que lo mejor que un padre puede darle a un hijo, no son las propiedades, ni la riqueza o los bienes materiales, lo que realmente importa es la educación y la forma en que ellos nos preparan para enfrentar los problemas del futuro. A mi hermano menor, Alex Burgos Estacio, quien siempre me dio una voz de ayuda y aliento, a pesar de las situaciones, me enseñó con su corta edad, la importancia de siempre superarme, y que una mala situación puedo transformarla en algo de provecho para así mejorar aún más.

A mi tía Marilú Estacio Vélez, considerada como mi segunda mama, quien me apoyado y ha estado conmigo desde que tengo uso de razón, quien con todo su amor y apoyo me ayudado innumerables veces, una mujer con carácter fuerte, pero muy alegre, que siempre me ha querido de forma incondicional.

A mi Pareja, Katherine Pita González, quien, con su amor, su apoyo me ha acompañado en esta travesía, siempre animándome a que no me rinda. A mis amigos quienes, con momentos divertidos y situaciones delirantes, he compartido momentos tan amenos que han quedado grabados en mi mente para la posteridad.

A mi compañera de tesis, que, por su paciencia, el esfuerzo el tiempo y la dedicación que hemos puesto en la elaboración de la presente Tesis.

***JAIR ALEXANDER BURGOS ESTACIO.***

Quiero comenzar expresando mi agradecimiento a Dios por tu amor incondicional, quien ha sido mi guía en cada paso, fuente de fortaleza, sabiduría y a la vez mi soporte en los momentos difíciles.

Agradezco a mi familia, especialmente a mis padres Daniel Pezo Laínez y Betsy Almendaris Escalante por darme la vida, guiarme por buen camino, sobre todo tener paciencia, agradezco a mis hermanos Cristhian Pezo y Julexy Pezo, por su paciencia y comprensión. A mi Abuela María Escalante Pérez, que estuvo en el inicio de la carrera universitaria apoyándome en todo momento.

Agradezco a mis mejores amigas Yuliana Torres, Joyce Vélez y mi mejor amigo David Borbor, ustedes han estado a mi lado en los buenos y malos momentos, brindándome su apoyo y su amistad, es un placer coincidir con ustedes en esta vida.

Agradezco a Franklin Naranjo, por el respaldo constante que me has ofrecido, tus palabras y actos me impulsan a mejorar día tras día. Has sido mi apoyo incluso en los momentos más desafiantes y permanecer en esta travesía de la vida.

Agradezco a los docentes, Ing. Daniel Campoverde, Ing. Juan Pablo Ramírez, e Ing. Andrés Villao, quienes me brindaron apoyo y fomentaron mi desarrollo profesional durante mi carrera universitaria.

Agradezco a Paola Ramírez, una amiga incondicional que estuvo presente en cada etapa de mi carrera, sus palabras de aliento me impulsaron a seguir adelante, a Bianca Tigrero, hemos forjado una amistad sólida, ofreciéndonos apoyo mutuo. También agradezco a las amistades que conocí durante mi formación profesional, por los momentos de felicidad y aquellos más difíciles.

***MELANY NICOLE PEZO ALMENDARIS.***

# TABLA DE CONTENIDO

Pág.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL GRAMATOLOGÍA.....	iv
CERTIFICADO DE ANTI-PLAGIO .....	v
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTOS .....	ix
TABLA DE CONTENIDO .....	xi
LISTA DE TABLAS .....	xv
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT .....	xx
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.2. ANTECEDENTES .....	4
1.3. HIPÓTESIS .....	8
1.3.1. <i>Hipótesis General.</i> .....	8
1.3.2. <i>Hipótesis específicas.</i> .....	8
1.4. OBJETIVOS .....	8
1.4.1. <i>Objetivo General.</i> .....	8
1.4.2. <i>Objetivos Específicos.</i> .....	9
1.5. ALCANCE .....	9
1.6. VARIABLES .....	10
1.6.1. <i>Variables Independientes.</i> .....	10
1.6.2. <i>Variables Dependientes.</i> .....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	11
2.1. SUELO .....	11

2.1.1. <i>Origen</i> .....	11
2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS .....	12
2.3. PROPIEDADES DE LOS SUELOS ESTABILIZADOS ..	12
2.4. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN (MTOP) .....	13
2.4.1. <i>Subbase</i> .....	13
2.5. EVALUACIÓN DE LA CANTERA .....	14
2.6. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	14
2.6.1. <i>Granulometría</i> .....	14
2.6.2. <i>Contenido de Humedad</i> .....	15
2.6.3. <i>Límites de Atterberg</i> .....	15
2.6.4. <i>Proctor Modificado</i> .....	16
2.6.5. <i>CBR (California Breating Ratio)</i> .....	16
2.6.6. <i>Gravedad específica</i> .....	17
2.6.7. <i>Abrasión de los ángeles</i> .....	17
2.7. ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO DILUIDO .....	18
2.7. 1. <i>Asfalto Diluido</i> .....	18
2.8. ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	20
2.8.1. <i>Emulsión Asfáltica</i> .....	20
2.8.2. <i>Características De Las Emulsiones</i> .....	22
2.8.3. <i>Clasificación De Las Emulsiones Asfálticas</i> .....	23
2.9. PARÁMETROS PARA LA MEZCLAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	24
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>26</b>
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	26
3.1.1. <i>Tipo</i> .....	26
3.1.2. <i>Nivel</i> .....	26
3.2. MÉTODO ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	27
3.2.1. <i>Método</i> .....	27
3.2.2. <i>Enfoque</i> .....	27
3.2.3. <i>Diseño</i> .....	27

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	28
3.3.1. Población.....	28
3.3.2. Muestra.....	28
3.3.3. Muestreo.....	28
3.4. UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO .....	29
3.4.1. <i>Cantera Juan Montalvo</i> .....	29
3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1: DISEÑO DE LA MEZCLA ESTABILIZADA, USANDO EL MATERIAL GRANULAR DE AGREGADO DE JUAN MONTALVO CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	29
3.5.1. <i>Ensayos De Laboratorio Del Material Granular De La Cantera Juan Montalvo</i> .....	30
3.6. METODOLOGÍA O.E.2: ELABORACIÓN DE LAS MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	46
3.7. ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS.....	46
3.7.1. <i>Ensayo De Compactación Del Martillo Marshall</i> .....	47
3.8. ENSAYOS DEL LABORATORIO DE ASFALTO CON LAS BRIQUETAS .....	49
3.8.1. <i>Peso Específico Bulk</i> .....	49
3.8.2. <i>Cálculo de Volumen y Espesor de Briquetas</i> .....	51
3.8.3. <i>Ensayo de Análisis de Vacíos</i> .....	51
3.8.4. <i>Ensayo de Estabilidad y flujo</i> .....	53
3.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	55
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
4.1. RESULTADOS DE O.E.1: DISEÑO DE LA MEZCLA ESTABILIZADA, USANDO EL MATERIAL GRANULAR DE AGREGADO DE JUAN MONTALVO CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	56
4.1.1. <i>Resultados para Mezclas Estabilizadas con Asfalto Diluido</i> .....	56
.....	56

4.1.2. <i>Resultados para Mezclas Estabilizadas con Emulsión Asfáltica</i> .....	60
4.2. RESULTADOS DE O.E.2: COMPARAR LAS MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA .....	63
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	68
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
5.1. CONCLUSIONES .....	70
5.2. RECOMENDACIONES .....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
ANEXOS .....	77



# LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Propiedades de los suelos estabilizados .....	12
<b>Tabla 2</b> Especificaciones para el uso de subbase a estabilizar .....	13
<b>Tabla 3</b> Requisitos del Asfalto Diluido de Curado Rápido (RC) .....	19
<b>Tabla 4</b> Características de las emulsiones .....	22
<b>Tabla 5</b> Temperatura de almacenamiento de Emulsión asfáltica (°C).....	24
<b>Tabla 6</b> Requisitos de la Emulsión Asfáltica Catiónica.....	24
<b>Tabla 7</b> Requisitos de Mezclas Bituminoso .....	25
<b>Tabla 8</b> Estabilización con base.....	25
<b>Tabla 9</b> Granulometría.....	31
<b>Tabla 10</b> Contenido de Humedad .....	32
<b>Tabla 11</b> Resultados de Límites de Atterberg.....	35
<b>Tabla 12</b> Gravedad específica del Material Granular .....	37
<b>Tabla 13</b> Proctor Modificado.....	39
<b>Tabla 14</b> CBR de Diseño .....	43
<b>Tabla 15</b> Graduación de la Muestra de Ensayo .....	44
<b>Tabla 16</b> Abrasión de los Ángeles .....	46
<b>Tabla 17</b> Cuadro de Operacionalización de Variables.....	55
<b>Tabla 18</b> Porcentaje de Agregados para la Mezcla Estabilizada .....	56
<b>Tabla 19</b> Resultados de Propiedades Volumétricas de Mezcla Estabilizada con Asfalto Diluido a 60°C.....	57
<b>Tabla 20</b> Porcentaje de agregados para la mezcla estabilizada .....	60

<b>Tabla 21</b> Resultados de Propiedades Volumétricas de Mezcla Estabilizada con Emulsión Asfáltica a 26°C. ....	60
<b>Tabla 22</b> Mezcla Estabilizada con Asfalto Diluido .....	64
<b>Tabla 23</b> Mezcla Estabilizada con Emulsión Asfáltica. ....	65
<b>Tabla 24</b> Incidencia de Temperatura de Mezclas Estabilizadas .....	65

# LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Diagrama esquemático de una emulsión .....	20
<b>Figura 2</b> Representación esquemática de una emulsión aniónica y de una catiónica. .....	21
<b>Figura 3</b> Ubicación de la Cantera Juan Montalvo.....	29
<b>Figura 4</b> Granulometría.....	31
<b>Figura 5</b> Límite Líquido.....	34
<b>Figura 6</b> Límite Plástico.....	35
<b>Figura 7</b> Gravedad Específica.....	37
<b>Figura 8</b> Proctor Modificado.....	38
<b>Figura 9</b> CBR(Compactación) .....	41
<b>Figura 10</b> CBR(Medición) .....	41
<b>Figura 11</b> CBR (Cilindros con las muestras saturados) .....	42
<b>Figura 12</b> CBR(Penetración).....	43
<b>Figura 13</b> Abrasión de los Ángeles .....	45
<b>Figura 14</b> Preparación de las muestras en caliente .....	47
<b>Figura 15</b> Compactación de las muestras.....	48
<b>Figura 16</b> Realización de Gravedad Bulk .....	49
<b>Figura 17</b> Peso de briqueta en canastilla.....	50
<b>Figura 18</b> Medición de Briquetas.....	51
<b>Figura 19</b> Agregando agua al Picnómetro.....	52
<b>Figura 20</b> Equipos de Ensayo Marshall .....	54

<b>Figura 21</b> Gráfica de Vacíos vs% de Asfalto Diluido .....	57
<b>Figura 22</b> Gráfica de Asfalto Diluido vs Estabilidad .....	58
<b>Figura 23</b> Gráfica de flujo vs A. Diluido % .....	59
<b>Figura 24</b> Gráfica de Vacíos vs% de Emulsión Asfáltica.....	61
<b>Figura 25</b> Gráfica de Emulsión Asfáltica vs Estabilidad .....	62
<b>Figura 26</b> Gráfica de flujo vs Emulsión asfáltica % .....	62
<b>Figura 27</b> Gráfica de Resultados Vacíos vs Temperatura.....	66
<b>Figura 28</b> Grafica de resultados Estabilidad Marshall vs Temperatura .....	66
<b>Figura 29</b> Grafica de Flujo vs Temperatura .....	67

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO”

Autor: Jair Alexander Burgos Estacio

Melany Nicole Pezo Almendaris

Tutor: Ing. Daniel Campoverde C. MSc.

## RESUMEN

La presente investigación se centró en evaluar la incidencia de la temperatura en la compactación de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica con material granular de Juan Montalvo, se llevó a cabo una comparación de la estabilidad y el flujo de estas mezclas mediante ensayos clásicos de laboratorio, con el fin de entender las propiedades físico-mecánicas de los materiales granulares típicos para subbases, y verificar si cumplían con los requisitos necesarios, el material fue obtenido en la cantera de Juan Montalvo en la provincia de Santa Elena.

Se procedió a evaluar la estabilidad del material utilizando asfalto diluido y emulsión asfáltica, logrando porcentajes óptimos del 5,4% y 6% respectivamente. Estos datos se obtuvieron a través del ensayo Marshall, sometiendo la mezcla estabilizada a diferentes porcentajes. Posteriormente, se trabajó con las briquetas obtenidas utilizando los valores óptimos de asfalto diluido y emulsión asfáltica.

Se sometió la mezcla estabilizada a distintas temperaturas en condiciones iguales para observar el comportamiento de estas mezclas y entender los beneficios que podrían obtenerse, así como su desempeño en diferentes entornos. Los resultados mostraron mejoras significativas con temperaturas más elevadas, lo que sugiere que la incidencia de la temperatura tiene efectos positivos en estas mezclas.

***Palabras clave:*** Subbase estabilizada, Emulsión asfáltica, Asfalto diluido.

“EVALUATION OF THE INCIDENCE OF TEMPERATURE IN THE  
COMPACTION OF STABILIZED MIXTURES WITH DILUTED ASPHALT  
AND ASPHALT EMULSION WITH GRANULAR MATERIAL FROM JUAN  
MONTALVO”

Authors: Jair Alexander Burgos Estacio

Melany Nicole Pezo Almendaris

Tutor: Ing. Daniel Campoverde C. MSc.

## **ABSTRACT**

The present research focused on evaluating the incidence of temperature on the compaction of stabilized mixtures with diluted asphalt and asphalt emulsion with granular material from Juan Montalvo. A comparison of the stability and flow of these mixtures was conducted through classic laboratory tests to understand the physical and mechanical properties of typical granular materials used for subbases and to verify if they met the necessary requirements. The material was obtained from the Juan Montalvo quarry in the province of Santa Elena.

The stability of the material was evaluated using diluted asphalt and asphalt emulsion, achieving optimal percentages of 5,4% and 6% respectively. These data were obtained through the Marshall test, subjecting the stabilized mixture to different percentages. Subsequently, the obtained briquettes were worked on using the optimal values of diluted asphalt and asphalt emulsion.

The stabilized mixture was subjected to different temperatures under equal conditions to observe the behavior of these mixtures, understand the potential benefits, and assess their performance in different environments. The results showed significant improvements with higher temperatures, suggesting that temperature has a positive impact on these mixtures.

**Keywords:** Stabilized subbase, Asphalt emulsion, Diluted asphalt.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En la infraestructura de la construcción de carreteras, la evaluación mecánica de la mezcla es crucial, ya que contribuye al progreso del país al analizar los cambios físicos y mecánicos. (Quintero Serrato G. y Bohórquez Soler, 2021). Asimismo, las distintas capas del pavimento determinan las diversas maneras y criterios empleados en la construcción de carreteras. Por ejemplo, en este estudio se utiliza la emulsión asfáltica como imprimación para sellar la capa de asfalto, siguiendo los estándares de calidad establecidos por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (Mayta Mendoza, 2018)

En el presente, existe una creciente necesidad de cumplir con estándares más rigurosos en la elaboración de subbases para pavimentación, lo cual requiere la utilización de materiales de calidad sobresaliente. En situaciones en las que la disponibilidad de dichos materiales es escasa, se opta por alternativas convencionales que posteriormente son tratadas con aditivos o adhesivos con el fin de potenciar su resistencia y longevidad. (Chávez Avilés, 2018)

Centrando la investigación en el límite de la subbase del proyecto, se definen a través de métodos específicos, tales como la utilización de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y mezclas estabilizadas con emulsión asfáltica. Ambas variantes emplean material granular para la subbase proveniente de la cantera Juan Montalvo, situada en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena. En consecuencia, se lleva a cabo una evaluación del comportamiento esperado al someterse a cambios térmicos durante el proceso de compactación.

Esta tesis, como parte integral del proyecto de investigación, impulsa el estudio científico sobre el empleo y desempeño de la mezcla estabilizada con asfalto diluido y emulsión asfáltica como material para la subbase. El primer paso fue identificar

el sitio donde se llevará a cabo la extracción del material granular destinado a la subbase, en este caso en la comuna Juan Montalvo, de la Cantera Juan Montalvo, ubicada al norte de la Provincia de Santa Elena, es el lugar específico donde se extrae este material. Su uso previo en la construcción de diversas carreteras ha sido sometido a un análisis exhaustivo, confirmando que cumple con todas las especificaciones necesarias para la investigación en el proyecto de tesis que se llevará a cabo.

En la clasificación de los materiales, estamos buscando la proporción ideal de asfalto diluido y emulsión asfáltica que emplearemos en nuestra mezcla estabilizada. Esta evaluación implica la creación de briquetas, las cuales son sometidas a distintas temperaturas para ser comprimidas instantáneamente. Posteriormente, verificamos los datos obtenidos luego de este proceso. (Maldonado Hidrobo, 2022)

En el análisis de suelos, se llevarán a cabo pruebas de laboratorio centradas en el proceso de compactación y la exposición a diferentes temperaturas una vez que el material esté estabilizado. Estos análisis se basarán en las normativas AASHTO-93, ASTM y NEVI-12 – MTOP. Estos estudios de suelo en laboratorio son fundamentales para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, especialmente de los componentes naturales que constituyen la subbase. Es crucial comprender los parámetros establecidos en el MTOP para este fin. (MSc. M. Isabel Zambrano Mesa; Dr. Eduardo Tejeda Piusseaut, 2022)

Las emulsiones asfálticas son reconocidas como un tipo de material asfáltico líquido estable que se compone de dos fases no mezclables: una emulsión de fase continua compuesta por agua y un agente emulsionante, y una fase discreta que contiene pequeños gránulos de cemento asfáltico. Este tipo de emulsiones se caracteriza por mantener su estabilidad y están conformadas por componentes que se separan en estas dos fases sin mezclarse entre sí. (Chi Cob, 2015)



Con los datos recolectados en esta etapa, se realizará una comparación exhaustiva de ambas técnicas, analizando el efecto que la temperatura tiene en la compactación de las mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica, utilizando material granular. Este análisis comparativo se llevará a cabo en el ámbito técnico, con el objetivo de evaluar la viabilidad y conveniencia de emplear estos métodos en el proceso. (Rondón-Quintana et al., 2015)

## **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Usualmente, en la región de la Provincia de Santa Elena, la elección recae en materiales granulares convencionales extraídos de diversas canteras, y una de las seleccionadas específicamente para este estudio es la ubicada en Juan Montalvo. Esta cantera ha sido identificada como una de las fuentes de interés para la investigación debido a sus características particulares.

Un obstáculo significativo se encuentra en la idoneidad del material granular usualmente asignado para desempeñar el rol de base o subbase. Este desafío surge debido a factores como la ubicación geográfica, la presencia de salinidad o la porosidad del material. Estos atributos técnicos problemáticos restringen su aplicabilidad en la construcción de bases o subbases, a pesar de que el material cumple con los estándares requeridos para la capacidad de soporte, la resistencia a la abrasión y las regulaciones de granulometría destinadas a una subbase de clase III, tal como se establece en las normativas del MTOP.

La disponibilidad de materiales granulares de alta calidad en la Provincia de Santa Elena es extremadamente limitada, lo que lleva a la elección de materiales granulares comunes o incluso de menor calidad, que sean accesibles desde un punto de vista técnico y económico, y que puedan cumplir con la mayoría de las normativas establecidas. Esto resalta la importancia de los requisitos exigidos y los objetivos que se buscan alcanzar en el trabajo.

Otro desafío radica en el uso de ligantes, como las mezclas basadas en emulsión asfáltica de rotura lenta, los cuales no son muy conocidos o aplicados en la

Provincia de Santa Elena. Esto se debe a la dificultad para obtener este tipo específico de ligante, que resulta bastante costoso, lo que conduce a la preferencia por métodos más convencionales, como las mezclas estabilizadas con asfalto diluido, debido a su mayor accesibilidad y disponibilidad en la región.

Con base en las dificultades previamente identificadas y el conjunto de información recabada, el objetivo central de este estudio es proponer y presentar una serie de alternativas innovadoras que contribuyan significativamente a la mejora de los procedimientos empleados en la formulación de mezclas asfálticas estabilizadas. Se pone especial énfasis en la consideración del cambio de temperatura como el factor primordial a tener en cuenta. Este proyecto de investigación estará focalizado en dos categorías de mezclas: aquellas estabilizadas mediante asfalto diluido y aquellas estabilizadas mediante emulsión asfáltica.

El propósito es utilizar un material poco convencional que posea propiedades distintas a las que normalmente se emplean en este ámbito, con la intención de explorar y abrir nuevas perspectivas en este campo específico. (González Jaime René Guillén, 2013)

La formulación general del problema de investigación se enmarca en la siguiente pregunta general:

**P.G.1.** ¿Cómo influye las mezclas estabilizadas con asfalto diluido y mezcla estabilizada con emulsión asfáltica al comportamiento del agregado granular de la cantera Juan Montalvo?, surgen dos cuestiones específicas con las siguientes preguntas:

**P.E.2.** ¿Qué comportamiento tendrá las mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica con diferentes temperaturas?

