



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**“SUELO CEMENTO CON ADICIÓN DE FIBRA DE PLÁSTICO Y FIBRA  
DE CÁSCARA DE MANÍ EN CAMINOS VECINALES”**

**TUTOR**

**MSc. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO**

**AUTORES**

**CRISTHOFER ADRIAN YAGUARSHUNGO GUALLI**

**MARIO GLESSNER CAMPOVERDE VÉLEZ**

**GUAYAQUIL**

**2022**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

“Suelo Cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales”

**AUTOR/ES:**

Mario Glessner Campoverde Vélez  
Cristhofer Adrián Yaguarshungo  
Gualli

**REVISORES O TUTORES:**

Mgtr. Max Darío Almeida Franco

**INSTITUCIÓN:**

**Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil**

**Grado obtenido:**

Ingeniero Civil

**FACULTAD:**

Facultad de Ingeniería, Industria y  
construcción

**CARRERA:**

Ingeniero Civil

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2022

**N. DE PAGS:**

96

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Suelo, cemento, fibra de plástico, fibra de cáscara de maní, caminos vecinales.

**RESUMEN:** La Cooperativa 23 Noviembre cantón Naranjal no cuentan con un equipo técnico especializado en temas de mezcla de suelo cemento para poderlo implementar y los fuertes inviernos ocasionan desbordamiento de ríos que conlleva a colapso de vía en el sector.

Los efectos del invierno implican que las personas no puedan trasladarse fácilmente, sus productos agrícolas tampoco, la Cooperativa 23 de noviembre es una zona netamente cacaotera necesitan mucho que la vía este en un buen estado.

Este suelo del camino vecinal de la cooperativa 23 de noviembre tiene problemas de estabilización por lo tanto nuestro proyecto de investigación tiene el propósito de estabilizarlo por medio de fibras naturales y artificiales más cemento

La fibra que utilizaremos como estabilizadores del suelo serán la fibra de cascara de maní y la fibra del plástico de sorbetes reciclados como solución al problema

Considerando que la cascara de maní y el sorbete de plástico reciclado son dos elementos que causan contaminación en el medio ambiente creando un problema y nuestra solución al problema es la utilización de estos dos elementos como estabilizadores de suelo con el fin de mitigar el impacto ambiental creados por los dos.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>  <b>MARIO GLESSNER</b> <b>CAMPOVERDE VÉLEZ</b>  <b>CRISTHOFER ADRIAN</b> <b>YAGUARSHUNGO GUALLI</b>	<b>Teléfono:</b>  <b>0991129200</b>  <b>0969146815</b>	<b>E-mail:</b>  <a href="mailto:mcampoverdev@ulvr.edu.ec">mcampoverdev@ulvr.edu.ec</a>

		<a href="mailto:mcampoverde@ulvr.edu.ec"><u>mcampoverde@ulvr.edu.ec</u></a>
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	MSC. Ing. Milton Andrade Laborde Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Teléfono (04) 259 6500 Ext. 241 <b>E-mail:</b> mandradel@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

MARIO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>7</b> %	<b>7</b> %	<b>0</b> %	<b>0</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>infoagro.com.ar</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>2</b>	<b>encolombia.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>reutilizable.es</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>udcmetodologia.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>siteal.iiep.unesco.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>barchitec.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>doku.pub</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %



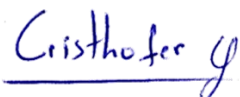
**Mgtr. Max Darío Almeida Franco**  
**DOCENTE TUTOR**  
**C.I: 0906706981**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados **MARIO GLESSNER CAMPOVERDE VÉLEZ** y **CRISTHOFER ADRIAN YAGUARSHUNGO GUALLI**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **“SUELO CEMENTO CON ADICION DE FIBRA DE PLASTICO Y FIBRA DE CASCARA DE MANI EN CAMINOS VECINALES”**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:   
CRISTHOFER ADRIAN YAGUARSHUNGO GUALLI  
C.I. 0940343312

Firma:   
MARIO GLESSNER CAMPOVERDE VÉLEZ  
C.I.:0704306943

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (**SUELO CEMENTO CON ADICION DE FIBRA DE PLASTICO Y FIBRA DE CASCARA DE MANI EN CAMINOS VECINALES**), designado por el Consejo Directivo de la Facultad de **Ingeniería, Industria y construcción** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: (**SUELO CEMENTO CON ADICION DE FIBRA DE PLASTICO Y FIBRA DE CASCARA DE MANI EN CAMINOS VECINALES**), presentado por los estudiantes Mario Glessner Campoverde Vélez / Cristhofer Adrián Yaguarshungo Gualli como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Mgr. Max Darío Almeida Franco

Docente Tutor

C.I: 0906706981

## **AGRADECIMIENTO**

### **Autor: Mario Glessner Campoverde Vélez**

Agradezco a Dios por ser mi guía, mi fortaleza y proveedor en todo tiempo, ya que apuesto el querer como el hacer para cumplir este objetivo.