**P.E.3.** ¿Cuál método sería factible para el diseño de las mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica?

## **1.2. ANTECEDENTES**

Redactado por Orozco Alvarado & Díaz Pérez (2018). El contexto previo conlleva a una exhaustiva revisión de investigaciones previamente realizadas sobre el tema

en cuestión. Este análisis se centra en las variables que se estudiarán, abarcando así un espectro amplio de información pertinente. La investigación se apoya en el análisis de trabajos actuales realizados a nivel internacional, nacional y local, con el propósito de obtener una comprensión holística y actualizada de la materia. (pp. 69-70)

En el ámbito internacional Rodríguez Talavera; Castaño Meneses; Martínez Madrid (2001), según su Investigación Titulada: “Concepto de Emulsión Asfáltica”, el cual estableció como objetivo General: “El estudio de las características importantes para la producción de las emulsiones asfálticas en agua que presenten una fácil aplicación y una mejor adhesión con el material pétreo que sirve de substrato”, pudo concluir que las diversas opciones que dirigen las producciones de emulsión asfáltica. Estos factores deben recibir una mayor atención, ya que las emulsiones deben mantener su estabilidad y tener un tamaño de partícula adecuado para su aplicación. La selección del agente emulsificante es crucial, siendo común el uso de emulsiones catiónicas en sistemas asfálticos, lo que asegura una buena unión química entre el asfalto y el sustrato pétreo. Esto es importante para el buen desempeño del asfalto. (p. 2)

En el ámbito internacional, Loyza Esmil Surita Gil y Rosa Isela Fernández Huamán, (2022), según su Investigación Titulada: “Comparación estructural entre una capa base de material granular estabilizada con cemento Portland tipo I y otra con emulsión asfáltica catiónica, en pavimentación de calles dentro de un área residencial. Micahela Bastidas-Piura”, el cual estableció como Objetivo General: “Contrastar el aporte estructural entre la capa base de material granular estabilizada con cemento Portland tipo I y la emulsión asfáltica catiónica CSS-1H para pavimentos asfálticos.”, pudo concluir que los resultados que obtuvo de acuerdo con la dosificación estimada de 3%, 5% y 7%, de adición del cemento portland tipo I y la emulsión asfáltica catiónica CSS-1H, llegaron a mejorar la base granular. Como Conclusión: Según las valoraciones del aporte estructural, el cemento Portland demuestra ser un estabilizador con un comportamiento superior. Aun cuando se emplea en dosis mínimas, puede reducir considerablemente los espesores requeridos de cada capa, generando una disminución significativa en los materiales necesarios y en los costos de construcción. (pp. 5-6)

En el ámbito internacional, Mayta Mendoza (2018), propuso su tesis de Titulación: “Impacto de la proporción de partículas pequeñas en la grava y la temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la penetración profunda de la imprimación en bases granulares de pavimentos flexibles en Huancayo en 2017.”, el cual estableció como Objetivo General: Determinar el impacto que tiene el porcentaje de partículas pequeñas presentes en la grava y la temperatura empleada al aplicar la emulsión asfáltica en la penetración profunda de la imprimación en las bases granulares de los pavimentos flexibles en Huancayo durante el año 2017., utilizando la metodología científica, de tipo descriptivo, el cual busca presentar las características de los agregados, y así obteniendo los Resultados; El aumento de la temperatura al emplear la emulsión asfáltica tiene un impacto favorable en la profundidad de penetración de la imprimación asfáltica. En conclusión, se observa una relación inversa proporcional, ya que la presencia de una cantidad significativa de áridos finos afecta negativamente la penetración. Esto resalta la importancia de evitar la presencia de finos durante el proceso de imprimación, ya que resulta perjudicial. (p.56)

En el ámbito internacional, Aliaga Rezza Fredy Richard y Soriano Ochoa Carlos Enrique (2019), propuso la tesis de Titulación: “Comparación analítica entre la estabilización empleando con cemento Portland y emulsión asfáltica en bases granulares.”, el cual establecido como Objetivo general: “Llevar a cabo una evaluación comparativa de las estabilizaciones efectuadas utilizando cemento Portland y, asimismo, emulsión asfáltica, con el propósito de determinar su aplicabilidad en bases granulares. Estos análisis se llevarán a cabo en un entorno de laboratorio.”, empleando un Metodología: El enfoque científico es el método de investigación idóneo para llevar a cabo pruebas educativas, con el fin de alcanzar resultados que puedan ser comparados analíticamente mediante los valores obtenidos en dichos experimentos. En este caso, se comparan la estabilización realizada con cemento Portland y otra con emulsión asfáltica en una base granular. De esta manera, se concluye que la estabilización satisface adecuadamente ciertos parámetros fundamentales para el diseño estructural, cumpliendo con las especificaciones deseadas. (p. 6).

En el ámbito local, Ganchozo Bravo Diana Carolina y Rodríguez de la Cruz Lisbeth Katherine, (2022), propuso su tesis de Titulación: “Análisis de comparación cómo se desempeñan las mezclas asfálticas cuando se agrega cemento como parte del relleno, empleando el método de la metodología de Marshall. " el cual establecido como Objetivo general: “Comparar el método de Marshall con el enfoque tradicional al incluir cemento como elemento de relleno en las mezclas de asfalto caliente para evaluar cómo se comporta la mezcla modificada.”, como Metodología: Fundamentalmente centrada en el desarrollo de mezclas asfálticas alteradas, se llevaron a cabo pruebas en el laboratorio para recabar datos. Los diseños elaborados con diversas cantidades de cemento mayormente cumplen con los estándares establecidos. Sin embargo, al incorporar un 2% de cemento como componente completo en el proyecto, esto resultó desfavorable. Al utilizar una composición que incluye un 5% de áridos grandes, un 38% de áridos de tamaño 3/8, un 10% de material pétreo triturado y un 47% de arena, la mayoría de los parámetros establecidos en cuanto a rendimiento no son alcanzados. Por consiguiente, se concluye que el diseño más eficaz para la mezcla de asfalto caliente modificada se compone de un 2% de cemento, junto a valores óptimos de contenido de 5.5% de cemento asfáltico, estabilidad de 2,572 kg y un flujo del 12%. (pp. 6-113-115).

En el ámbito local, Ramirez Alejandro Angel Leonel y Rojas Chele Elsy Yelena, (2023), propuso su tesis de Titulación: “Examen comparativo de la estructura entre un pavimento flexible estándar, una geomalla biaxial y material granular estabilizado con asfalto, con el propósito de mejorar el rendimiento mecánico. Esta evaluación se lleva a cabo en la parroquia Manglaralto, ubicada en el cantón y provincia de Santa Elena.” el cual establecido como Objetivo general: Elaboraron un pavimento flexible estándar conforme a los criterios de evaluación mecánica establecidos por AASHTO-93. El método comprendió pruebas de laboratorio para analizar las propiedades físico-mecánicas y para contemplar posibles mejoras en la subrasante o la base. Los resultados revelaron que al introducir un geomall biaxial, Se mejoró de manera notable la capacidad de soporte del diseño del pavimento flexible. Esto conllevó a una reducción el grosor de 10 cm a 8 cm en comparación con el diseño convencional, lo que generó una disminución en el grosor de la subbase de 30 cm a 20 cm. Esta optimización permitió una reducción en los anchos

de capacidad. En resumen, al emplear material granular del área estabilizado con asfalto diluido, se logró la mayor reducción en el espesor total del pavimento a 62,5 cm. Además, se evidenció una mejor resistencia a la tracción en la capa asfáltica, dado que la grieta de fatiga debía atravesar un espesor de material estabilizado. (pp. 6-131)

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis General.**

La evaluación al comportamiento del agregado de la cantera Juan Montalvo, influyen de manera positiva o negativa en las propiedades mecánicas y físicas a partir de los métodos de mezcla estabilizada con asfalto diluido y mezcla estabilizada a base de emulsión asfáltica, cuando estos están expuestos a variables como la temperatura.

#### **1.3.2. Hipótesis específicas.**

**H.E.1.:** El diseño de las mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica nos permitirá conocer el comportamiento con diferentes temperaturas, usando material granular de la cantera Juan Montalvo.

**H.E.2.:** La aplicación de las mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica mediante el análisis que muestra el diseño será para determinar la factibilidad de un diseño óptimo.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo General.**

Evaluar la incidencia de la temperatura en el proceso de compactación de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica, como afecta la

variación térmica en la resistencia de las mezclas, para apreciar el comportamiento de estabilización con el material granular de la cantera de Juan Montalvo.

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

**O.E.1.:** Diseñar mezclas estabilizadas, usando el material granular de agregado de Juan Montalvo con asfalto diluido y emulsión asfáltica, para la evaluación de la incidencia que estará supeditado a temperaturas menores a las especificadas en el MTOP.

**O.E.2.:** Comparar la elaboración de las mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica mediante el análisis que muestra el diseño para determinar la factibilidad de un diseño óptimo.

## **1.5. ALCANCE**

El proyecto de investigación busca implementar nuevas estrategias para mejorar la creación de mezclas asfálticas, en lo que concierne primero en la estabilización del material granular en la construcción de un pavimento, utilizando material granular de subbase proveniente de nuestra provincia. Además, tiene como prioridad experimentar con este material de subbase estabilizado sometién dose a distintas temperaturas para evaluar su comportamiento.

Las elaboraciones de mezclas estabilizadas por lo general están normalizadas con estándares fijos por lo que, en este proyecto, analizaremos la posibilidad de cambiar dichos estándares y experimentar nuevas alternativas, que servirán como guía para la creación de futuros proyectos. Esto abre la puerta a la exploración de nuevas oportunidades, como la implementación de técnicas o métodos innovadores que impulsen la evolución en el ámbito técnico de la construcción. Dado que nuestros métodos actuales no están completamente actualizados en este sector, este enfoque permitirá que, poco a poco, los avances e investigaciones basados en este proyecto u otros similares mejoren la manera en que se construye y edifica. Esto, sobre todo, contribuirá a elevar la calidad en la ejecución de estos trabajos para cualquier tipo de construcción en el futuro. (Liu et al., 2008)

## **1.6. VARIABLES**

### **1.6.1. Variables Independientes.**

- ✓ Propiedades físicas y mecánicas del suelo granular subbase.

### **1.6.2. Variables Dependientes.**

- ✓ Dosificación óptima de la incidencia de temperatura en la compactación de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica.



## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. SUELO**

En el ámbito de la ingeniería en general, el suelo desempeña un papel fundamental como material de construcción en numerosas investigaciones de ingeniería civil y en la sustentación de cargas estructurales. Es por ello lo que los ingenieros estructurales deben analizar características tales como su procedencia, distribución de tamaños de partículas, habilidad para el drenaje, compresibilidad, resistencia longitudinal y capacidad de carga, etc. (Zambrano Vera César Antonio y Zavala Guanoluisa Danny Erwin, 2019)

La cantidad de tierra está definida por la predominancia de ciertos tamaños de partículas. En suelos donde no hay un tamaño claramente predominante, se les identifica utilizando dos o más nombres, utilizando nombres adicionales como descripciones: por ejemplo, arena arcillosa, limo arenoso, etc. La tierra desempeña un papel crucial en la estabilidad de la base, ya que gran parte de ella depende de sus características particulares. Las cargas que actúan sobre la estructura se transmiten a través de ella, lo que resulta en tensiones y deformaciones que están directamente relacionadas con la carga aplicada. (Rebeca Estefanía Castro Valle & Adilson Joel Manzaba Terán, 2022)

#### **2.1.1. Origen.**

Los suelos se originan como consecuencia de la alteración de las rocas debido a la acción de fenómenos atmosféricos a lo largo de un período considerable. El proceso de alteración, conocido como meteorización, implica la fractura o descomposición de las rocas. La disciplina de la mecánica de suelos, debido a su evolución histórica, se ha centrado principalmente en suelos que son susceptibles de ser transportados. Aunque en la actualidad se emplean diversas teorías y estudios

de laboratorio, muchos de ellos se aplican de manera intercambiable. (Montejo Fonseca, 1999)

## 2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

La estabilización de suelos es un proceso cuya tarea es mejorar las propiedades del suelo a lo largo del tiempo y tener un efecto positivo sobre él. El diseño de este se basará en la clasificación del suelo, determinando la cantidad y tipo de estabilizador para lograr el efecto deseado en el suelo. (Chirinos Ñañez et al., 2021)

Este proceso se difunde en el suelo como un conjunto de procesos físicos, mecánicos y químicos que brindan la posibilidad de cambiar diferentes propiedades del suelo y como resultado, un material adecuado para su uso como: plasticidad, estabilidad volumétrica, permeabilidad, se consigue resistencia a la compresión, entre otras propiedades. (Rebeca Estefania Castro Valle & Adilson Joel Manzaba Terán, 2022)

## 2.3. PROPIEDADES DE LOS SUELOS ESTABILIZADOS

Estabilizar el suelo implica alterar sus características físicas, mecánicas y químicas con el objetivo de mejorar su fuerza y longevidad para obtener un material de calidad superior. En la actualidad, los materiales empleados a nivel global se emplearán retrospectivamente en la construcción de pavimentos. (Fontalvo et al., 2006)

**Tabla 1**

*Propiedades de los suelos estabilizados*

<b>Propiedades</b>	<b>Descripción</b>
<b>Resistencia</b>	Las formas de estabilización más utilizadas para aumentar la resistencia son: compactación, vibración, consolidación mecánica con mezcla de otros suelos y consolidación química.

<b>Compresibilidad</b>	Esta cualidad se ve reforzada por los gránulos de cemento con material granular para rellenar los vacíos.
<b>Permeabilidad</b>	El suelo permite el paso de fluidos sin modificar las propiedades existentes. Es importante que el agua en circulación esté bien filtrada para evitar problemas en la bomba y fallas generales de combustible.
<b>Retracción y expansión</b>	Estas características son causadas por cambios en la humedad y un mineral arcilloso debe ser agregado para conservar esta humedad.
<b>Durabilidad</b>	la resistencia a los procesos de erosión o absorción de las cargas por el tráfico, para evitar el impacto de los materiales naturales y sostenibles, es necesario comprender las diferentes capacidades de las respectivas del material.

---

*Nota.* Tomado de (Fontalvo et al., 2006)

## 2.4. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN (MTOPI)

### 2.4.1. Subbase.

La subbase desempeña un papel esencial en la infraestructura vial, ya que tiene la responsabilidad de sostener, transferir y distribuir equitativamente las cargas de los vehículos. Suele estar compuesta por un material con escasa o nula plasticidad, conformado por elementos granulares en su estado natural o a través de una mezcla que genere un material que se ajuste a los estándares establecidos en las especificaciones. (Divas Hidalgo Estuardo Alberto, 2018)

**Tabla 2**

*Especificaciones para el uso de subbase a estabilizar*

Tamiz	Subbase					
	Clase I		Clase 2		Clase 3	
	Min.	Máx.	Min	Máx.	Min.	Máx.

3"	76.2 mm	-	-	-	-	-	100
2"	50.4 mm	-	-	-	100	-	-
1 ½"	38.1 mm	-	100	70	100	-	-
Nº 4	4.75 mm	30	70	30	70	30	70
Nº 40	0.425 mm	10	35	15	40	-	-
Nº 200	0.075 mm	0	15	0	20	0	20

*Nota.* Tomado de MTOP (2012), sección 403-1.1 de Subbase a estabilizar.

Los criterios que rigen la calidad de la subbase incluyen una resistencia CBR igual o superior al 30%, un límite líquido por debajo del 25, un índice de plasticidad menor a 6 y una abrasión de los ángeles inferior al 50 por ciento. Estos parámetros son fundamentales para garantizar la adecuada capacidad de soporte y durabilidad de la subbase en las estructuras viales.

## 2.5. EVALUACIÓN DE LA CANTERA

Se lleva a cabo las pruebas de laboratorio apropiadas con el fin de identificar y comprender las propiedades físicas y mecánicas del material encontrado en la cantera seleccionada.

## 2.6. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para comenzar el proceso experimental se identificó el suelo de la Cantera Juan Montalvo.

### 2.6.1. Granulometría.

Norma AASHTO T-87-70, ASTM D421-58: Norma común para la preparación en seco de muestras de suelo utilizada en el análisis del tamaño de partículas y la identificación de características del suelo, ASTM D422-63: Método de evaluación estándar para analizar el tamaño de partículas en el suelo.

El tamaño de las partículas del suelo es una característica que influye notablemente en su comportamiento, ya que impacta directamente en aspectos como la aireación, la retención de agua, su eficacia y su susceptibilidad a la erosión. Esta investigación detalla diversos métodos para evaluar el tamaño de partículas del suelo, los cuales se seleccionan dependiendo de los objetivos específicos. Se analizan varios métodos, de entre los cuales los más frecuentemente empleados son aquellos destinados a examinar la composición mecánica del suelo. (ALCIVAR, 2020)

### **2.6.2. Contenido de Humedad.**

Norma ASTM 2216 – 71: El procedimiento de prueba consiste en la determinación del porcentaje de humedad presente en una muestra de suelo.

La humedad presente o la cantidad de humedad en un suelo se determina como el porcentaje del peso del agua respecto al peso de las partículas sólidas en una masa de suelo. Para garantizar la exactitud de los cálculos, se recomienda obtener un conjunto extenso de muestras repetidas.

### **2.6.3. Límites de Atterberg.**

Norma ASTM DM 23-66; AASHTO T-89-68; ASTM D424-59; AASHTO T-90-56: El método de prueba se centra en la determinación de los límites líquidos y plásticos, así como en la medición del índice de plasticidad de los suelos.

Los límites de Atterberg comprenden el límite líquido y el límite plástico, y se emplean para caracterizar suelos y analizar su comportamiento frente a diversas condiciones, según la cantidad de humedad presente. Estos límites son de gran relevancia en la geotecnia, ya que suministran datos sobre cómo se comporta el suelo en distintos escenarios. Esta investigación destaca la importancia de actualizar continuamente las técnicas de prueba, especialmente en el contexto del cambio climático y los avances tecnológicos. (Gutiérrez Rodríguez, 2023)

#### **2.6.4. Proctor Modificado.**

Norma ASTM D-698-91; D 1557-91; AASHTO T-180-93; T-99-94: Procedimientos de evaluación estándar Para evaluar las propiedades de compactación en el laboratorio de suelos empleando un esfuerzo modificado. La prueba de Proctor modificada se utiliza para establecer la relación entre la densidad seca y la humedad presente en un suelo o capa granular bajo una energía de compactación específica. Esta evaluación de laboratorio no solo determina la densidad seca máxima, sino también el contenido de humedad óptimo correspondiente. Estos datos obtenidos en el laboratorio actúan como un punto de referencia esencial para garantizar la calidad del proceso de compactación.

Si está realizando la prueba Proctor modificada por el Método C, que implica aplicar 56 golpes de cada capa (5) a una pieza colocada en un molde de tamaño estándar. La propiedad de prueba determina la densidad seca máxima que un material puede alcanzar y el contenido de humedad óptimo para permitirle cumplir esas condiciones. (Pari Jiménez & Chipana Jiménez, 2021)

#### **2.6.5. CBR (California Breating Ratio).**

Norma ASTM D-1883-73; AASHTO T-193-63: Procedimiento de evaluación común para determinar el Índice de Resistencia de California (CBR) de suelos compactados en laboratorios. Esta metodología se centra en medir el CBR de un suelo específico examinándolo in situ y comparando su capacidad de soporte con un material de referencia. Este procedimiento se centra en evaluar la calidad relativa de los suelos bajo la superficie, aunque también puede aplicarse a cimientos y algunos materiales relacionados con los cimientos.

Este parámetro se define como la fuerza requerida para penetrar un pistón normalizado a una cierta profundidad, que se expresa como un porcentaje de la

fuerza requerida para penetrar un pistón normalizado a la misma profundidad y velocidad en el material. (De la torre, 2018)

### **2.6.6. Gravedad específica.**

Norma ASTM D854-14: Procedimientos de evaluación comunes para determinar la gravedad específica de los sólidos del suelo mediante un picnómetro de agua. La gravedad específica de un agregado resulta beneficiosa para calcular la relación entre el peso y el volumen en los agregados que han sido compactados y, en consecuencia, para estimar los vacíos en mezclas bituminosas compactadas en caliente, se lleva a cabo este procedimiento. Según la definición, la densidad de un agregado corresponde a la relación entre su peso y el volumen ocupado por el material y el mismo volumen de agua a una temperatura aproximada de 23°C.

El procedimiento para calcular la gravedad específica se considera un método indirecto, ya que se mide el volumen del suelo a través del volumen de agua desplazada. Esta normativa se adhiere a los estándares ASTM C 127, relacionado con la gravedad específica y la absorción de agregados gruesos, y ASTM C 128, que aborda la gravedad específica de los agregados finos. (Atala Abad César Augusto, 2011)

### **2.6.7. Abrasión de los ángeles.**

Norma ASTM C535 – Procedimiento de evaluación para determinar la resistencia a la degradación en agregados gruesos de mayor tamaño mediante abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles. Requiere que el material sea lavado, secado en un horno a una temperatura constante de 105-110°C, tamizado según las mallas especificadas y mezclado en las proporciones estipuladas por el método correspondiente.

Medir con exactitud el peso de la muestra, utilizando una precisión de 1 gramo para agregados gruesos de hasta 1 ½” y de 5 gramos para agregados de mayor tamaño, superiores a ¾”, una vez hayan pasado por la máquina con el tamiz n°12.

## **2.7. ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO DILUIDO**

La preparación del material con asfalto diluido implica una mezcla estable realizada a temperaturas bajas, y la cantidad de asfalto diluido se determina según el peso del material y el ensayo de Marshall, cuando se estabiliza el suelo con este método, se requiere realizar pruebas de laboratorio específicas para evaluar su composición.

### **2.7.1. Asfalto Diluido.**

El asfalto diluido es un derivado del petróleo obtenido mediante la destilación del cemento bituminoso. Este material presenta una notable capacidad de adhesión y resulta apto para su aplicación en condiciones de bajas temperaturas. El solvente se evapora y el cemento bituminoso permanece en la superficie después de la aplicación. (Ing. Silene Minaya Gonzalez & Abel Ordóñez Huaman, 2001)

#### ***2.7.1.1. Clasificación Del Asfalto Diluido.***

##### **a) Curado Rápido (RC).**

El curado rápido Este solvente de naturaleza ligera y con alta capacidad de evaporación, utilizado junto con gasolina o nafta en el cemento asfáltico, se emplea para el riego de unión y el mantenimiento de superficies, su clasificación es, RC- 70, RC-250, RC-800 y RC-3000. (Yucely Albornoz, 2014)



### b) Curado Medio (MC).

El curado medio este producto diluyente de media volatilidad, que se usa con un solvente kerosene en el cemento asfáltico, se emplea generalmente en bacheos, su clasificación es, MC-30, MC-70, MC-250, MC-800 y MC-3000. (Yucely Albornoz, 2014)

### c) Curado Lento (SC).

El curado lento este producto de aceites es de baja volatilidad, que se usa con diésel o un solvente gasóleo en el cemento asfáltico, se emplea como un aglutinante o casi igual y en mantenimiento de un periodo de curación, su clasificación es, SC-70, SC-250, SC-800 y SC-3000. (Yucely Albornoz, 2014)

**Tabla 3**

*Requisitos del Asfalto Diluido de Curado Rápido (RC)*

Norma	Descripción	RC -250	
		mín	máx
ASTM D2170	Viscosidad cinemática, 60°C, mm <sup>2</sup> /s	250	500
ASTM D3143	Punto de chispa (Copa Abierta),°C	27+	
ASTM D402	Ensayo de destilación: Destilado % en volumen del destilado total a 360°C: a 190°C a 225°C a 260°C a 316°C El residuo tras la destilación a 360°C, expresado como porcentaje en volumen mediante el método de diferencia.	35 60 80 65	
ASTM D402	Ensayos en residuo por destilación:		
ASTM D2171	Viscosidad, 60°C, Pa.s <sup>A</sup>	60	240
ASTM D113	Ductilidad, 25°C, cm	100	

ASTM D2042	Solubilidad en tricloroetileno, %	99.0
ASTM D95	Agua, %	0.2

*Nota.* Tomado de Especificaciones Generales para Construcción de Caminos y Puentes. (MTO, 2012)-Volumen 3.

## 2.8. ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

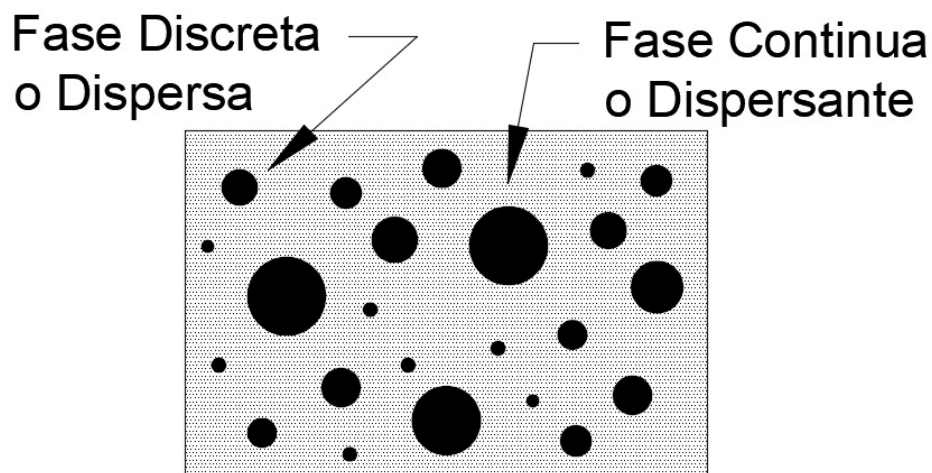
El proceso de preparación del material utilizando emulsión asfáltica requiere una mezcla estabilizada realizada a temperaturas bajas, y el porcentaje de emulsión asfáltica. Cuando se estabiliza el suelo con emulsión asfáltica, es necesario llevar a cabo ciertos ensayos en el laboratorio, así se determina según el peso del material y el ensayo de Marshall.

### 2.8.1. Emulsión Asfáltica.

La emulsión asfáltica se trata de un producto generado a partir de la dispersión de pequeñas gotas de asfalto en una solución acuosa, donde las partículas adquieren carga eléctrica, lo que resulta en la separación de los líquidos que lo componen en dos partes distintas: una fase discontinua dispersa y una fase continua dispersante. (Zambrano Meza & Tejeda Piusseaut, 2019)

**Figura 1**

*Diagrama esquemático de una emulsión*



*Nota.* Tomado de Rodríguez Talavera; Castaño Meneses; Martínez Madrid, (2001)

### **2.8.1.1. Tipos De Emulsiones Asfálticas.**

#### **a) Emulsiones aniónicas.**

Cuando aparecen en ellos dos electrodos y una corriente eléctrica los atraviesa, los glóbulos de asfalto se dirigen al ánodo, se llaman aniónicas, lo que significa que tienen cargas negativas, factible para materiales calizos que es positivo a ionizan. Divas Hidalgo Estuardo Alberto, 2018, (p. 6-7)

#### **b) Emulsiones catiónicas.**

Cuando se produce una repulsión electrostática entre glóbulos de asfalto, que esta rodeados por iones del mismo signo positivo, factible para materiales silíceos que es negativo a ionizan. Divas Hidalgo Estuardo Alberto, 2018(p. 6-7)

#### **c) Impregnación.**

Estas se utilizan para impregnaciones de subbases y/o bases hidráulicas.

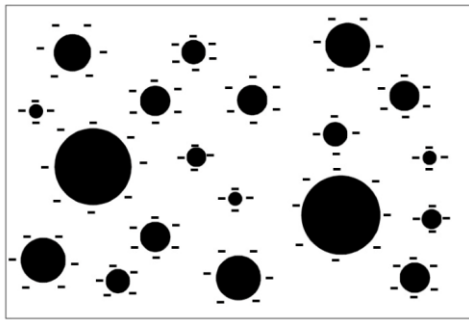
#### **d) Super Estables.**

Estas se utilizan para estabilizar materiales y rehabilitar pavimentos.

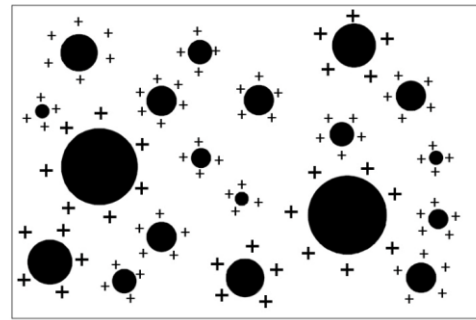
### **Figura 2**

*Representación esquemática de una emulsión aniónica y de una catiónica.*

## Emulsión Aniónica



## Emulsión Catiónica



*Nota.* Tomado de Rodríguez Talavera; Castaño Meneses; Martínez Madrid, (2001)

### 2.8.2. Características De Las Emulsiones.

**Tabla 4**

*Características de las emulsiones*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Contenido de agua</b>	El contenido de agua de una emulsión puede variar para adaptarse a técnicas particulares de aplicación, al conocer el porcentaje de agua, se debe cuantificar la cantidad de aglutinamiento asfáltico usado en la carpeta.
<b>Viscosidad</b>	La viscosidad es la proporción de asfalto presente en la emulsión y por la distribución de tamaño de glóbulos, se valora las propiedades de flujo.
<b>Estabilidad de almacenamiento</b>	Permite un tiempo mayor o menor entre la fabricación y el empleo de la emulsión, donde depende de la naturaleza de la cantidad de emulsificante y tamaño de las partículas en dispersión.
<b>Velocidad de rompimiento</b>	Distintas variables como el ligante asfáltico, cantidad de emulsionante, agregados, y electroquímica de la emulsión.
<b>Adherencia o Adhesividad a los agregados</b>	Es importante la capacidad de un ligante o cementante asfáltico para que esté fijo en el agregado, cubriéndolo sin peligro de que se desplace.

*Nota.* Tomado de Salazar Millanes Carlos Ramón, (1999)

### **2.8.3. Clasificación De Las Emulsiones Asfálticas.**

#### ***2.8.3.1. Las emulsiones de Rotura Rápida (RS).***

Se usa generalmente en tratamientos de superficies para mantenimiento de carreteras. Este tipo de emulsiones (RS-2 y CRS-2) Poseen una consistencia muy densa para prevenir el goteo y evitar una separación rápida después de haber formado una capa. Se emplea para ser rociado, puede ser usado en bacheos, riego de liga, riego de gravilla y curados superficiales. Ronald Mercado, 2008(pp. 8-9)

#### ***2.8.3.2. Las emulsiones de Rotura Media (MS).***

Están diseñadas con agregados, sea en frío o en caliente y mantenimiento de superficies. Se pueden fabricar en una planta de asfalto y transportar la mezcla al lugar de pavimentación. Las emulsiones HF (High Float: alta flotación) Presentan una característica especial que posibilita la formación de una capa densa de asfalto sobre los agregados sin correr el riesgo de que se escurra, siendo aplicable tanto en la restauración de un pavimento asfáltico como en mezclas prefabricadas para bacheo. Ronald Mercado, 2008(pp. 8-9)

#### ***2.8.3.3. Las emulsiones de Rotura Lenta (SS).***

Están formulados para mantener una calidad densa de materiales con una alta proporción de partículas finas durante largos períodos de transporte, asegurando una cobertura efectiva. Entre sus atributos se encuentra su baja viscosidad, la cual disminuye al añadir agua y afecta la velocidad de fraguado, se puede utilizar en mezclas prefabricadas y en bacheos de renivelación. Ronald Mercado, 2008(pp. 8-9)

**Tabla 5***Temperatura de almacenamiento de Emulsión asfáltica (°C)*

<b>Grado</b>	<b>Min</b>	<b>Máx</b>
CQS-1h, QS-1h Emulsión para Micro Pavimento	10	50
RS-2, CRS-1, CRS-2, HFRS-2, CMS-2 C-2h, MS-2, MS-2h, HFMS-2, HFNS-2h	50	85
RS-1, SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h, MS-1	10	60

*Nota.* Tomado de Especificaciones Generales para Construcción de Caminos y Puentes. (MTO, 2012)-Volumen 3.

**Tabla 6***Requisitos de la Emulsión Asfáltica Catiónica*

<b>Norma</b>	<b>Tipo Grado Descripción</b>	<b>Rotura Lenta CSS -1h</b>	
		<b>mín</b>	<b>máx</b>
ASTM D244	Viscosidad, Saybolt a 25 °C, SFS	20	100
ASTM D244	Viscosidad, Saybolt a 50°C, SFS		
ASTM D6930	Estabilidad al Almacenamiento, 24 h, % A		1
ASTM D6936	Demulsibilidad, 35 ml, 0.02 N CaCl <sub>2</sub> , %	60	
ASTM D244	Capacidad de cobertura y resistencia al agua: Cobertura, agregado seco Cobertura, después de rociado Cobertura, agregado mojado Cobertura, después de rociado		
ASTM D6935	Mezcla con cemento, %		2.0
ASTM D244	Carga de partícula		positivo
ASTM D6933	Ensayo del tamiz, % A		0.10
ASTM D6997	Residuo por destilación, % Ensayos en el residuo de destilación: Destilado de aceite por volumen de emulsión, %	57	
ASTM D6997	Penetración, 25°C, 100 g, 5 s	40	90
ASTM D113	Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40	
ASTM D2042	Solubilidad en tricloroetileno, %	97.5	

*Nota.* Tomado de Especificaciones Generales para Construcción de Caminos y Puentes. (MTO, 2012)-Volumen 3.

## **2.9. PARÁMETROS PARA LA MEZCLAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA**

Maila Paucar Manuel Elías, 2013 (pp. 28-31), Una muestra de mezcla se preparada en laboratorio se puede evaluar para determinar su posible comportamiento. Todos aspectos de resistencia, estabilidad, flujo, y vacíos, que lleva una mezcla estabilizada, para corroborar su correcto comportamiento a distintos contenidos de asfaltos, los cuales ayudan a evaluar el contenido apropiado, que puede llegar a utilizarse en una construcción de pavimento.

**Tabla 7**

*Requisitos de Mezclas Bituminoso*

Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla					
	(A)		(B)		(C)	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
<b>Número de golpes por cara</b>	50		50		75	
<b>Estabilidad</b>	4,45(KN); 453(Kg)		5,34(KN); 544(Kg)		8(KN); 815(Kg)	
<b>Flujo, 0,25 mm</b>	2	8	8	16	8	14
<b>vacíos de Aire, %</b>	3	5	3	5	3	5

*Nota:* Esta tabla exhibe los límites máximos y mínimos que deben ser observados en los estándares de la metodología Marshall, basados en el tipo de diseño de la mezcla bituminosa, según lo establecido en la normativa MTOP-NEVI-12, volumen 3.

**Tabla 8**

*Estabilización con base*

<b>Estabilidad</b>	<b>Flujo</b>
Marshall	(1/100")
750 lb	5-18

*Nota:* Esta tabla se muestra la estabilidad de la base, según lo establecido en la normativa MTOP-NEVI-12, volumen 3.

# **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

## **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1.1. Tipo.**

El presente trabajo de titulación es de tipo experimental, Polanía Reyes, 2020(pp. 27-29) mencionan que “Este enfoque implica una acción deliberada para evaluar las posibles consecuencias de un fenómeno bajo estudio, siendo considerado el método más apropiado para la investigación al enfocarse en hipótesis, relaciones, diseños estadísticos, pruebas, experimentación y análisis de causa y efecto”.

El propósito de la investigación es analizar y evaluar el comportamiento del material granular de la subbase en respuesta a variaciones de temperatura, tanto en mezclas estabilizadas con asfalto diluido como en aquellas basadas en emulsión asfáltica. Este estudio comparativo tiene como objetivo obtener resultados que faciliten la identificación de un método más eficiente para mejorar el proceso de compactación.

### **3.1.2. Nivel.**

La investigación es descriptiva porque se centra en el análisis de las variables especificadas propiedades características, cualidades externas rasgos importantes criterios y para el desarrollo de un método factible de investigación.

La investigación tiene un enfoque explicativo, ya que tras examinar el comportamiento del material granular en las subbases con las mezclas, se propondrán métodos viables para alcanzar los niveles de rendimiento y durabilidad establecidos. Se hace alusión a las propiedades, características tanto internas como externas, y atributos que describen los fenómenos y períodos temporales.



## **3.2. MÉTODO ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Método.**

El método de la presente investigación es hipotético deductivo porque parte del desarrollo de una hipótesis del estudio previo de las variables permitiendo llegar a nuevas conclusiones y pronósticos empíricos las que a su vez son puestas a verificación mediante el análisis y evaluación de las variables. Nivela et al., 2020(p. 21)

### **3.2.2. Enfoque.**

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo debido a la evaluación y recopilación de datos técnicos, basándose en un marco de deducción para generar preguntas, en este caso, hipótesis, que se originan a partir del análisis de las variables y que luego son sometidas a comprobación. mediante ensayo en los laboratorios. (Nivela et al., 2020)

### **3.2.3. Diseño.**

La investigación cuenta con un aparato experimental, en la que las variables tomadas serán puestas a prueba con; (Variable independiente), Es controlado mediante análisis de laboratorio para detectar datos específicos a través de pruebas, lo que nos brinda información sobre el tipo de material granular y permite formular el diseño para la estabilización utilizando fórmulas. Esto nos permite comparar hipótesis que son objeto de estudio en la investigación, verificando si la propuesta puede realizarse. Para ello, se hace referencia a investigaciones de tesis, libros, guías, metodologías de diseño y artículos que abordan temas similares o relacionados al uso de asfalto diluido y emulsión asfáltica en material granular de subbase y su incidencia.

### **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

#### **3.3.1. Población.**

(Diaz-Bazo, 2018), expresa que “La población es conocida como un conjunto de individuos para un estudio”, tomado desde el punto de vista del investigador. La unidad de observación son sujetos, en primera instancia, se debe de elegir la ubicación, para calificar las unidades de la investigación, lo cual se denomina como “población objeto de estudio”.

Tomando como referencia a la cita, hemos identificado que nuestra área de estudio es la cantera Juan Montalvo, donde realizamos análisis del material granular mediante ensayos de laboratorio con el fin de inferir sus propiedades físico-mecánicas. Estos resultados podrían ser empleados, según corresponda, para mejorar la calidad de la subbase en caso de ser necesario.

#### **3.3.2. Muestra.**

Según Diaz-Bazo, 2018(p. 5-9), se conoce como un subconjunto de la población de estudio, que se extraen del grupo general. Partiendo de esta definición, se procedió a seleccionar una muestra del material granular proveniente de la cantera "Juan Montalvo" para llevar a cabo la investigación correspondiente, la cual fue emprendida por los autores de este trabajo.

#### **3.3.3. Muestreo.**

(Diaz-Bazo, 2018), define el muestreo como un instrumento para el análisis científico, Como objetivo primordial, se eligen los elementos o sujetos de estudio a través de una muestra calculada, definiendo parámetros y características que se detallan en el proceso metodológico previo, llevado a cabo por los investigadores.

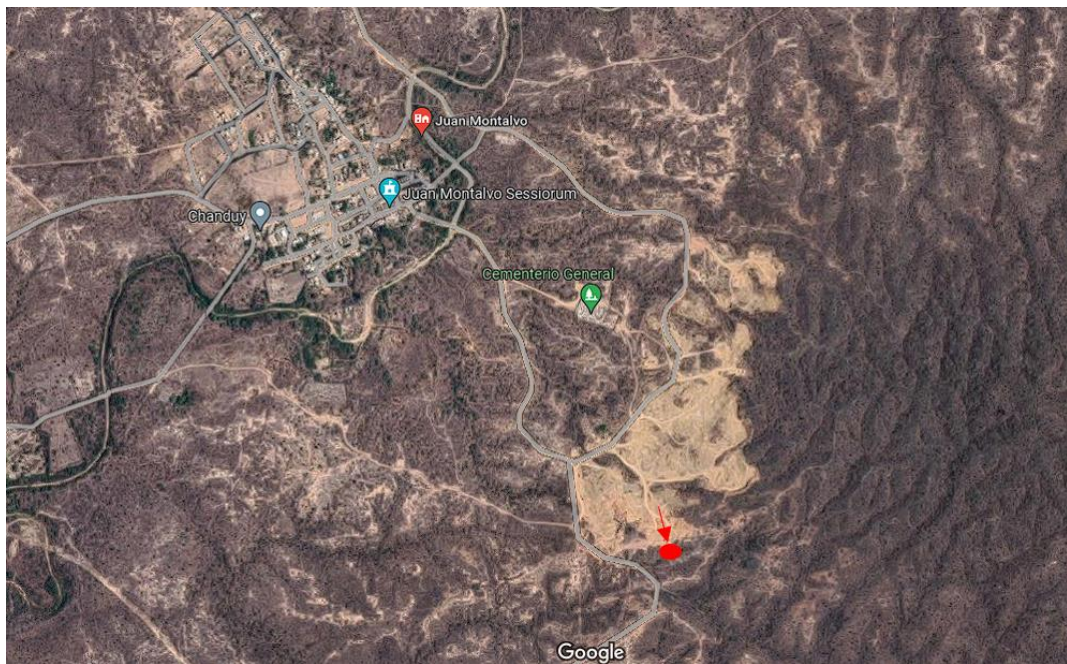
### 3.4. UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

#### 3.4.1. Cantera Juan Montalvo.

La cantera Juan Montalvo, ubicada en la comuna del mismo nombre, se halla a una distancia de 2.5 kilómetros de la carretera Guayaquil – Salinas, dentro de la Provincia de Santa Elena, con coordenadas UTM WSG84 (Norte: 9747535, Este: 534551). La selección del lugar para extraer muestras del material granular en su estado natural es de suma importancia. Estas muestras serán sometidas a ensayos y pruebas específicas en el laboratorio, lo que posibilitará un análisis detallado para comprender a fondo las propiedades físico-mecánicas de dicho material.

**Figura 3**

*Ubicación de la Cantera Juan Montalvo*



*Nota.* Tomado de Google Earth

### 3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1: DISEÑO DE LA MEZCLA ESTABILIZADA, USANDO EL MATERIAL GRANULAR DE AGREGADO DE JUAN MONTALVO CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

### **3.5.1. Ensayos De Laboratorio Del Material Granular De La Cantera Juan Montalvo.**

Antes de estudiar la cantera Juan Montalvo en la Provincia de Santa Elena y comprender sus características físicas, geológicas y la capacidad del suelo para resistir, se llevaron a cabo una serie de ensayos específicos.

#### ***3.5.1.1. Análisis Granulométrico.***

La normativa AASHTO T-87-70, T-88-70; ASTM D 421 – 58, D 422 – 63. El objetivo de las pruebas granulométricas es categorizar y diferenciar los diversos rangos de tamaño de partículas presentes en el suelo, lo cual es crucial para su uso. Se emplean distintos tamaños de mallas.