A mi madre Juana Lucia Vélez González por creer en mí y padre Félix Adolfo Astudillo, esposa Yolanda Cárdenas Ortiz e hijos quienes son mi motor y mayor inspiración.

Finalmente agradezco a la Universidad a los docentes y autoridades de Ingeniería Civil quienes compartieron sus conocimientos para mi formación como profesional durante cinco años.

### **Autor: Cristhofer Adrián Yaguarshungo Gualli**

Agradezco en primera Instancia a Dios, porque sin su ayuda nada sería posible, a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por brindarme la oportunidad de estudiar ahí, a mis padres que siempre estuvieron apoyándome desde el principio a pesar de las situaciones complicadas, a mi Abuelos, por sus oraciones y apoyo a pesar de encontrarse lejos, a mis hermanos y mis tíos, que también fueron un soporte para mí, a mi Tutor de Tesis, por la dedicación y enseñanza para hacer posible esta investigación.



## **DEDICATORIA**

### **Autor: Mario Glessner Campoverde Vélez**

Dedico este logro profesional a mi madre Juana Lucia Vélez González y a mi padre Félix Adolfo Astudillo quienes me apoyaron hasta que Dios les prestó vida, ya que su sueño era verme como profesional.

### **Autor: Cristhofer Adrián Yaguarshungo Gualli**

La presente tesis está dedicada a mis padres Felipe Yaguarshungo y Beatriz Gualli, a mi abuelita Juliana y a toda mi familia en general que siempre estuvieron apoyándome en buenos y malos momentos y brindándome todas sus bendiciones para que todo me salga bien en mi vida académica.

# INDICE GENERAL

CAPÍTULO I .....	2
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Tema .....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Formulación del Problema.....	3
1.4. Objetivo General.....	3
<b>1.5. Objetivos Específicos</b> .....	3
1.6. Hipótesis .....	3
1.7. Línea de investigación Institución/Facultad.....	4
CAPITULO II .....	5
2. MARCO TEORICO .....	5
2.1. Referencial .....	7
2.2. Suelo .....	14
2.3. Mecánica de suelos .....	15
2.4. Tipos de suelo .....	16
2.5. Por estructura .....	16
2.6. Por características físicas .....	17
2.7. Diferencias entre las arcillas y las arenas.....	18
2.8. Diferencias entre las arcillas y los limos.....	18
2.9. Componentes del suelo. ....	19
2.10. La Arcilla. ....	20
2.11. Suelo arcilloso.....	20
2.12. Características de los suelos arcillosos .....	21
2.13. Depósito de agua.....	23
2.14. Composición .....	23
2.15. Estructura .....	24
2.16. Arcillas expandibles.....	24
2.17. Hormigón reciclado. ....	24
2.18. Estabilizadores .....	25
2.19. Tipos de Estabilizadores .....	26

2.20.	Cascara de maní.....	34
2.21.	Fibra de plástico.....	37
2.22.	Clasificación de suelos.....	41
2.23.	Pavimentos.....	42
2.24.	MARCO LEGAL.....	45
CAPÍTULO III .....		49
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	49
3.1.	Enfoque de la investigación .....	49
3.2.	Alcance de la investigación.....	49
3.3.	Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	50
3.3.1.	Técnica.....	50
3.3.2.	Instrumento .....	51
3.4.	Población y muestra.....	52
3.4.1.	Población.....	52
3.4.2.	Muestra.....	52
3.5.	Presentación y análisis de resultados .....	53
3.5.1.	Ensayos de clasificación, proctor y C.B.R al material existente.....	54
3.5.2.	Ensayos de peso unitario del cemento. ....	61
3.5.3.	Ensayos de peso unitario de la fibra de cascara de maní. ....	62
3.5.4.	Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 75%, cemento 10%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5% .....	63
3.5.5.	Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 65%, cemento 20%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%. ....	65
3.5.6.	Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 55%, cemento 30%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%. ....	66
3.5.7.	Ensayos de proctor, mezcla: Arcilla 55%, cemento 30%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%. ....	67
3.5.8.	Ensayos C.B.R., mezcla: Arcilla 55%, cemento 30%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5% .....	68
4.	CONCLUSIONES.....	73
5.	RECOMENDACIONES.....	75
6.	Bibliografía .....	76