Instrumentos por emplear: (i) Tamizadora automática; (ii) Balanza de tipo electrónico; (iii) Maquina que controla la temperatura °C; (iv) Tamices correspondientes al método seleccionado; (v) Contenedores de diferentes tamaños identificados con sus pesos y nombres respectivos; (vi) Documento de cálculo específico para el ensayo en cuestión.

Pasos a seguir:

- Estudio mediante lavado (Método Húmedo).
- Utilizando los mismos especímenes para el nivel de humedad presente en el suelo de grano fino fue evaluado minuciosamente durante el proceso de cribado para asegurar una limpieza adecuada con el tamiz N° 200.
- El material retenido por el tamiz No. 200 es transferido a un recipiente y sometido a un proceso de secado en el horno durante un período de 24 horas.
- Tras el secado, se procede a tamizar el material lavado utilizando los siguientes tamices N° 4, N° 10, N° 40, N° 200

- Se registra y pesa el material retenido registrando el peso retenido en cada malla de tamizado en las hojas de cálculo correspondientes para cada tamiz.

**Figura 4**

*Granulometría*



*Nota.* En la figura la granulometría del material granular de Juan Montalvo.

**Tabla 9**

*Granulometría*

<b>MATERIAL GRANULAR SUBBASE</b>					
<b>Tamiz</b>		<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>% Retenido</b>		<b>% Pasa</b>
<b>N°</b>	<b>mm</b>		<b>Total %</b>	<b>Acumulado %</b>	
3"	75	419	5,38	5,38	100
2	50	705,83	9,06	9,06	100
1 1/2"	38,1	469,3	6,02	6,02	100
1"	25	1726	22,15	28,17	71,83
3/4"	19	830,4	10,65	38,82	61,18
1/2"	12,5	1468,87	18,85	57,67	42,33
N°4	4,75	775	9,94	67,61	32,39
N°8	2,36	1199	15,38	82,99	17,01
N°10	2	84,97	1,09	84,08	15,92
N°16	1,18	0	0,00	84,08	15,92
N°40	0,425	72,03	0,92	85,01	14,99
N°100	0,15	0	0,00	85,01	14,99
N°200	0,075	41,57	0,53	85,54	14,46
FONDO		1,98	0,03	<b>85,57</b>	14,43
Peso Total gr		7793,95			

*Nota.* En la tabla se muestra la granulometría del material granular de Juan Montalvo.

### **3.5.1.2. Contenido de Humedad.**

La normativa ASTM 2216 – 71. Encontrar el análisis del contenido de humedad resulta esencial para calcular el porcentaje de la misma presente en el suelo, dado que la presencia de humedad puede ser perjudicial para las bases, pudiendo contener sales y sulfatos que afectan la integridad de las estructuras.

Instrumentos por emplear: (i) Balanza de tipo electrónico; (ii) Maquina que controla temperatura °C; (iii) Contenedores pequeños identificados con sus pesos correspondientes; (iv) Espátula; (v) Muestra destinada al análisis; (vi) Hojas de cálculo específicas para el ensayo.

Pasos a seguir:

- Seleccionar un espécimen del material granular de la cantera Juan Montalvo.
- Pesar el espécimen utilizando una balanza electrónica con el recipiente designado de peso y etiquetado.
- Colocar el espécimen en el horno durante un día para eliminar la humedad presente.
- Retirar el espécimen del horno y permitir que se enfríe hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Pesar nuevamente el recipiente con el espécimen.
- Determinar el contenido de humedad utilizando la fórmula predefinida.

**Tabla 10**

*Contenido de Humedad*

<b>MUESTRA</b>	<b>Material</b>
<b>N° de recipiente</b>	A
<b>Peso de recipiente[gr] (Wr)</b>	95,00
<b>Peso de rec. + Peso de suelo hum. [gr] (W1)</b>	832,00

<b>Peso de rec. + Peso de suelo seco. [gr] (W2)</b>	826,00
<b>Peso de agua [gr] (Ww= W1 - W2)</b>	6,00
<b>Peso de suelo seco [gr] (Ws= W2 - Wr)</b>	731,00
<b>Contenido de humedad [%] <math>\omega = (Ww/Ws) * 100</math></b>	0,82

*Nota.* En la tabla se muestra el contenido de humedad del material granular de Juan Montalvo.

### ***3.5.1.3. Ensayos de Límites de Atterberg e Índice de Plasticidad.***

La normativa ASTM DM 23-66; AASHTO T-89-68; ASTM D424-59; AASHTO T-90-56. Los Límites de Atterberg se emplean para describir la manera en que los elementos finos del suelo reaccionan, los cuales pueden experimentar modificaciones con el paso del tiempo. Así, en función de la cantidad de agua presente, se clasifica la característica del suelo en límite líquido y límite plástico.

Instrumentos por emplear: (i) Máquina con niveles de temperatura °C; (ii) Balanza tipo electrónico; (iii) Dispositivo de Copa Casagrande; (iv) Acanalador de bronce; (v) Espátula; (vi) Botella de agua; (vii) Recipiente pequeño; (viii) Contenedores pequeños etiquetados con su peso respectivo; (ix) Muestra tamizada por malla N°40 (250gr).

**Límite líquido (LL):** El porcentaje de humedad necesario para cerrar una ranura de 12,7 mm a lo largo de la misma mediante 25 golpes se conoce como límite líquido.

**Límite Plástico (LP):** Se establece como el porcentaje de humedad que tiene el suelo al ser moldeado en cilindros de 3.2 mm de diámetro.

**Índice Plástico (PI):** Se refiere a la brecha entre el límite líquido y el límite plástico.

Pasos a seguir:

Límite líquido (LL).

➤ Tamizar con el N°40 una porción de 250gr. de cada espécimen.

- Se coloca una porción medida de material tamizado en una pequeña tara y se agrega agua hasta obtener una pasta uniforme.
- Usar a la espátula para realizar una mezcla uniforme en la copa Casagrande y se nivela hasta que forme una superficie ovalada en el recipiente.
- Usando una espátula, se traslada la mezcla a la copa Casagrande y se compacta hasta formar una superficie ovalada en su interior.
- Con un instrumento acanalador, se crea un surco en el centro de la mezcla en la copa Casagrande, formando dos pequeñas pendientes, y se retira el exceso de muestra con la espátula.
- Se gira la manivela de la copa Casagrande hasta que los surcos se unen, contando los golpes necesarios para lograr esta unión.
- Luego una vez que estas dos secciones se han unido, se utiliza una espátula para extraer la porción combinada y se coloca en un recipiente de menor tamaño.
- El recipiente con la muestra se lleva al horno para secar durante 24 horas.
- Después del período de secado, se anota el peso seco.

Se repite este procedimiento 3 veces más con la misma masa de material, Añadiendo agua con el fin de variar la fluidez y así determinar la cantidad de golpes requeridos (10, 20, 30, 40) para cerrar la abertura en el suelo.

### **Figura 5**

#### *Límite Líquido*



*Nota.* En la figura se muestra la realización del ensayo del límite líquido del material granular de Juan Montalvo.



Pasos a seguir:

Límite Plástico (LP).

- Se forma una masa uniforme y maleable de la muestra para crear cilindros de 3 mm de diámetro.
- Se moldea hasta que aparezcan pequeñas fisuras en el cilindro, indicando así el límite.
- Fragmentos pequeños de la muestra que presenta grietas se disponen en un recipiente marcado con un número, y se anota el peso completo.
- El recipiente junto con la muestra se coloca en el horno y se deja durante 24 horas.
- Tras el período de 24 horas, se registra el peso total seco.

Estos mismos pasos se repiten con las muestras.

### Figura 6

*Límite Plástico*



*Nota.* En la figura se muestra la realización del ensayo del límite plástico del material granular de Juan Montalvo.

### Tabla 11

*Resultados de Límites de Atterberg*

<b>SUBBASE</b>	
<b>Límite Líquido</b>	L <sub>l</sub> = 21,75
<b>Límite Plástico</b>	L <sub>p</sub> = 15,47
<b>Índice De Plasticidad</b>	I <sub>p</sub> = 6,28

*Nota.* En la tabla se muestra los límites de Atterberg del material granular de Juan Montalvo.

#### **3.5.1.4. Gravedad Específica.**

La normativa ASTM D854-14. La gravedad específica o densidad de un agregado es importante para determinar la proporción entre su masa y el espacio que ocupa una vez compactado, lo cual facilita el cálculo de los vacíos presentes en las mezclas asfálticas calientes después de la compactación. Definida como la comparación entre el peso por unidad de volumen de un material y el peso equivalente de agua a unos 23 °C, la gravedad específica del agregado es fundamental para estas mediciones.

Instrumentos por emplear: (i) Maquina con capacidad para mantener la temperatura °C; (ii) Recipiente de picnómetro; (iii) Recipiente para mediciones graduadas; (iv) Agua; (v) Solución de glicerina; (vi) Pequeña cocina; (vii) Recipiente; (viii) Dispositivo en forma de embudo; (ix) Instrumento de medición de volúmenes pequeños; (x) Instrumento para medir la temperatura; (xi) Material compuesto por partículas finas.

Pasos a seguir

- El picnómetro se llena hasta su marca de agua designada.
- Se registra la temperatura del líquido contenido en el picnómetro.
- Se determina el peso del picnómetro con el líquido destilada.
- La mitad del líquido destilada se vierte en una probeta.
- Utilizando el embudo, se completa el picnómetro con el agregado de tamaño pequeño y se complementa con agua hasta el nivel marcado.
- El recipiente se calienta junto la glicerina y luego se hunde el picnómetro sin que llegue a asentarse completamente en el recipiente.
- Cuando la glicerina entre en ebullición, se eleva el picnómetro y luego se hunde nuevamente para liberar el aire.
- Se permite que el picnómetro se enfríe hasta alcanzar la temperatura inicial de 25°C, se coloca el contenido del picnómetro en una tara y se registra el peso.
- El material se deja en el horno durante 24 horas.
- Se pesa el material después del proceso de secado.

## Figura 7

### Gravedad Específica



Nota. En la figura se muestra la realización del ensayo de gravedad específica del material granular de Juan Montalvo.

**Tabla 12**

### Gravedad específica del Material Granular

<b>MATERIAL DE SUBBASE</b>	
<b>Ws</b>	199,8
<b>Ws + Wbw</b>	858,7
<b>Ws + Wbw - Wbw s</b>	75,6
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN K</b>	0,99817
<b><math>G_s = W_s * K / (W_s + W_{bw} - W_{bw} s)</math></b>	<b>2,638</b>

Nota. En la tabla se muestra el porcentaje de absorción del material granular de Juan Montalvo.

### 3.5.1.5. Ensayo Proctor Modificado.

La normativa ASTM D-698-91; D 1557-91; AASHTO T-180-93; T-99-94. Se prescribe una prueba de compresión o Proctor el propósito es encontrar el nivel de humedad ideal y la máxima densidad seca del material saturado para fortalecerlo y reducir su susceptibilidad a deformaciones.

Instrumentos por emplear: (i) Maquina capaz de mantener la temperatura °C; (ii) Molde de cilíndrico para el método Proctor Modificado; (iii) Pistón; (iv) Probeta de medición de volumen de agua; (v) Bandejas metálicas; (vi) Herramientas para nivelar.

Pasos a seguir:

- El material se tamiza a través de una malla de  $\frac{3}{4}$ ", lo cual requiere la preparación de 5 lotes de 5500 gramos cada uno.
- Se extiende y mezcla el material sobre la bandeja metálica para lograr una mezcla uniforme. Se divide en 5 porciones, una pequeña porción se separa para obtener la humedad, luego se coloca en el horno durante 24 horas.
- El molde cilíndrico se acondiciona y se asegura para evitar aflojamientos durante la compactación. Se toma una de las cantidades separadas y se coloca en el molde, compactando con 56 golpes por capa.
- Las siguientes muestras se mezclan con 100ml, 250ml, 350ml y 500ml de agua respectivamente.
- Al finalizar de compactar las cinco capas, se quita la parte superior y se igualan utilizando una regla de metal.
- Se pesa el material junto con el molde.
- Se retira la muestra del molde y se procede a compactar agregando agua hasta lograr el asentamiento indicado en la curva Proctor., completando así el ensayo.
- Tras 24 horas, se extrae el material de la máquina de temperatura y se registra su peso seco.

### **Figura 8**

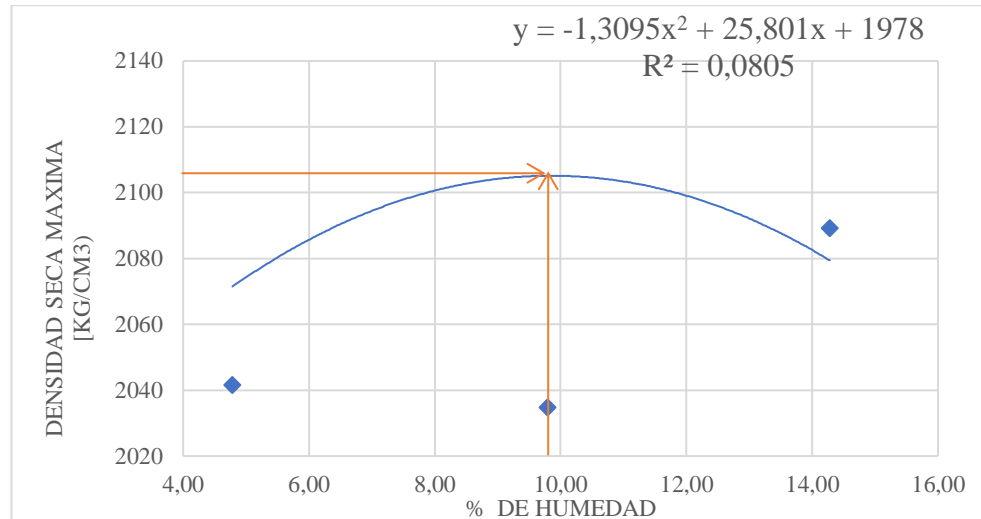
*Proctor Modificado*



Nota. En la figura se muestra la realización del ensayo de Proctor modificado del material granular de Juan Montalvo.

**Figura 9**

*Proctor Modificado*



Nota. En la figura se muestra la densidad seca máxima y el % de humedad del material granular de Juan Montalvo.

**Tabla 13**

*Proctor Modificado*

RESULTADOS	
DENSIDAD SECA MÁXIMA =	2105,09
% DE HUMEDAD OPTIMA=	9,85

Nota. En la tabla se muestra los resultados del ensayo Proctor modificado de diseño del material granular de Juan Montalvo.

### 3.5.1.6. Ensayo CBR.

La Normativa ASTM D-1883-73; AASHTO T-193-63, CBR (California Bearing Ratio) es un criterio del suelo que determina su resistividad como sustrato. El diseño de pavimentos es una prueba practico realizadas a cabo en estas circunstancias comprobar la humedad y las condiciones de sellado.

Esto implica un proceso que determina la resistencia al corte del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad, mientras se evalúa la capacidad de carga de terrenos compactados. Este método busca establecer una relación entre la resistencia a la penetración del suelo y su capacidad para soportar cargas. Se compacta el terreno en moldes estandarizados, sumergidos en agua, y se aplica una fuerza de penetración sobre la superficie del suelo utilizando un martillo.

Instrumentos por emplear: (i) Maquina con capacidad para mantener la temperatura °C; (ii) Moldes cilíndricos (3 moldes); (iii) Pesas adicionales de 5 libras como sobrecargas (2 unidades); (iv) Probeta; (v) Martillo estándar; (vi) Disco separador hecho de acero con una altura de 2.5 pulgadas; (vii) Recipientes numerados; (viii) Recipientes pequeños; (ix) Bandeja metálica; (x) Herramientas para nivelar, como rastrillo; (xi) Papel filtrante

Tomar medidas a lo largo de cuatro días seguidos, para medir la expansión del material, se emplea un extensómetro, con una precisión de aproximadamente 0.001", montado sobre un trípode y dial deformímetro.

Para la penetración, se utiliza una prensa hidráulica con una velocidad de 0.05 pulgadas por minuto (1.27 mm por minuto), se emplea un pistón cilíndrico de acero con un diámetro de 3 pulgadas.

Pasos a seguir:

- Se inicia el proceso tamizando el material a través de la malla  $\frac{3}{4}$ " y se preparan 3 lotes de 5500 gramos cada uno para el ensayo.
- Luego de trazar la curva Proctor con sus 5 puntos, se establece el nivel ideal de humedad a emplear en la prueba de CBR.
- Se mezcla el material se coloca dentro de un contenedor metálico, agregando la cantidad adecuada de agua de acuerdo con la humedad ideal obtenida en la prueba de Proctor modificada.

- Después de asegurarse de obtener la humedad según el Proctor modificado, se toma una muestra del material humedecido para determinar su contenido de humedad.
- Se preparan los recipientes cilíndricos con el anillo, el separador y el papel filtrante en la parte superior.
- El molde se completa en cinco capas y se comprime utilizando los golpes indicados que son: 12, 25 y 56.

### **Figura 10**

*CBR(Compactación)*



*Nota.* En la figura se muestra la realización del ensayo de CBR del material granular de Juan Montalvo.

- Tras la compactación, se quita el collarín, se nivela con una regla de metal, se retira el separador y se registra el peso.
- Se reinstala el anillo y se sumerge los moldes con las pesas.
- Se registra la primera lectura al sumergirla, repitiendo esta medición cada 24 horas a lo largo de cuatro días seguidos.

### **Figura 11**

*CBR(Medición)*



*Nota.* En la figura se muestra la medición de los cilindros de CBR con el material granular de Juan Montalvo.

Procedimiento: resistencia a la penetración

- Después de los 4 días de inmersión del material, se extrae del recipiente y se inclinan los cilindros para eliminar el sobrante de agua, permitiendo que se escurra por completo antes de dejarlos reposar al aire libre durante un cuarto de hora.
- Se procede a pesar nuevamente el espécimen (sin el collarín) y se anota el peso del cuerpo saturado.

### Figura 12

*CBR (Cilindros con las muestras saturados)*



*Nota.* En la figura se muestra los cilindros de CBR saturados con el material granular de Juan Montalvo.

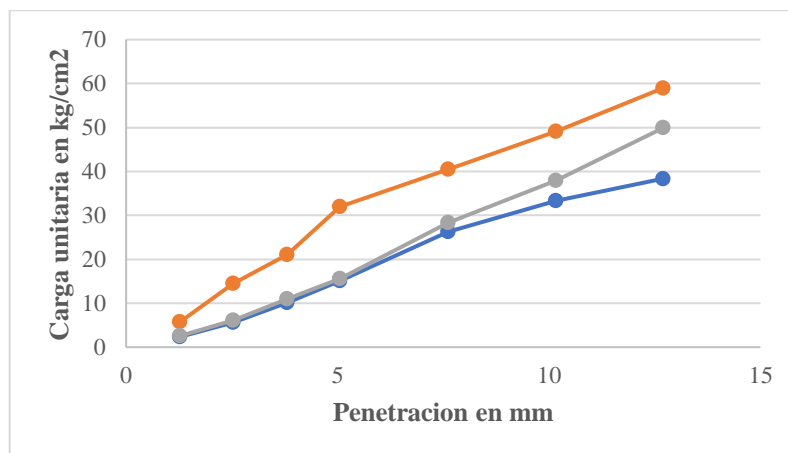
- El molde con la muestra se posiciona dentro de la prensa hidráulica, asegurándose de fijarlo adecuadamente antes de aplicar una carga adicional mediante el pistón.



- Se calibra el dial de carga y se prepara el extensómetro digital que medirá la deformación.
- Se inicia la penetración y se registran las lecturas dentro del intervalo de 4 a 0.05 pulgadas y de 3 a 0.1 pulgadas, anotándolas en el registro respectivo.
- Luego de registrar las lecturas, se libera la presión ejercida y se retira el molde de la prensa hidráulica.
- Como parte final, Se elige una muestra pequeña tanto de la parte superior como inferior del molde y se anota su peso en un contenedor pequeño antes de colocarlo en el horno por un período de 24 horas.
- Se registra los valores de peso de las muestras extraídas (tanto superior como inferior) una vez secas se anotan y registran.

**Figura 13**

*CBR (Penetración)*



*Nota.* En la figura se muestra la carga unitaria y la penetración del material granular de Juan Montalvo.

**Tabla 14**

*CBR de Diseño*

<b>A 0,1 de penetración</b>		
Densidad Max	1173,81	CBR Diseño.
95%	1115,117	36,54

*Nota.* En la tabla se muestra el CBR de diseño del material granular de Juan Montalvo.

### 3.5.1.7. Abrasión Mediante Máquina De Los Ángeles.

La normativa ASTM C 535. El propósito de esta prueba es establecer el índice de desgaste de los agregados pétreos de mayor tamaño, aquellos que superan los 37,5 mm (1 ½”), al ser sometidos a la acción abrasiva y de fricción generada por esferas de acero en la máquina de los Ángeles.

Instrumento por emplear: (i) Máquina de los Ángeles; (ii) Tamiz N° 12; (iii) Doces esferas de acero de 47 mm de diámetro; (iv) Balanza; (v) Maquina que controla la temperatura de °C.

Se lleva a cabo la preparación de la muestra, seleccionando la malla No. 20 que permite pasar material grueso de hasta 1 ½”, tomando en cuenta la granulometría correspondiente al método 2 para los agregados específicos en cuestión.

El material se lava y se seca en la máquina de temperatura que mide en °C. Luego se tamiza según las mallas indicadas y se mezcla en las proporciones requeridas por el método correspondiente., según la Tabla 13:

**Tabla 15**

*Graduación de la Muestra de Ensayo*

Tamiz		Abrasión de los Ángeles		
		Clase I	Clase 2	Clase 3
Que pasa	Retenido	Cantidad de material a usar (gr)		
3”	2 ½”	2 500 ± 50		
2 ½”	2”	2 500 ± 50		
2”	1 ½”	5 000 ± 50	5 000 ± 50	
1 ½”	1 ”		5 000 ± 25	5 000 ± 25
1”	3/4”			5 000 ± 25
<b>Peso total</b>		10 000 ± 100	10 000 ± 75	10 000 ± 50
N° de esferas		12	12	12
N° de revoluciones		1 000	1 000	1 000

Tiempo de rotación (min.)	30	30	30
<i>Nota.</i> Tomado de la Norma ASTM C-535, Abrasión de los Ángeles			

Pesando la muestra con una precisión de 1 gramo para los agregados gruesos de hasta 1 ½” y 5 gramos para los agregados gruesos con tamaños superiores a ¾”.

La muestra debe ser secada en un horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante un período de 24 horas.

Pasos a seguir:

- Se coloca la muestra junto con las esferas de acero dentro del cilindro de la máquina de los Ángeles, se cierra y se ajusta la apertura del cilindro o tambor.
- La máquina se activa con las revoluciones establecidas por el método y se mantiene en funcionamiento durante 30 minutos.
- Al finalizar el tiempo de rotación, se procede a secar en la máquina, que controla la temperatura a  $^{\circ}\text{C}$ , el material retenido en el tamiz número 12 se mantuvo durante un período de 24 horas.
- Después de transcurridas las 24 horas, se realiza la medición del peso del material.

#### **Figura 14**

*Abrasión de los Ángeles*



*Nota.* En la figura se muestra el cilindro introduciendo las esferas de acero con el material granular de Juan Montalvo.

**Tabla 16**

*Abrasión de los Ángeles*

Pasa	Tamiz Retiene	Peso Antes Del Ensayo	Peso Después Por Tamiz N° 12 (Gr)	% De Perdida
2"	1 1/2"	5006	5411	46,02%
1 1/2"	1"	5018		
		10024		

*Nota.* En la tabla se muestra el porcentaje de pérdida del material granular de Juan Montalvo.

### **3.6. METODOLOGÍA O.E.2: ELABORACIÓN DE LAS MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA**

Se inicia la elaboración de los diseños de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica mediante la aplicación de la metodología Marshall. Esta técnica involucra la realización de pruebas en mezclas compactadas que abarcan evaluaciones de estabilidad y flujo, la determinación de pesos, junto con el ensayo Rice. Estos procedimientos tienen como objetivo obtener la configuración óptima para cada mezcla, evaluando y calculando sus propiedades.

### **3.7. ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS.**

La preparación de la dosificación de las mezclas estabilizadas implica la inclusión de los porcentajes individuales de cada agregado según los resultados obtenidos del ensayo de granulometría. Estos porcentajes se ajustaron con relación al peso total de 1200 gramos, determinando la cantidad precisa para cada muestra que se utilizará con el propósito de cumplir con las especificaciones requeridas. Posteriormente, se procedió a pesar de forma sucesiva las cantidades correspondientes a cada porción de agregado en taras previamente calibradas.

### **3.7.1. Ensayo De Compactación Del Martillo Marshall.**

El procedimiento de compactación con el martillo Marshall se enfoca en compactar una cantidad determinada de mezcla de materiales para evaluar el nivel de estabilidad de la combinación entre el betún diluido y el material granular.

Preparación de la muestra:

Los áridos experimentan un secado en un horno durante un período de 24 horas, tras lo cual se pesan en cantidades precisas, utilizando un conjunto de 12 muestras, distribuidas en lotes de tres por cada porcentaje de asfalto. Este método se aplicará tanto al asfalto diluido como a la emulsión asfáltica con el objetivo de obtener la mezcla de asfalto más adecuada.

Procedimiento del ensayo:

- Se procede a calentar el asfalto diluido o la emulsión asfáltica hasta alcanzar una temperatura de 60°C, luego se determina el porcentaje adecuado y se mezcla con cada una de las muestras.
- Después de que la mezcla adquiere un color más oscuro, se preparan 2000 gramos de esta para llevar a cabo el ensayo de Rice.
- El sobrante se coloca dentro de un recipiente adecuado y se distribuye de manera uniforme en el equipo de ensayo.

#### **Figura 15**

*Preparación de las muestras en caliente*



*Nota.* En la figura se muestra la mezcla estabilizada del material granular de Juan Montalvo.

- Se coloca el molde y el collar en la base, el molde se asegura en el soporte rígido del pedestal de Marshall, se coloca un disco de papel filtro con las dimensiones del molde y se añade la muestra con asfalto diluido.
- Se realiza la compactación dentro del molde mediante 15 golpes alrededor y 10 en el centro utilizando la espátula.
- Las briquetas se acomodan y compactan en el martillo Marshall con una altura de caída libre de 475.2 mm, siguiendo un número de golpes establecido según el diseño.
- En este estudio, el material que se busca estabilizar para mejorar la subbase se someterá a 75 golpes en cada cara.
- Después de la compresión, se retira el recipiente del soporte del dispositivo de Marshall.

### **Figura 16**

*Compactación de las muestras*



*Nota.* En la figura se muestra la compactación del material granular de Juan Montalvo y con el Asfalto Diluido.

### **3.8. ENSAYOS DEL LABORATORIO DE ASFALTO CON LAS BRIQUETAS**

Posteriormente, tras el enfriamiento de las briquetas, se procedió a realizar los siguientes ensayos: la determinación del peso específico bulk y el ensayo Marshall, con el objetivo de evaluar la estabilidad y el flujo de las muestras.

#### **3.8.1. Peso Específico Bulk.**

Para calcular el peso específico bulk.

Pasos a seguir:

- Se empieza pesando la briketa en un estado de completa sequedad, anotando dicho peso como el peso en condiciones de aire.
- Luego, las briquetas se sumergen en un recipiente con agua durante un lapso de 5 minutos para obtener el peso saturado superficial. Una vez retiradas, se secan minuciosamente con una toalla.

#### **Figura 17**

*Realización de Gravedad Bulk*



*Nota.* En la figura se muestra el ensayo de gravedad Bulk

➤ Por último, colocamos la briqueta dentro de una canasta controlada por una cuerda para mantenerla suspendida en un recipiente con agua, evitando así que entre en contacto con el fondo. Esta medida asegura que no queden atrapadas burbujas de aire en la parte inferior al momento de ubicarla. El peso resultante se registra como el peso en agua.

### **Figura 18**

*Peso de briqueta en canastilla*



*Nota.* En la figura se muestra el peso de la briqueta.

Todos los datos obtenidos se utilizarán para calcular el peso bulk, que se logra dividiendo el peso en condiciones de aire por la diferencia entre el peso seco superficial y el peso sumergido en agua. Asimismo, se calculan las densidades, que representan el promedio de los pesos bulk. Para determinar el porcentaje de absorción de agua por volumen, se resta el peso seco superficialmente saturado del



peso en aire, y se divide este resultado por la diferencia entre el peso seco superficialmente saturado y el peso sumergido en agua.

### **3.8.2. Cálculo de Volumen y Espesor de Briquetas.**

Para calcular el volumen de las briquetas, se realiza una estimación teórica restando el peso sumergido en agua del peso seco cuando está saturado superficialmente. Esta aproximación se utiliza por su mayor precisión.

Para determinar el grosor de cada briqueta, se seleccionan cuatro puntos específicos: dos en los extremos superior e inferior, y dos en los laterales. Se realiza la medición de cada punto para calcular un promedio que permita elegir el valor más adecuado.

#### **Figura 19**

*Medición de Briquetas*



*Nota.* En la figura se muestra la realización de las medidas de las briquetas

### **3.8.3. Ensayo de Análisis de Vacíos.**

El Ensayo Rice para obtener información crucial para el diseño de la mezcla, evaluando cómo los porcentajes de vacíos totales podrían afectar directamente la

calidad de la combinación. Se seleccionó una muestra para cada nivel de contenido de asfalto. El resultado obtenido fue la gravedad específica máxima teórica.

Pasos a seguir:

- Se comenzó calentando la porción suelta de la briqueta para desintegrarse en partículas sueltas, cada una no excediendo los 6 mm de tamaño.
- Se dispuso la cantidad de muestra de 2000 gramos, la cual se ajusta al tamaño nominal específico de nuestro agregado.
- Se sigue añadiendo el agua al picnómetro con precaución, sellando después para registrar su peso como picnómetro más agua.
- Luego, se vacía nuevamente el picnómetro, se introduce la muestra y se añade agua con cuidado, asegurándose de cubrir completamente la muestra sin permitir la entrada de aire usando una regleta.
- El caucho circular se coloca en la tapa de vidrio y se asegura firmemente al picnómetro, que debe estar colocado en el dispositivo de vibración. Se conecta la tubería de la bomba de vacío para extraer el aire del material.
- Iniciamos la bomba y ponemos en marcha el dispositivo para que comience a vibrar durante 20 minutos. Para realizar correctamente este procedimiento, la bomba debe mantener una presión de -0.25 bar.

### **Figura 20**

*Agregando agua al Picnómetro*



*Nota.* En la figura se muestra el ensayo de Rice.

Al concluir la prueba, se registra el peso del picnómetro junto con la muestra y el agua añadida. Una vez se han recopilado todos los datos de los ensayos, se lleva a cabo el proceso de cálculo y se obtienen los resultados correspondientes.

#### **3.8.4. Ensayo de Estabilidad y flujo.**

Se determina la estabilidad para cada conjunto de briquetas, realizando pruebas con un conjunto de tres briquetas para cada porcentaje de asfalto diluido en condiciones secas. Posteriormente, después de siete días, se llevan a cabo pruebas con otras tres briquetas que han sido expuestas a saturación a temperatura ambiente, simbolizando la presencia de humedad. La medición del flujo se refiere al desplazamiento o deformación que experimentan las briquetas durante el ensayo de estabilidad bajo carga, expresado en incrementos de 0.25 mm (1/100 de pulgada).

Instrumentos por emplear: (i) Prensa Marshall mecánica con un anillo de carga de 27 KN (6000 lb); (ii) una Mordaza metálica para rotura de briquetas; (iii) un Medidor de deformación para determinar el flujo durante la prueba de estabilidad; (iv) Briquetas con diferentes porcentajes de asfalto diluido y emulsión asfáltica.

Pasos de la prueba:

- Verificar y asegurar el correcto funcionamiento del anillo de carga y el medidor de flujo.
- Limpiar la mordaza y lubricar las barras guías para un deslizamiento adecuado de la mordaza superior.
- Colocar la briqueta en el centro de la mordaza inferior, luego la mordaza superior, y ensamblar el conjunto en la prensa.
- Asegurarse de que el medidor de flujo marque cero al inicio.
- Verificar que el medidor de carga en la máquina también esté en cero.

- Aplicar La carga se aplica de manera uniforme sobre la briqueta a una velocidad constante de 50.8 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que ocurra la fractura, indicada por la aplicación de la carga máxima, registrada como estabilidad Marshall.
- Mantener el medidor de flujo en posición vertical durante la prueba de estabilidad. El valor de flujo, medido en centésimas de pulgada, se registra cuando la carga alcanza su punto máximo.

### **Figura 21**

*Equipos de Ensayo Marshall*



*Nota.* En la figura se muestra la mordaza y ruptura de la briqueta.

### 3.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 17**

*Cuadro de Operacionalización de Variables*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	
Dependiente	Propiedades mecánicas del suelo granular subbase	Los ensayos de laboratorio de suelo, nos ayuda en determinación de las características físicas y propiedades mecánicas del suelo están formados por compuestos naturales de subbase, es necesario conocer los parámetros que se encuentran en el MTOP. (Tejeda Piusseaut et al., 2020)	Parámetros de los ensayos de laboratorio de suelo, según los requerimientos del MTOP (403).	Comportamiento del suelo	Límites de Atterberg	%
				Resistencia del Suelo	Capacidad de soporte (CBR)	%
					Proctor modificado	Kg/cm <sup>3</sup>
				Clasificación del suelo	Abrasión de los Ángeles	%
Independiente	Dosificación óptima de la incidencia de la temperatura en la compactación de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica	Las emulsiones asfálticas se denomina material asfáltico líquido estable que constan de dos fases inmiscibles, donde la emulsión de fase continua consta de agua y un agente emulsionante y fase discreta para pequeños gránulos de cemento asfáltico. (Chi Cob, 2015)	Análisis comparativo de los resultados de las mezclas estabilizadas usando la norma AASHTO-93 y la norma NEVI-12.	Estabilización con asfalto diluido RC250 y emulsión asfáltica CSS-1H.	Estabilidad	%
					Flujo	%

# CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 4.1. RESULTADOS DE O.E.1: DISEÑO DE LA MEZCLA ESTABILIZADA, USANDO EL MATERIAL GRANULAR DE AGREGADO DE JUAN MONTALVO CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA

### 4.1.1. Resultados para Mezclas Estabilizadas con Asfalto Diluido.

La investigación sobre el desempeño de las mezclas estabilizadas con asfalto diluido comenzó con la elaboración de una mezcla asfáltica que incluyó una granulometría de subbase con un tamaño máximo nominal (TMN) de  $\frac{3}{4}$ ". Por lo tanto, basándonos en la granulometría del material empleados en este diseño, se determinó la siguiente proporción de dichos materiales.

**Tabla 18**

*Porcentaje de Agregados para la Mezcla Estabilizada*

<b>Mezcla Estabilizada</b>	
<b>Material</b>	<b>%</b>
Sub-Base	100%

*Nota.* Mezcla estabilizada con Asfalto Diluido

Se estableció un estándar de 1200 gramos para cada briqueta en la mezcla estabilizada, variando los contenidos de asfalto diluido entre el 3% y el 6%. Estas fueron sometidas a pruebas de gravedad, pesos, rice, estabilidad y flujo. Posteriormente, se llevaron a cabo cálculos mediante ecuaciones para obtener los resultados correspondientes, presentando con sus respectivas representaciones

gráficas para cada propiedad volumétrica asociada a la elaboración de mezclas estabilizadas calientes empleando el procedimiento de Marshall.

**Tabla 19**

*Resultados de Propiedades Volumétricas de Mezcla Estabilizada con Asfalto Diluido a 60°C.*

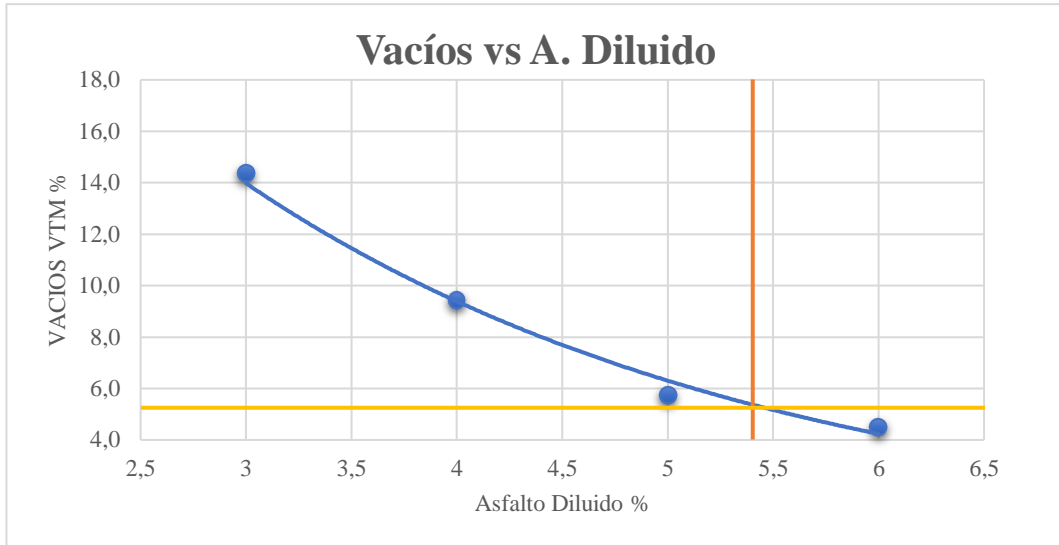
<b>% Asfalto</b>	<b>% Vacíos</b>	<b>% Vma</b>	<b>Flujo</b>	<b>Estabilidad</b>	<b>E/F (Kg/Mm)</b>
3	14,387	22,484	10	3921,8	701,83
4	9,427	20,598	10	4417,3	790,49
5	5,727	20,233	9	4465,6	847,26
6	4,505	20,979	9	4425,2	879,90

*Nota.* Se evidencia la variación de los resultados de las propiedades volumétricas de la mezcla estabilizada con asfalto diluido en función de los niveles de asfalto, que oscilan entre el 3% y el 6%.

Después de analizar las gráficas y los resultados individuales de cada propiedad evaluada, se determinó que un porcentaje del 5,4% de asfalto es óptimo para este diseño. Este porcentaje cumple con los rangos recomendados establecidos en la normativa NEVI 12 MTOP. Los gráficos siguientes exhiben los valores obtenidos para cada propiedad en función del porcentaje de asfalto óptimo seleccionado.

**Figura 22**

*Gráfica de Vacíos vs% de Asfalto Diluido*



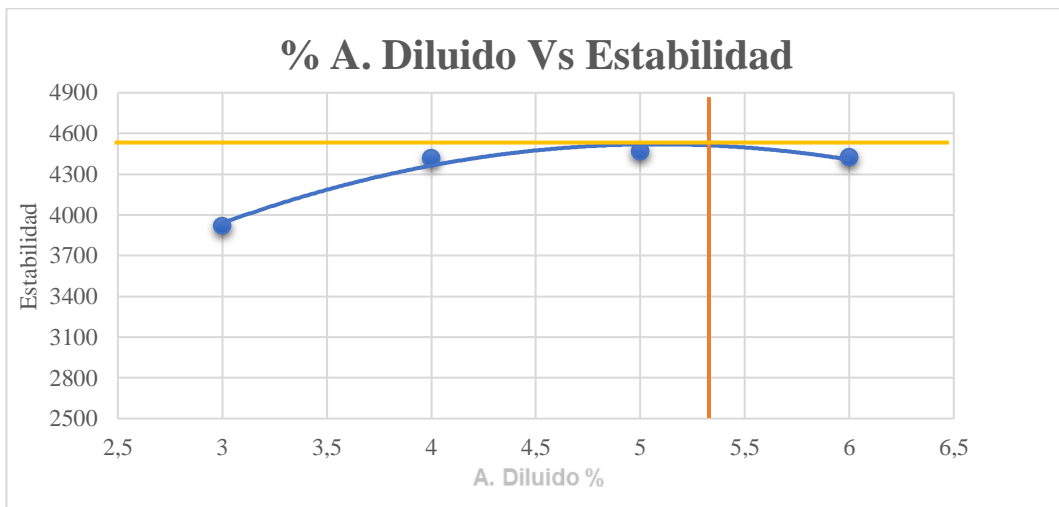
**VMA 5,238 %**

*Nota.* En la Gráfica se presentan los resultados de los porcentajes de vacíos en relación con los distintos niveles de asfalto evaluados en la mezcla estabilizada con asfalto diluido.

En la Figura 21, se muestra el asfalto diluido entre 3% al 6%, donde su óptimo es del 5.4% esto se registra un contenido de vacíos del 5,238%, una cifra que se encuentra dentro del intervalo es aceptable, según la normativa MTOP, que varía entre el 3% y el 5%.

**Figura 23**

*Gráfica de Asfalto Diluido vs Estabilidad*



**ESTABILIDAD 4449,425 Lb**

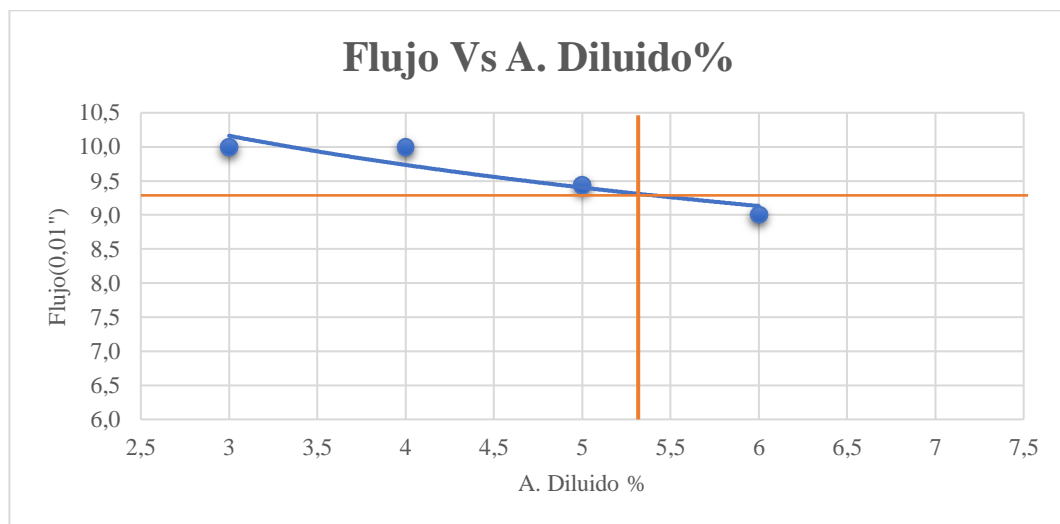


*Nota.* La gráfica presenta los resultados de estabilidad frente a los distintos porcentajes de asfalto analizados en la mezcla estabilizada con asfalto diluido.

En la Figura 23, al considerar un porcentaje de asfalto del 5,4%, se registra una estabilidad de 4449,425 libras, cumpliendo así con la normativa MTOP que establece un valor mínimo de 1800 libras.

**Figura 24**

*Gráfica de flujo vs A. Diluido %*



FLUJO 9,2592 %

*Nota.* La gráfica presenta los datos obtenidos en los flujos en relación con los diferentes porcentajes de asfalto analizados en la mezcla estabilizada con asfalto diluido.

En la Figura 24, se observa que el valor de flujo recomendado para el diseño de mezclas estabilizadas se sitúa entre 8 y 14 (equivalente a 0.01”) según lo especificado en la normativa NEVI-12 MTOP. Este se verifica alcanzando el valor de flujo de 9 para el porcentaje de asfalto óptimo de 5,4%.

#### 4.1.2. Resultados para Mezclas Estabilizadas con Emulsión Asfáltica.

El proceso de crear mezclas estabilizadas con emulsión asfáltica inició con la elaboración de una mezcla estabilizada que contenía granulometría de subbase de tamaño máximo nominal (TMN) de ¾".

**Tabla 20**

*Porcentaje de agregados para la mezcla estabilizada*

<b>Mezcla Estabilizada</b>	
<b>Material</b>	<b>%</b>
Sub-Base	100%

*Nota.* Mezcla estabilizada con Emulsión Asfáltica

Se estableció un patrón constante de 1200 gramos para cada briqueta dentro de la mezcla estabilizada, alterando los niveles de emulsión asfáltica desde el 4.5% hasta el 7.5%. Estas muestras fueron sometidas a una batería de pruebas que incluyeron mediciones de gravedad, pesos, ensayos RICE, estabilidad y fluidez. A continuación, se realizaron cálculos mediante fórmulas específicas para obtener los datos correspondientes, los cuales se presentaron acompañados de sus respectivas representaciones gráficas para cada propiedad volumétrica inherente a la elaboración de mezclas estabilizadas en frío y caliente empleando el procedimiento de Marshall.

**Tabla 21**

*Resultados de Propiedades Volumétricas de Mezcla Estabilizada con Emulsión Asfáltica a 26°C.*

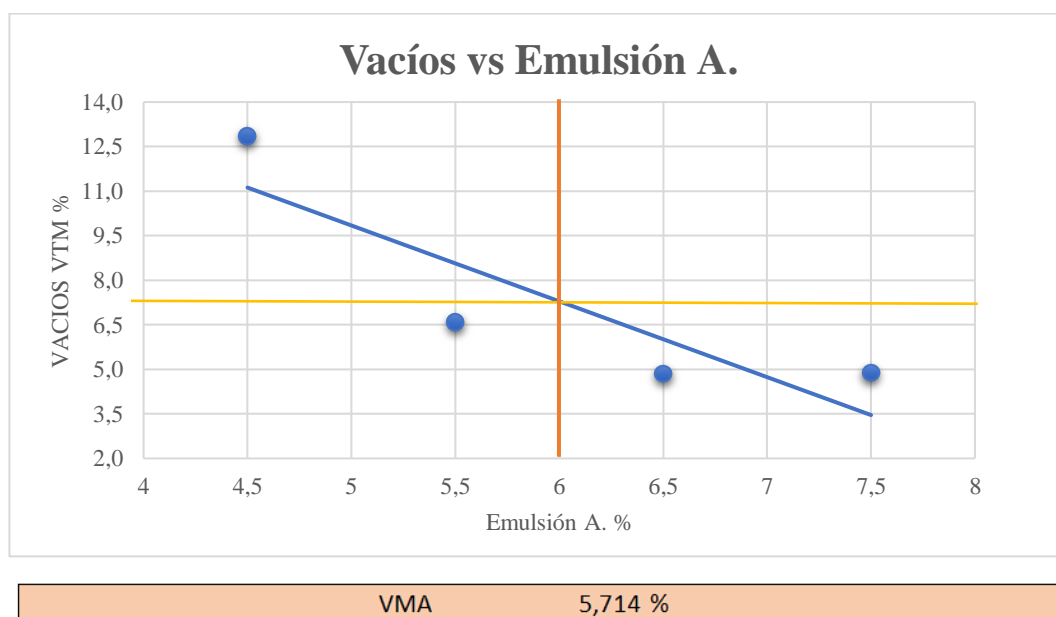
<b>% Asfalto</b>	<b>% Vacíos</b>	<b>% Vma</b>	<b>Flujo</b>	<b>Estabilidad</b>	<b>E/F (Kg/Mm)</b>
4.5	12,838	27,896	11	3048,6	495,97
5.5	6,569	24,964	9	4501,5	915,42
6.5	4,859	24,273	9	4087,6	812,78
7.5	4,897	25,500	10	3567,5	638,42

*Nota.* Se evidencia la variación de los resultados de las propiedades volumétricas de la mezcla estabilizada con emulsión asfáltica en función de los niveles de asfalto, que oscilan entre el 4,5% y el 7,5%.

Después de examinar detalladamente las gráficas y los resultados específicos de cada propiedad evaluada, se concluyó que un contenido del 6% de emulsión asfáltica es la opción óptima para este diseño. Este valor se encuentra dentro de los rangos recomendados según lo establecido en la normativa NEVI 12 MTOP. Los gráficos posteriores muestran los valores obtenidos para cada propiedad en relación con el porcentaje de asfalto óptimo seleccionado.

**Figura 25**

*Gráfica de Vacíos vs% de Emulsión Asfáltica*

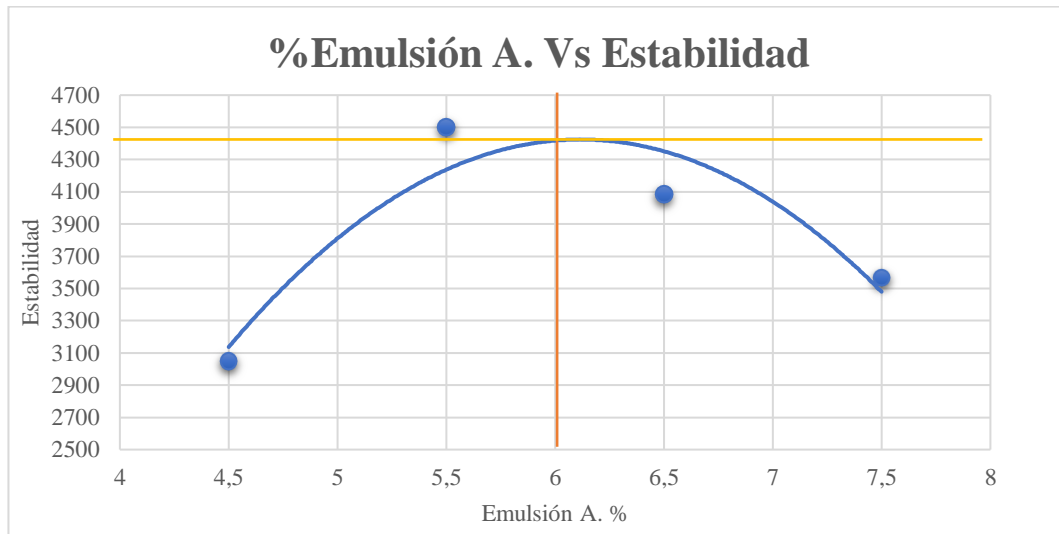


*Nota.* En la Gráfica se presentan los resultados de los porcentajes de vacíos en relación con los distintos niveles de asfalto evaluados en la mezcla estabilizada con emulsión asfáltica.

En la Figura 24, se muestra la emulsión asfáltica entre 4,5% al 7,5%, donde su óptimo es del 6% esto se registra un contenido de vacíos del 5,714%, una cifra que se encuentra dentro del intervalo es aceptable, según la normativa MTOP, que varía entre el 3% y el 5%.

**Figura 26**

*Gráfica de Emulsión Asfáltica vs Estabilidad*



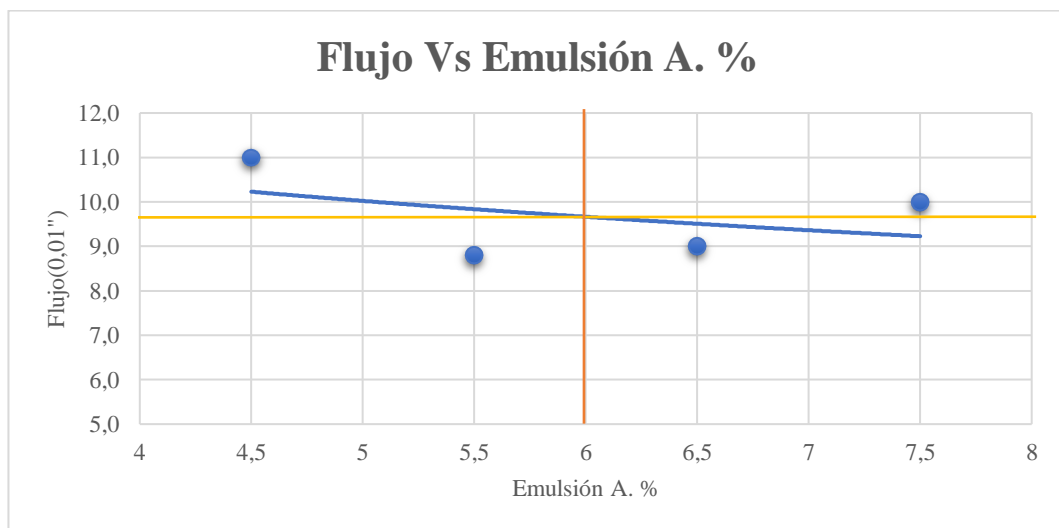
**ESTABILIDAD 4294,568 Lb**

*Nota.* La gráfica presenta los resultados de estabilidad frente a los distintos porcentajes de asfalto analizados en la mezcla estabilizada con emulsión asfáltica.

En la gráfica 25, al considerar un porcentaje óptimo de emulsión asfáltica del 6%, en el MTOP para mezclas frías su estabilidad es del 1800 Lb, en este caso registra una estabilidad de 4294,568 lb, se encuentra en el rango de la normativa.

**Figura 27**

*Gráfica de flujo vs Emulsión asfáltica %*



**FLUJO 9 %**

*Nota.* La gráfica presenta los datos obtenidos en los flujos con relación a los diferentes porcentajes de asfalto analizados en la mezcla estabilizada con emulsión asfáltica.

En la Figura 26, se aprecia que el rango de flujo indicado para la elaboración de mezclas estabilizadas oscila entre 8 y 14 (equivalente a 0.01’’), según lo estipulado en la regulación NEVI-12 del MTOP. Al obtener un valor de flujo del 9%, se confirma que está en concordancia con la normativa, utilizando un óptimo porcentaje de emulsión asfáltica del 6%.

## **4.2. RESULTADOS DE O.E.2: COMPARAR LAS MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA**

Para las combinaciones de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica como componente agregado la subbase. Se optó por incluir cantidades de 5,4% de asfalto diluido y 6% de emulsión asfáltica en el diseño de las mezclas estabilizada, asegurándose de que las fajas granulométricas del agregado cumplieran con los requisitos para el tamaño máximo nominal (TMN) de  $\frac{3}{4}$ ’’ establecidos en la normativa MTOP.

En altas temperaturas, tanto el asfalto diluido como la emulsión asfáltica pueden funcionar eficazmente sin alteraciones significativas en sus propiedades físicas y mecánicas. Sin embargo, el asfalto diluido muestra una mayor estabilidad en condiciones de aumento de temperatura en comparación con la emulsión asfáltica, que tiende a ser menos estable en esas mismas circunstancias.

En términos de estabilización de subbases, se ha confirmado que ajustar el porcentaje óptimo de asfalto diluido o emulsión asfáltica mejora las propiedades físicas y mecánicas para la construcción de capas de pavimento. Esta optimización permite obtener resultados superiores para mejorar pavimentos, evitando la necesidad de importar material pétreo desde zonas remotas, lo cual podría retrasar

la construcción. Estos procesos mejoran la subbase del pavimento, ofreciendo resultados similares o incluso mejores que los estimados al utilizar materiales importados que podrían no cumplir con los estándares requeridos.

En cuanto a la compactación de las mezclas, se observan porcentajes menores de vacíos con el asfalto diluido en comparación con la emulsión asfáltica. Esto demuestra una integración más completa y eficiente de la mezcla con el asfalto diluido, a pesar de la maleabilidad que ofrece la emulsión asfáltica. Se logró alcanzar un punto de homogeneidad superior con el asfalto diluido en este aspecto. Resultados para la comparación de la incidencia de temperatura con mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica. Los resultados obtenidos en la incidencia de la temperatura en las mezclas estabilizadas mostraron variaciones significativas a 26°C, 40°, 60°C y 80°C, como se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 22**

*Mezcla Estabilizada con Asfalto Diluido*

<b>Mezcla Estabilizada con Asfalto Diluido</b>					
<b>Propiedades</b>	<b>Especificaciones NEVI-12</b>		<b>Óptimo 5,4%</b>		
	<b>mín</b>	<b>máx</b>	<b>40°C</b>	<b>60°C</b>	<b>80°C</b>
Estabilidad Lb	1800	-	3366,969	4577,360	5603,126
Flujo, 0,25 mm	5	14	10	9	8
vacíos de Aire, %	3	5	4,979	4,807	4,075

*Nota.* En tabla se muestra la Norma NEVI 12, comparando los resultados obtenidos en la mezcla estabilizada con Asfalto Diluido de 40°C, 60°C y 80°C.

**Tabla 23***Mezcla Estabilizada con Emulsión Asfáltica.*

<b>Mezcla Estabilizada con Emulsión Asfáltica</b>						
<b>Propiedades</b>	<b>Especificaciones NEVI-12</b>		<b>Óptimo 6%</b>			
	<b>mín</b>	<b>máx</b>	<b>26°C</b>	<b>40°C</b>	<b>60°C</b>	<b>80°C</b>
Estabilidad Lb	1800	-	3420,837	3454,574	4487,396	4553,854
Flujo, 0,25 mm	5	14	10	10	9	8
vacíos de Aire, %	3	5	5,429	4,642	4,567	4,355

*Nota.* En tabla se muestra la Norma NEVI 12, comparando los resultados obtenidos en la mezcla estabilizada con Emulsión Asfáltica de 26°C, 40°C, 60°C y 80°C.

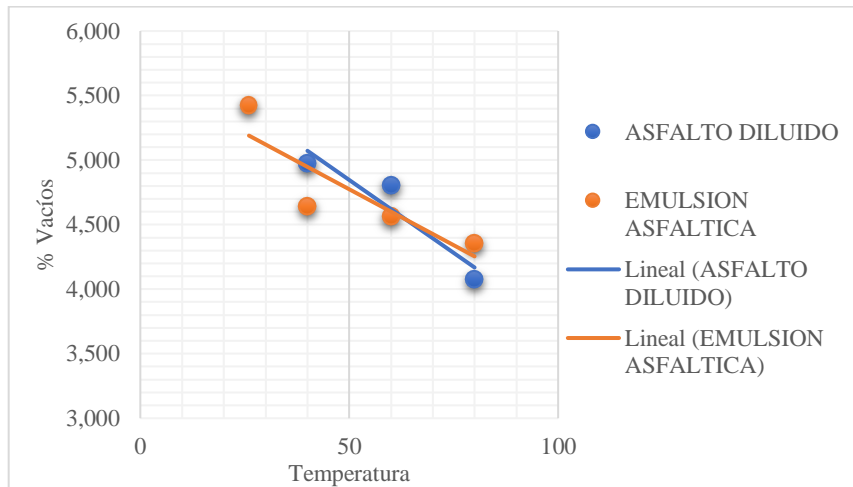
**Tabla 24***Incidencia de Temperatura de Mezclas Estabilizadas*

<b>Mezclas Estabilizadas</b>							
<b>Propiedades</b>	<b>Asfalto Diluido</b>			<b>Emulsión Asfáltica</b>			
	<b>Óptimo 5,4%</b>			<b>Óptimo 6%</b>			
Temperatura	40°C	60°C	80°C	26°C	40°C	60°C	80°C
Estabilidad Lb	3366,97	4577,36	5603,13	3420,84	3454,57	4487,40	4553,85
Flujo, 0,25 mm	10	9	8	10	10	9	8
vacíos de Aire, %	4,979	4,807	4,075	5,429	4,642	4,567	4,355

*Nota.* En tabla se muestra la incidencia de temperatura entre Asfalto Diluido y Emulsión Asfáltica.

**Figura 28**

*Gráfica de Resultados Vacíos vs Temperatura*



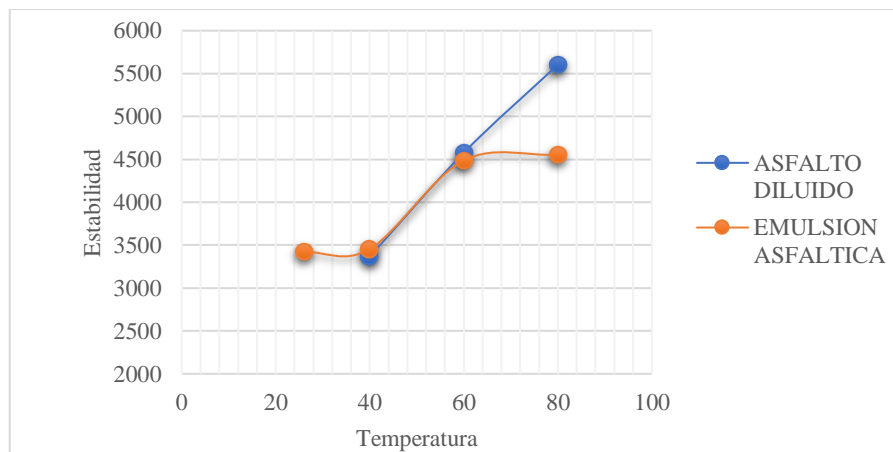
**INCIDENCIA DE TEMPERATURA CON % DE VACÍOS**

*Nota.* Gráfica se muestra la incidencia de temperatura de los valores de Vacíos evaluando el contenido de Asfalto Diluido y Emulsión Asfáltica

Según los datos presentados en la tabla 22 y la figura 27, se aprecia una reducción en el porcentaje de espacios vacíos a medida que aumenta la temperatura. Esta tendencia se observa en la mezcla estabilizada con asfalto diluido y emulsión asfáltica con 5,4% y 6%. Este fenómeno se explica por el cierre progresivo de los espacios de aire atrapados en las mezclas estabilizadas a medida que se incrementa la temperatura.

**Figura 29**

*Gráfica de resultados Estabilidad Marshall vs Temperatura*



**INCIDENCIA DE TEMPERATURA / ESTABILIDAD**

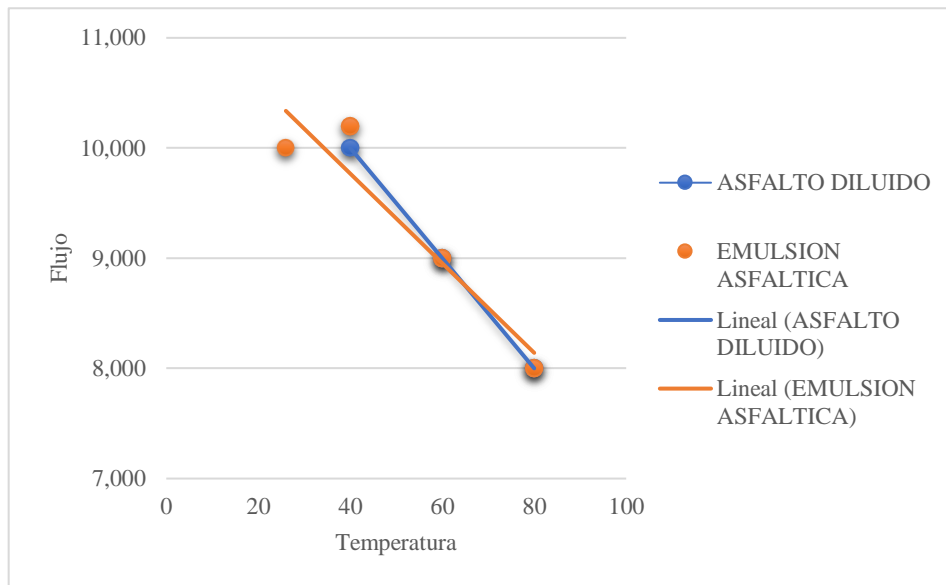


*Nota.* Grafica se muestra la incidencia de temperatura de los valores de estabilidad Marshall evaluando el contenido de asfalto diluido y emulsión asfáltica.

La Figura 28, se evidencia que a medida que se incrementa la temperatura en las mezclas asfálticas estabilizadas, las resistencias aumentan para cada nivel de temperatura. Esto implica que las mezclas estabilizadas adquieren una mayor resistencia.

**Figura 30**

*Grafica de Flujo vs Temperatura*



**INCIDENCIA DE TEMPERATURA / FLUJO**

*Nota.* Al observar los valores de flujo, que indican la deformación en la mezcla estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica.

En la figura 29, se muestra que, para cada nivel de temperatura, existe una tendencia de disminución de los flujos a medida que la temperatura aumenta. En lo que respecta a la comparación entre las mezclas estabilizadas, se evidencia que a medida que se incrementa la temperatura, la deformación tiende a reducirse.

### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos permiten confirmar que la hipótesis planteada sobre la estabilización de los agregados pétreos para una subbase mediante el uso de asfalto diluido y emulsión asfáltica proporciona un análisis detallado del comportamiento térmico en diferentes condiciones, tanto a altas temperaturas como en ambiente regular. Para asegurar la precisión en la evaluación de nuestro estudio, es esencial replicar de manera exacta las condiciones al realizar las pruebas de temperatura con la mezcla de agregado estabilizado para la subbase.

El análisis detallado del asfalto diluido reveló mejoras notables en la estabilidad, particularmente notables con el aumento de la temperatura, lo que se tradujo en una disminución significativa del flujo. Además, se evidenció que el asfalto diluido exhibe una mayor resistencia ante temperaturas superiores al promedio, incluso alcanzando los 80 °C. Estos descubrimientos se fundamentan en pruebas específicas, principalmente el ensayo Marshall, el cual permitió identificar un contenido de asfalto óptimo en la mezcla, situado en un 5,4%.

El análisis de la emulsión asfáltica reveló mejoras marginales en la estabilidad a medida que la temperatura aumentaba, manteniendo un flujo constante y reducido. Este estudio destacó que un porcentaje óptimo de 6% de emulsión asfáltica fue identificado mediante el ensayo Marshall. A pesar de no registrar un incremento significativo en la estabilidad con el aumento de la temperatura ni un comportamiento impredecible, se observó que este tipo de emulsión puede desempeñarse eficazmente en entornos más cálidos y desafiantes debido a su sólida resistencia a altas temperaturas.

De esta manera, se confirma que, si bien la emulsión asfáltica puede brindar una notable resistencia incluso a elevadas temperaturas para estabilizar una subbase, el asfalto diluido puede proporcionar una estabilidad aún mayor. Los datos recolectados revelan una reducción en los espacios vacíos debido a una integración más precisa del asfalto diluido con la temperatura dentro de la mezcla de agregados.

Esto conlleva a una disminución en los vacíos, ya que el proceso con el asfalto diluido logra una combinación más homogénea y exacta. A pesar de que la emulsión asfáltica sigue un proceso similar al integrarse con los agregados, sus niveles de vacíos permanecen más altos en comparación con el asfalto diluido.

Los resultados obtenidos en la “EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO”, Se señala un avance sustancial en la estabilización de subbases, lo cual repercute positivamente en la calidad de los pavimentos. Este énfasis en el avance y perfeccionamiento de materiales similares a través de investigaciones afines podría tener un papel fundamental en la obtención de materiales con una vida útil más extensa, potencialmente superando los estándares específicos. Esta situación podría resultar en pavimentos de mayor resistencia y durabilidad, lo que no solo garantizaría una mejor protección de las superficies, sino que también podría conllevar a la reducción de los costos asociados a la construcción.

# **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

Al concluir este trabajo de investigación, los ensayos realizados permiten determinar la influencia de la temperatura en la comparación de briquetas para su estabilización. Esto posibilita la evaluación comparativa del comportamiento tanto del asfalto diluido como de la emulsión asfáltica en diferentes porcentajes, como 3%, 4%, 5% 6% para el asfalto diluido RC250, y 4.5%, 5.5%, 6.5% y 7.5% para la emulsión asfáltica CSS-1h. Basándonos en los resultados de estabilidad y flujo, se logró identificar un porcentaje óptimo de 5.4% para el asfalto diluido y 6% para la emulsión asfáltica en sus respectivas mezclas. Cada ensayo se llevó a cabo con la premisa de analizar el tipo de material pétreo que se iba a estabilizar, utilizando muestras extraídas específicamente de la cantera Juan Montalvo para el material de subbase. Este material extraído se clasifica como A-2-4, correspondiente a grava y arena con contenido limoso o arcilloso.

Se ha comprobado que las suposiciones vinculadas al diseño de mezclas estabilizadas con asfalto diluido y emulsión asfáltica afectan las propiedades físico-mecánicas. Al incrementar las temperaturas en los rangos definidos previamente, se ha observado un comportamiento positivo. El asfalto diluido, al ser expuesto a 40 °C, exhibió una estabilidad de 3366,96 lb. Este nivel de estabilidad aumentó a 4577,36 lb a 60 °C y se elevó a 5603,12 lb a 80 °C. Por otro lado, en el caso de la Emulsión Asfáltica, se notó que a temperatura ambiente (26 °C), la estabilidad fue de 3420,83 lb. Este valor se incrementó a 3454,57 lb a 40 °C, y a 60 °C y 80 °C, se registraron 4487,39 lb y 4553,85 lb respectivamente. Estos datos demuestran que la manipulación de esta clase de emulsiones puede resistir variados niveles de temperatura, incluso logrando mejoras que resultan en una resistencia ligeramente superior en comparación con el asfalto diluido empleado.

Durante la realización de los ensayos para evaluar la efectividad de las emulsiones asfálticas y el asfalto diluido en la mejora del material de subbase, se confirmó su potencial beneficioso en el ámbito de la construcción. Su utilización junto con material granular de diseño óptimo conlleva a una mayor estabilidad y resistencia, lo que puede tener un impacto positivo en la optimización de los costos asociados a este tipo de construcciones. Es crucial resaltar que el traslado de material pétreo desde canteras que cumplan con las especificaciones requeridas para la construcción puede resultar costoso debido a los gastos de importación.

En este contexto, el análisis comparativo del comportamiento de las características físico-mecánicas ha validado la adecuación del diseño óptimo propuesto de acuerdo con las suposiciones iniciales. Este hallazgo se refleja en una mejora significativa respaldada por los datos recolectados en el transcurso de la investigación científica, durante un proceso experimental que involucra pruebas repetidas y ajustes.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Es crucial que los materiales pétreos cumplan con los estándares requeridos para la elaboración de mezclas asfálticas, ya sea en caliente o en frío, de acuerdo con las normativas NEVI-12 MTOP. La temperatura a la que deben llegar el agregado, así como el asfalto diluido y la emulsión asfáltica, resulta crítica y debe mantenerse dentro de los rangos especificados en las regulaciones pertinentes, dado su impacto significativo en la combinación de materiales y su comportamiento subsiguiente.

En relación con la compactación de las mezclas asfálticas, es recomendable seguir el número específico de golpes según lo indicado en la normativa NEI-12, el cual está establecido en 75 golpes. La utilización del martillo debe ejecutarse de manera efectiva en un tiempo máximo de 90 segundos en cada área de superficie.

Es fundamental que el equipo de laboratorio esté debidamente calibrado al momento de su utilización para asegurar su funcionamiento óptimo. Esto es crucial para evitar resultados inadecuados que podrían impactar negativamente en la evaluación del comportamiento de las mezclas asfálticas.

En el empleo de material extraído de la cantera, es crucial verificar que el material cumpla con los estándares comúnmente aceptados para su uso en la construcción de subbases. La utilización de asfalto diluido resultó en una significativa disminución del porcentaje de aire en la mezcla estabilizada, lo que puede conducir a una práctica casi impermeable. Esta característica beneficia la resistencia contra la humedad en entornos con altos niveles de humedad.

Cuando se utilizan emulsiones asfálticas, resulta fundamental considerar el contenido de agua presente en ellas. A diferencia del asfalto diluido, la evaporación del agua en las emulsiones es más prolongada, lo que demanda un período adicional para lograr una estabilidad óptima sin la presencia de residuos de agua que puedan afectar las propiedades deseadas del asfalto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCIVAR, A. (2020). Métodos para determinar granulometría de los suelos. *Universidad Técnica de Manabí, August*.
- Aliaga Rezza Fredy Richard y Soriano Ochoa Carlos Enrique. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO PORTLAND Y EMULSION ASFALTICA EN BASES GRANULARES* [UNIVERSIDAD RICARDO PALMA].
- [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2673/CIV\\_T03\\_0\\_46287837\\_T%20%20%20ALIAGA%20REZZA%20FREDY%20RICARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2673/CIV_T03_0_46287837_T%20%20%20ALIAGA%20REZZA%20FREDY%20RICARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Atala Abad César Augusto. (2011). *Estudio experimental sobre correlaciones en suelos granulares finos (arenas) compactados, usando equipos de penetración* [ Universidad Nacional de Ingeniería.].
- <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2342670>
- Chávez Avilés, C. M. & E. C. J. O. & I. T. V. H. (2018). *MODELACIÓN MULTICAPA ELÁSTICA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL SALVADOR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SOFTWARE* [UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR].
- <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/17629/1/Modelaci%C3%B3n%20multicapa%20el%C3%A1stica%20de%20pavimentos%20flexibles%20en%20El%20Salvador%20mediante%20la%20aplicaci%C3%B3n%20de%20Software.pdf>
- Chi Cob, M. D. y T. S. J. B. (2015). Análisis de las propiedades físicas y eléctricas en compuestos a base de emulsiones asfálticas con elastómeros y partículas conductoras. *Ingeniería, 9*, 157–167.
- <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750926003.pdf>
- Chirinos Ñañez, E., Rodriguez Lafitte, E., & Muñoz Perez, S. (2021). MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA MEJORAR EL CBR CON FINES DE PAVIMENTACIÓN: UNA REVISIÓN LITERARIA. *Sociedad Colombiana de La Ciencia Del Suelo, 1*.
- De la torre. (2018). Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento Portland par el proyecto de Conservación vial Puno Tacana tramo Tarata - Capazo - Mazocruz. *Universidad San Ignacion de Loyola*.
- Diaz-Bazo, C. (2018). Los criterios y estrategias de calidad: lo invisible en la publicación de las investigaciones cualitativas. *Investigación Cualitativa En Educación, 1*.
- Divas Hidalgo Estuardo Alberto. (2018). Estabilización de suelos con emulsión asfáltica para el empleo en subbases y bases. *Universidad de San Carlos de Guatemala, 2(1)*.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/9116/1/Estuardo%20Alberto%20Divas%20Hidalgo.pdf>

Fontalvo, O., Medrano, B., & Nadad, F. (2006). ESTABILIZACION CON CAL DEL SUELO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA PARA SER UTILIZADO COMO BASE. In *Global Shadows: Africa in the Neoliberal World Order*.

Ganchozo Bravo Diana Carolina y Rodríguez de la Cruz Lisbeth Katherine. (2022). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INCORPORANDO CEMENTO COMO FILLER, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE MARSHALL* [UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA].

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8442/1/UPSE-TIC-2022-0024.pdf>

Gutiérrez Rodríguez, W. Á. (2023). Análisis comparativo de las técnicas de laboratorio para determinar los límites de Atterberg en suelos de la ciudad de Oruro – Bolivia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 7289–7312. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7475](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7475)

Ing. Silene Minaya Gonzalez & Abel Ordóñez Huaman. (2001). *MANUAL DE LABORATORIO ENSAYOS PARA PAVIMENTOS* (Vol. 1). UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.

Liu, X., Wu, S., Ye, Q., Qiu, J., & Li, B. (2008). Properties evaluation of asphalt-based composites with graphite and mine powders. *Construction and Building Materials*, 22(3). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.10.004>

Loyza Esmir Surita Gil y Rosa Isela Fernández Huamán. (2022). *Evaluación comparativa del aporte estructural de capa base granular estabilizada con cemento portland tipo I y emulsión asfáltica catiónica, para pavimentos asfálticos en vías urbanas del conjunto habitacional Micaela Bastidas-Piura* [UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN].

[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/5839/Loyza\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/5839/Loyza_Tesis_Licenciatura_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Maila Paucar Manuel Elías. (2013). *COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA)*. <https://core.ac.uk/download/pdf/71898835.pdf>

Maldonado Hidrobo, J. G. & P. C. J. F. (2022). *COMPARACIÓN ENTRE PARÁMETROS MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, OBTENIDOS SOBRE MUESTRAS TALADRADAS Y BRIQUETAS COMPACTADAS EN SITIO* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21562/1/UPS%20-%20TTS577.pdf>

Mayta Mendoza, M. E. (2018). *Efecto del % finos de la grava y la temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en la profundidad de penetración de la*



*imprimación en bases granuladas de pavimentos flexibles Huancayo 2017* [Institucional Continental].

file:///C:/Users/user/Downloads/IV\_FIN\_105\_TE\_Mayta\_Mendoza\_2018%20(2).pdf

Montejo Fonseca, A. (1999). Ingeniería de pavimentos para carreteras. In *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* (Vol. 7, Issue 1).

MSc. M. Isabel Zambrano Mesa; Dr. Eduardo Tejeda Piusseaut, Dra. A. A. A. (2022). Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos. *Infraestructura Vial*, 22. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2215-37052020000100029](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052020000100029)

Nivela, M., Morales, E., & Rivero, V. (2020). Construcción del conocimiento tecnológico con la metodología Holística. *Dominio de Las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 6, N°. Extra-3, 2020 (Ejemplar Dedicado a: Especial: Junio 2020), Pág. 34, 6(3)*.

Orozco Alvarado, J. C., & Díaz Pérez, A. A. (2018). ¿Cómo redactar los antecedentes de una investigación cualitativa? *Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas*, 1(2). <https://doi.org/10.30698/recsp.v1i2.13>

Pari Jiménez, S. D., & Chipana Jiménez, L. M. (2021). Diseño de pavimento flexible por método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo Río Seco – límite Calana, distrito de Pocollay, Tacna – 2019 [Universidad Privada de Tacna]. In *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2093>

Polanía Reyes, C. L. C. O. F. A. C. G. G. I. V. I. A. C. S. O. A. A. V. W. I. (2020). *Metodología de investigación Cuantitativa & Cualitativa* [Institución Universitaria Antonio José Camacho].

<https://repositorio.uniajc.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/id/34c0c38b-062a-4f52-aab8-346999b993c5/LIBRO%20METODOLOGI%CC%81A%20DE%20INVESTIGACIO%CC%81N%20CUALITATIVA%20Y%20CUANTITATIVA.pdf>

Quintero Serrato G. y Bohórquez Soler, E. A. (2021). *Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico PET por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones INVIAS* [Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/25824>

Ramírez Alejandro Ángel Leonel y Rojas Chele Elsy Yelena. (2023). *ANÁLISIS ESTRUCTURAL ENTRE: PAVIMENTO FLEXIBLE CONVENCIONAL, GEOMALLA BIAXIAL Y MATERIAL GRANULAR ESTABILIZADO CON ASFALTO, PARA MEJORAR COMPORTAMIENTO MECÁNICO, EN PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN Y PROVINCIA DE SANTA ELENA* [UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA].

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10035/1/UPSE-TIC-2023-0025.pdf>

Rebeca Estefanía Castro Valle & Adilson Joel Manzaba Terán. (2022). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIALES ESTABILIZADOS CON EL SISTEMA CONSOLID*” [UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8431>

Rodríguez Talavera; Castaño Meneses; Martínez Madrid. (2001). *Emisiones Asfálticas* (23rd ed.).

<https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/documentotecnico/dt23.pdf>

Ronald Mercado, C. B. y J. A. (2008). *Emulsiones Asfálticas (Uso - Rompimiento)* [UNIVERSIDAD DE LOS ANDES]. <https://es.firp-ula.org/wp-content/uploads/2019/06/S365A.pdf>

Rondón-Quintana, H. A., Urazán-Bonells, C. F., & Chaves-Pabón, S. B. (2015). Influencia de la temperatura de compactación sobre la resistencia de un material granular estabilizado con asfalto en caliente tipo MGEA\_A. *TecnoLógicas*, 18(34). <https://doi.org/10.22430/22565337.218>

Salazar Millanes Carlos Ramón. (1999). *Emulsiones y asfaltos*. Universidad de Sonora.

Tejeda Piusseaut, E., Zambrano Mesa, M. I., & Alonso Aaenlle, A. (2020). Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos. *Infraestructura Vial*, 22(39). <https://doi.org/10.15517/iv.v22i39.41574>

Yucely Alborno. (2014). *ASFALTOS LÍQUIDOS (CUTBACKS)*. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

Zambrano Meza, M. I., & Tejeda Piusseaut, E. (2019). Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(3).

Zambrano Vera César Antonio y Zavala Guanoluisa Danny Erwin. (2019). *ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EN LA VÍA LIBERTADOR BOLÍVAR-SITIO NUEVO DE LONGITUD 5 KM, DEL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA* [UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA]. file:///C:/Users/user/Downloads/UPSE-TIC-2019-0003.pdf

# **ANEXOS**

## **ANEXOS I**

### **REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO.**



REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 1. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Metodología: NORMA AASHTO T-87-70, T-88-70; ASTM D 421 – 58, D 422 – 63





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 2. ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Metodología: NORMA ASTM DM 23-66; AASHTO T-89-68; ASTM D424-59; AASHTO T-90-56





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 3. CONTENIDO DE HUMEDAD

Metodología: NORMA ASTM 2216 - 71





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 4. GRAVEDAD ESPECÍFICA

Metodología: NORMA ASTM D854-14





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 5. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Metodología: NORMA ASTM D-698-91; D 1557-91; AASHTO T-180-93; T-99-94







REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 6. ENSAYO CBR

Metodologia: NORMA ASTM D-1883-73; AASHTO T-193-63





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 7. ABRASIÓN MEDIANTE MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

Metodología: NORMA ASTM C 535





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 8. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Metodología: NORMA NEVI -12





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 9. ESTABILIDAD Y FLUJO

Metodología: NORMA NEVI -12





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO	
Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 10. GRAVEDAD BULK
Metodología: NORMA NEVI -12





REPORTE FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Trabajo de integración curricular	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSION ASFALTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
Autores:	BURGOS ESTACIO JAIR ALEXANDER PEZO ALMENDARIS MELANY NICOLE
Tutor:	ING. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE, MSc.

ANEXO 11. ENSAYO RICE

Metodología: NORMA NEVI -12



## **ANEXO II**

### **ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO

**TUTOR:** ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE      **TESISTAS:** MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO

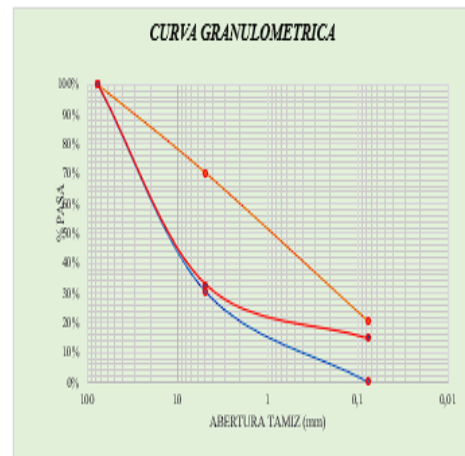
**PROYECTO:** ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SUBBASE      **UBICACIÓN:** CANTERA JUAN MONTALVO

**GRANULOMETRÍA**

MUESTRA	M1
Peso hum. + recip.	832
Peso seco + recip.	826
Humedad	6
Recipiente	B = 95 gr
Retenido tamiz N° 4	3,54
Retenido tamiz N° 10	1,22
Retenido tamiz N° 40	5,36
Retenido tamiz N° 200	136,5
Peso seco después la	219,85

CONTENIDO DE HUMEDAD	
MUESTRA	M1
N° de recipiente	A
Peso de recipiente [gr] (W <sub>r</sub> )	95,00
Peso de rec. + Peso de suelo hum. [gr] (W <sub>1</sub> )	832,00
Peso de rec. + Peso de suelo seco. [gr] (W <sub>2</sub> )	826,00
Peso de agua [gr] (W <sub>w</sub> = W <sub>1</sub> - W <sub>2</sub> )	6,00
Peso de suelo seco [gr] (W <sub>s</sub> = W <sub>2</sub> - W <sub>r</sub> )	731,00
Contenido de humedad [%] $w = (W_w/W_s) * 100$	0,82

SERIE GRUESA					
Tamiz N°	mm	Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa
			Total %	Acumulado %	
3"	75	419	5,38	5,38	100
2	50	205,83	9,06	9,06	100
1 1/2"	38,1	469,3	6,02	6,02	100
1"	25	1726	22,15	28,17	71,83
3/4"	19	830,4	10,65	38,82	61,18
1/2"	12,5	1468,87	18,85	57,67	42,33
N° 4	4,75	775	9,94	67,61	32,39
N° 8	2,36	1199	15,38	82,99	17,01
N° 10	2	84,97	1,09	84,08	15,92
N° 16	1,18	0	0,00	84,08	15,92
N° 40	0,425	72,03	0,92	85,01	14,99
N° 100	0,15	0	0,00	85,01	14,99
N° 200	0,075	4157	0,53	85,54	14,46
FINCADO		198	0,03	85,57	14,43
Peso Total gr		7793,95			



Distribución del Tamaño de las Partículas (%)			
	Pedrón Rodado (> 12")		100,0
	Canto Rodado (12"-3")		100,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	38,8	67,61
	Fina (3/4"-N°4)	28,8	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	16,5	
	Media (N°10-N°40)	0,9	17,93
	Fina (N°40-N°200)	0,5	
	Finos (> N°200)		14,43

CLASIFICACION AASHTO		IG
A-2-4	Grava y arena limosa o arcilla	(0)

**MATERIAL DE SUBBASE CLASE 3**

Condiciones de Filtro	
D15 0,6	Cu 26,25
D30 5,937	
D60 15,75	Cc 3,73
	Cu > 4 ok
	1 > Cc > 3 No Cumple

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	
GP-GM	Grava Mal Graduada con Limo y Arena

ANALIZADO Y CALCULADO POR:  
 Melany Pezo ; Jair Burgos

REVISADO POR:  
 ING. Daniel Campoverde





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO



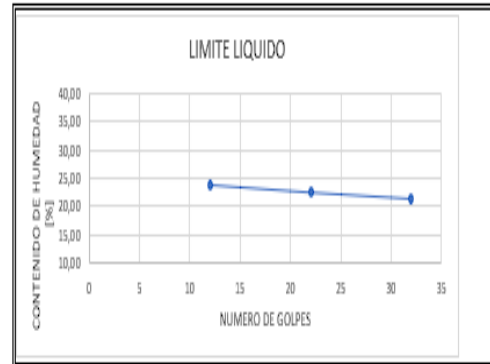
**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO

**TUTOR:** ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE **TESISTAS:** MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO

**PROYECTO:** ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO **UBICACIÓN:** CANTERA JUAN MONTALVO

ESTRATO 1	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	1	2	3	4	1	2	2	3
N Ensayos	1	2	3	4	1	2	2	3
N de recipiente	k1	f	R	R	W5	1	X1	P2
Peso de recipiente (gr) (W <sub>1</sub> )	16,93	17,09	17,12	16,55	9,71	9,20	9,20	9,22
Peso de rec. + Peso de suelo hum. (gr) (W <sub>1</sub> )	37,61	42,33	39,67	38,28	12,08	12,55	12,79	12,61
Peso de rec. + Peso de suelo seco. (gr) (W <sub>2</sub> )	33,64	37,70	35,70	34,30	11,76	12,10	12,31	12,16
Peso de agua (gr) (W <sub>w</sub> = W <sub>1</sub> - W <sub>2</sub> )	3,97	4,63	3,97	3,98	0,32	0,45	0,48	0,45
Peso de suelo seco (gr) (W <sub>s</sub> = W <sub>2</sub> - W <sub>h</sub> )	16,71	20,61	18,58	17,75	2,05	2,90	3,11	2,94
Contenido de humedad w = (W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub> )*100	23,76	22,46	21,37	22,42	15,61	15,52	15,43	15,31
N de golpes	12	22	32	40	15,47			

ORDEN	NUMERO DE GOLPES	CONTENIDO DE HUMEDAD
	Log N	W (%)
	(X)	(Y)
1	1,079	23,758
2	1,342	22,464
3	1,505	21,367
4	1,602	22,423
TOTAL	5,529	90,012
S <sub>x2</sub>	7,799	2028,394
S <sub>(xy)</sub>	123,878	
A	27,227	
B	-3,418	



NUMERO DE GOLPES	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
12	23,76
22	22,46
32	21,37
40	21,75

LIMITE DE CONSISTENCIA	
LIMITE LIQUIDO (LL)=	21,75
LIMITE PLASTICO (LP)=	15,47
INDICE DE PLASTICIDAD (IP)=	6,28

**ANALIZADO Y CALCULADO POR:** Melany Pezo ; Jair Burgos  
**REVISADO POR:** ING. Daniel Campoverde



**UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO**



<b>PROYECTO:</b>	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
------------------	---

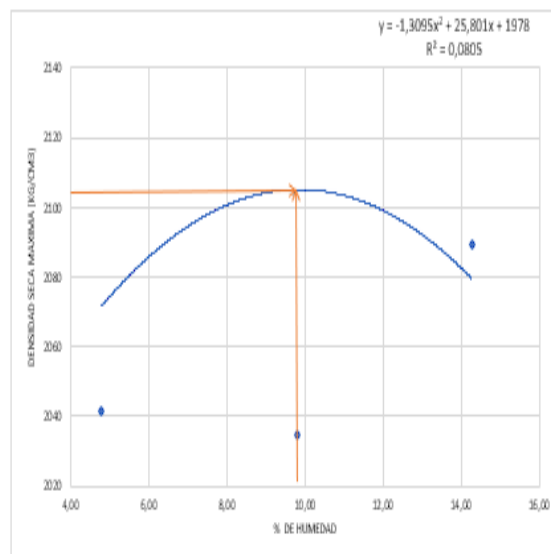
<b>TUTOR:</b> ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE	<b>TESISTAS:</b> MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO
---	---

<b>PROYECTO:</b>	ENSAYO PROCTOR DE METARIAL SUBBASE	<b>UBICACIÓN:</b>	CANTERA JUAN MONTALVO
------------------	------------------------------------	-------------------	-----------------------

MASA DEL CILINDRO (P7)	5325
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2076,53
MASA DEL MARTILLO (kg)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Proctor modificado Método C
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C; Porcion que pasa en la malla No 34. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg)

PUNTO #	DATOS DEL ENSAYO									
	1		2		3		4		5	
MATERIAL PARA ENSAYO	GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	GRUESO	FINO
RECIPIENTE N	---	R	---	Y	---	HD	---	F	---	41
Masa de recipiente + muestra humeda (P1)	---	98,48	---	91,45	---	79,00	---	103,61	---	111,25
Masa de recipiente + muestra seca (P2)	---	94,77	---	84,82	---	75,11	---	96,35	---	99,40
Masa de agua (P3 = P1 - P2)	---	3,71	---	6,63	---	3,89	---	7,26	---	11,85
Masa de recipiente (P4)	---	17,21	---	17,12	---	16,53	---	17,01	---	16,42
Masa de muestra seca (P5 = P2 - P4)	---	77,56	---	67,70	---	58,58	---	79,34	---	82,98
% de humedad (W = P3 x 100 / P5)	---	4,78	---	9,79	---	6,64	---	9,15	---	14,28
% de humedad promedio		4,78		9,79		6,64		9,15		14,28
% de humedad añadido al suelo		TN		100		250		350		500
Masa de cilindro + suelo humedo (P6)		3767		3964		10077		10177		10283
Masa de suelo humedo (P8 = P6 - P7)		4442		4639		4752		4852		4958
Densidad humeda del suelo (Dh = P8 / V)		2139		2234		2288		2337		2388
Densidad seca del suelo D <sub>s</sub> = Dh / (1 + W/100)		2041		2035		2146		2141		2089



RESULTADOS	
DENSIDAD SECA MAXIMA =	2105,09
% DE HUMEDAD OPTIMA =	9,85

**ANALIZADO Y CALCULADO POR:**  
Melany Pezo ; Jair Burgos

**REVISADO POR:**  
ING. Daniel Campoverde



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO

**TUTOR:** ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE      **TESISTAS:** MELANY PEZO ALMENDARIS; JAIR BURGOS ESTACIO

**PROYECTO:** ESTUDIO DE CBR DE MATERIAL DE SUBBASE      **UBICACIÓN:** CAMTERA JUAN MONTALVO

MOLDE Nº	1	2	3	PESO DEL MARTILLO: 10,00 Lb ALTURA DEL MARTILLO: 18,00"
PESO MOLDE	7022000	7097000	6867000	
VOLUMEN MOLDE	3212	3237	3230	
No DE GOLPES CAPA:	12	25	56	

Nº de ensayo:	1	2	3

ANTES DE LA INMERSION				
No DE GOLPES CAPA:	12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa	
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	RM	JL	2
	W <sub>h</sub> + r	73,67	94,18	87,18
	W <sub>s</sub> + r	75,89	88,66	82,33
	W <sub>w</sub>	3,78	5,52	4,85
	r	16,83	16,57	16,09
	W <sub>s</sub>	59,06	72,09	66,24
	w (%)	6,40	7,66	7,32
MOLDE NUMERO	1	2	3	
Molde + suelo humedo (P)	10759000	10740000	10936000	
Molde	7022000	7097000	6867000	
Suelo humedo (W)	3737000	3643000	4069000	
Suelo seco (W <sub>s</sub> )	3512209,10	3383892,15	3791399,07	
Contenido de agua (w)	6,40	7,66	7,32	
Densidad humeda (H)	1163,45	1125,42	1259,75	
Densidad seca (S)	1093,46	1045,38	1173,81	

DESPUES DE LA INMERSION							
No DE GOLPES CAPA:	12 Golpes x capa		25 Golpes x capa		56 Golpes x capa		
<b>HUMEDAD</b>		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
	Nº recipiente	RM	K1	30	G6	IA	C1
	W <sub>h</sub> + r	67,62	84,71	66,24	87,92	112,48	80,55
	W <sub>s</sub> + r	64,89	79,97	60,23	82,33	108,34	77,17
	W <sub>w</sub>	2,73	4,74	6,01	5,59	4,14	3,38
	r	17,14	17,13	16,85	16,73	16,55	16,24
	W <sub>s</sub>	47,75	62,84	43,38	65,6	91,79	60,93
w (%)	5,72	7,54	13,85	8,52	4,51	5,55	
Promedio w (%)	6,63		11,19		5,03		
Molde + suelo humedo (P)	10838000		11756000		11643000		
Molde	7022000		7097000		6867000		
Suelo humedo (W)	3816000		4659000		4776000		
Suelo seco (W <sub>s</sub> )	3578726,098		4190206,335		4547323,196		
Contenido de agua (w)	6,63		11,19		5,03		
Densidad humeda (H)	1188,04		1439,30		1478,64		
Densidad seca (S)	1114,17		1294,47		1407,84		

HINCHAMIENTO			
Lectura inicial	0,27	0,47	0,04
24 horas	0,3	0,5	0,04
48 horas	0,3	0,5	0,04
72 horas	0,3	0,5	0,04
HINCHAMIENTO %	0,60	0,60	0,00

C.B.R	%		
Densidad seca	yS	1093	1045
			1174

**ANALIZADO Y CALCULADO POR:**  
Melany Pezo ; Jair Burgos

**REVISADO POR:**  
ING. Daniel Campoverde



**UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO**



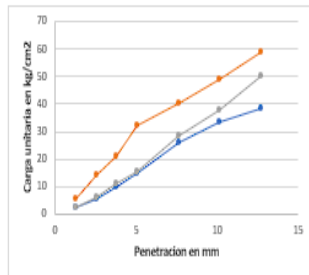
**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO

**TUTOR:** ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE      **TESISTAS:** MELANY PEZO ALMENDARIS, JAIR BURGOS ESTACIO

**PROYECTO:** ESTUDIO DE CBR DE MATERIAL DE SUBBASE      **UBICACIÓN:** CANTERA JUAN MONTALVO

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
Tamiz ASTM Abertura / mm	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg		
127 mm (0.05")	167,2	231	104,72	76	105	47,6
2,54 mm (0.10")	551,1	699,6	229,9	250,5	318	104,5
3,81 mm (0.15")	965,8	1117,6	400,4	439	508	182
5,06 mm (0.20")	1368,4	1658,8	646,8	622	754	294
7,62 mm (0.30")	864,6	2587,2	192,4	393	1176	542
10,16 mm (0.40")	2648,8	3502,4	1806,2	1204	1592	821
12,70 mm (0.50")	3177,9	4391,2	2549,8	1444,5	1996	1159

Tamiz ASTM Abertura / mm	CARGA UNITARIA EN Lb/pulg <sup>2</sup>			CARGA UNITARIA EN Kg/cm <sup>2</sup>		
127 mm (0.05")	54,94	75,90	34,41	3,87	5,35	2,42
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>181,08</b>	<b>229,87</b>	<b>75,54</b>	<b>12,76</b>	<b>16,20</b>	<b>5,32</b>
3,81 mm (0.15")	317,34	367,22	131,56	22,36	25,87	9,27
<b>5,06 mm (0.20")</b>	<b>449,63</b>	<b>545,04</b>	<b>212,52</b>	<b>31,68</b>	<b>38,40</b>	<b>14,97</b>
7,62 mm (0.30")	284,09	850,10	381,80	20,02	59,89	27,60
10,16 mm (0.40")	870,34	1150,81	593,48	61,32	81,08	41,81
12,70 mm (0.50")	1044,19	1442,85	837,81	73,57	101,66	59,03



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetración	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	12,76	31,68
25	16,20	38,40
56	5,32	14,97

C.B.R	%
12	18,11
25	22,99
56	7,55

	12	25	56
<b>COMPACTACION</b>			
Contenido de Humedad	6,63	11,19	5,03
Densidad Seca	1093,46	1045,38	1173,81
<b>CBR(%)</b>			
0,1in	18,11	22,99	7,55
0,2in	29,98	36,34	14,17
Promedio	24,04	29,66	10,86
Densidad Seca	1114,17	1294,47	1407,84

A 0,1 de penetración		
Densidad (t)	1173,81	CBR Dis.
95%	1115,117	<b>36,54</b>

**ANALIZADO Y CALCULADO POR:**  
Melany Pezo; Jair Burgos

**REVISADO POR:**  
ING. Daniel Campoverde



UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO

**TUTOR:** ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE **TESISTAS:** MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO

**PROYECTO:** ENSAYO ABRASION DE METARIAL SUBBASE **UBICACIÓN:** CANTERA JUAN MONTALVO

Método 2

$$\% \text{ de Pérdida} = \frac{P_i - P_t}{P_t}$$

TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N°12 (gr)	% DE PERDIDA
PASA	RETENE			
2"	1 1/2"	5006	5411	46,02%
1 1/2"	1"	5018		
		10024		

% Pérdida 46,02%

N° de esferas, 12; N° de Revoluciones, 1000; Tiempo de Rotación, 30 minutos.

Observaciones: El material es de la Cantera Juan Montalvo, presenta un desgaste de 46,02%, Cumple con las especificaciones de Subbase.

**ANALIZADO Y CALCULADO POR:** Melany Pezo ; Jair Burgos **REVISADO POR:** ING. Daniel Campoverde



UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO



**PROYECTO:** EVALUACION DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO

**TUTOR:** ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE **TESISTAS:** MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO

**PROYECTO:** ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA DEL MATERIAL DE SUBBASE **UBICACIÓN:** CANTERA JUAN MONTALVO

DATOS DEL ENSAYO	
RECIPIENTE N°	1
TEMPERATURA °C	27,5
PESO RECIPIENTE (gr)	157,05
RECIPIENTE + W <sub>s</sub>	357,05
FRASCO + AGUA (W <sub>bw</sub> )	658,9
FRASCO + AGUA + SUELO (W <sub>bw s</sub> )	783,1
CALCULOS	
W <sub>s</sub>	199,8
W <sub>s</sub> + W <sub>bw</sub>	858,7
W <sub>s</sub> + W <sub>bw</sub> - W <sub>bw s</sub>	75,6
FACTOR DE CORRECCION K	0,99817
G <sub>s</sub> = W <sub>s</sub> *K/(W <sub>s</sub> + W <sub>bw</sub> - W <sub>bw s</sub> )	2,638

**ANALIZADO Y CALCULADO POR:** Melany Pezo ; Jair Burgos **REVISADO POR:** ING. Daniel Campoverde



UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO



<b>PROYECTO:</b>	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
------------------	---

<b>TUTOR:</b> ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE	<b>TESISTAS:</b> MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO
---	---

<b>PROYECTO:</b>	ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	<b>UBICACIÓN:</b>	CANTERA JUAN MONTALVO
------------------	---------------------------------	-------------------	-----------------------

Nomenclatura:

- Gmm Gravedad específica teórica máxima  
 A Peso en aire de la mezcla secada al horno, gr  
 B Peso del Pícnómetro de vacíos lleno de agua a 25 °C, gr.  
 C Peso del Pícnómetro de vacíos lleno de agua y Mezcla Estabilizada Con Diluido a 60 °C, gr.

Ecuación 
$$Gmm = \frac{A}{A + B - C}$$

% Diluido	3%
A	2000
B	7421
C	8609

<b>Gmm</b>	<b>2,463</b>
------------	--------------

% Diluido	4,0%
A	2000
B	7421
C	8591

<b>Gmm</b>	<b>2,410</b>
------------	--------------

% Diluido	5%
A	2000
B	7421
C	8570

<b>Gmm</b>	<b>2,350</b>
------------	--------------

% Diluido	6,0%
A	2000
B	7421
C	8560

<b>Gmm</b>	<b>2,323</b>
------------	--------------

RESUMEN DE RESULTADOS	
% Diluido	Gmm
3%	2,463
4%	2,410
5%	2,350
6%	2,323

Nota: Los Ensayos se realizaron a una temperatura de 60°C.

ANALIZADO Y CALCULADO POR:  
Melany Pezo ; Jair Burgos

REVISADO POR:  
ING. Daniel Campoverde



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO

**TUTOR:** ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE **TESISTAS:** MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO

**PROYECTO:** ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA BULK **UBICACIÓN:** CANTERA JUAN MONTALVO

Nomenclatura:

- Gmm Gravedad específica teórica máxima
- A Peso en aire de la mezcla secada al horno, gr
- B Peso del Pícnómetro de vacíos lleno de agua a 25 °C, gr.
- C Peso del Pícnómetro de vacíos lleno de agua y Mezcla Estabilizada Con Diluido, gr.

Ecuación 
$$Gmm = \frac{A}{A + B - C}$$

Temperatura	40°C
% Diluido	5,4%
A	2000
B	7430
C	8571

Gmm 2,328

Temperatura	60°C
% Diluido	5,4%
A	2000
B	7430
C	8565

Gmm 2,312

Temperatura	80°C
% Diluido	5,4%
A	2000
B	7430
C	8515

Gmm 2,186

RESUMEN DE RESULTADOS	
Temperatura	Gmm
40°C	2,328
60°C	2,312
80°C	2,186

Nota: Los Ensayos se realizaron a una temperatura de 40°C, 60°C y 80°C.

**ANALIZADO Y CALCULADO POR:**  
Melany Pezo ; Jair Burgos

**REVISADO POR:**  
ING. Daniel Campoverde



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO



<b>PROYECTO:</b>	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
------------------	---

<b>TUTOR:</b> ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE	<b>TESISTAS:</b> MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO
---	---

<b>PROYECTO:</b>	ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	<b>UBICACION:</b>	CANTERA JUAN MONTALVO
------------------	---------------------------------	-------------------	-----------------------

Nomenclatura:

- Gmm Gravedad específica teórica máxima
- A Peso en aire de la mezcla secada al horno, gr
- B Peso del Picnómetro de vacíos lleno de agua a 25 °C, gr.
- C Peso del Picnómetro de vacíos lleno de agua y Mezcla Estabilizada Con Emulsión a 25 °C, gr.

Ecuación 
$$Gmm = \frac{A}{A + B - C}$$

% Emulsión	4,5%
A	2000
B	7406
C	8531

% Emulsión	5,5%
A	1350
B	7406
C	8154

Gmm	2,286
-----	-------

Gmm	2,243
-----	-------

% Emulsión	6,5%
A	1350
B	7406
C	8155

% Emulsión	7,5%
A	1200
B	7406
C	8069

Gmm	2,246
-----	-------

Gmm	2,235
-----	-------

RESUMEN DE RESULTADOS	
% Emulsión	Gmm
4,5%	2,286
5,5%	2,243
6,5%	2,246
7,5%	2,235

Nota: Los Ensayos se realizaron a una temperatura de 25°C.

<b>ANALIZADO Y CALCULADO POR:</b> Melany Pezo ; Jair Burgos	<b>REVISADO POR:</b> ING. Daniel Campoverde
--	--





UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO



<b>PROYECTO:</b>	EVALUACION DE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA COMPACTACION DE MEZCLAS ESTABILIZADAS CON ASFALTO DILUIDO Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CON MATERIAL GRANULAR DE JUAN MONTALVO
------------------	---

<b>TUTOR:</b> ING. DANIEL ROSENDO CAMPOVERDE CAMPOVERDE	<b>TESISTAS:</b> MELANY PEZO ALMENDARIS ; JAIR BURGOS ESTACIO
---	---

<b>PROYECTO:</b>	ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	<b>UBICACIÓN:</b>	CANTERA JUAN MONTALVO
------------------	---------------------------------	-------------------	-----------------------

Nomenclatura:

- Gmm Gravedad específica teorica maxima
- A Peso en aire de la mezcla secada al horno, gr
- B Peso del Pionómetro de vacíos lleno de agua a 25 °C, gr.
- C Peso del Pionómetro de vacíos lleno de agua y Mezcla Estabilizda Con Emulsión, gr.

Ecuación 
$$Gmm = \frac{A}{A + B - C}$$

Temperatura	26°C
% Emulsión	6,0%
A	2000
B	7406
C	8539

Temperatura	40°C
% Emulsión	6,0%
A	2000
B	7406
C	8518

Gmm	2,307
-----	-------

Gmm	2,252
-----	-------

Temperatura	60°C
% Emulsión	6,0%
A	2000
B	7430
C	8546

Temperatura	80°C
% Emulsión	6,0%
A	2000
B	7430
C	8510

Gmm	2,262
-----	-------

Gmm	2,174
-----	-------

RESUMEN DE RESULTADOS	
Temperatura	Gmm
26°C	2,307
40°C	2,252
60°C	2,262
80°C	2,174

Nota: Los Ensayos se realizaron a una temperatura de 26°C, 40°C, 60°C y 80°C.

<b>ANALIZADO Y CALCULADO POR:</b> Melany Pezo ; Jair Burgos	<b>REVISADO POR:</b> ING. Daniel Campoverde
--	--