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Suelos arcillosos _____	20
---	----

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Línea de investigación Institución/Facultad _____	4
<i>Tabla 2</i> Ensayo de clasificación _____	54
<i>Tabla 3</i> Ensayo de proctor _____	55
<i>Tabla 4</i> Ensayo de C.B.R. _____	56
<i>Tabla 5</i> Ensayo de C.B.R. _____	57
<i>Tabla 6</i> Ensayo de C.B.R. _____	58
<i>Tabla 7</i> Ensayo de C.B.R. _____	59
<i>Tabla 8</i> Ensayo de C.B.R. _____	60
<i>Tabla 9</i> Ensayo de contenido de humedad _____	61
<i>Tabla 10</i> Ensayo de contenido de humedad _____	62
<i>Tabla 11</i> Ensayo de humedad _____	63
<i>Tabla 12</i> Ensayo de clasificación. _____	64
<i>Tabla 13</i> Ensayo de clasificación. _____	65
<i>Tabla 14</i> Ensayo de clasificación. _____	66
<i>Tabla 15</i> Ensayo de proctor. _____	67
<i>Tabla 16</i> Ensayo de C.B.R. _____	68
<i>Tabla 17</i> Ensayo de C.B.R. _____	69
<i>Tabla 18</i> Ensayo de C.B.R. _____	70
<i>Tabla 19</i> Ensayo de C.B.R. _____	71
<i>Tabla 20</i> Ensayo de C.B.R. _____	72

## INDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1</i> Toma de muestra de cada material innovador _____	79
<i>Anexo 2</i> Preparación del material para el ensayo de proctor y C.B.R. _____	80
<i>Anexo 3</i> Elaboración del ensayo de proctor _____	81
<i>Anexo 4</i> Colocación de muestras para el ensayo de humedad realizado _____	82
<i>Anexo 5</i> Toma de lectura del ensayo de expansión del C.B.R. _____	83
<i>Anexo 6</i> Ensayo de C.B.R. _____	84

## INTRODUCCIÓN

El suelo y su comportamiento dentro del campo de la ingeniería civil es un tema muy importante para la construcción de obras civiles se analiza desde el punto de ensayos como el proctor C.B.R los cuales determinan la capacidad portante del mismo

En nuestro medio encontramos suelos rocosos, duros, blandos de baja capacidad portante este último generando un problema en la parte constructiva, al diseñar una obra civil y encontrarse con un suelo blando de baja capacidad portante se tiene dos alternativas sacarlo o mejorarlo

Nuestro proyecto de titulación pretende mejorar el suelo adicionando cemento con fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales.

Al mismo tiempo tratar de mitigar los impactos ambientales creados por estos dos elementos fibra de plástico, fibra de cascara de maní los cuales son altamente contaminantes

En el capítulo 1.- se diseña la investigación planteándose un problema como es la baja capacidad portante de un suelo y la contaminación que producen los dos materiales fibra de plástico y fibra de cascara de maní.

Se analiza por medio de objetivos como llegar a los resultados deseados por medio de la investigación

En el capítulo 2.- se hace referencia autores con diferentes investigaciones similares a nuestro proyecto se describe el suelo y sus componentes, las características de la fibra de plástico y fibra de cascara de maní

En el capítulo 3.- se describe el alcance de la metodología la cual es exploratoria y el enfoque cuantitativo, se desarrolla la propuesta utilizando las técnicas de la investigación por medio de ensayos de proctor y C.B.R para analizar los resultados de la combinación de los tres materiales en el suelo.

Se determinan las conclusiones del proyecto con sus respectivas recomendaciones

# CAPÍTULO I

## 1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Tema

Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales.

### 1.2. Planteamiento del Problema

La Cooperativa 23 noviembre cantón Naranjal no cuentan con un equipo técnico especializado en temas de mezcla de suelo cemento para poderlo implementar y los fuertes inviernos ocasionan desbordamiento de ríos que conlleva a colapso de vía.

Los efectos del invierno implican que las personas no puedan trasladarse fácilmente, sus productos agrícolas tampoco, la Cooperativa 23 de noviembre es una zona netamente cacaoñera necesitan mucho que la vía este en un buen estado.

Cuando existe un colapso de la vía el mismo material es sacado por tramos y realiza el tendido del nuevo material de cantera sin un estudio previo a la saturación que puede tener el suelo existente.

Este suelo del camino vecinal de la cooperativa 23 de noviembre tiene problemas de estabilización por lo tanto nuestro proyecto de investigación tiene el propósito de estabilizarlo por medio de fibras naturales y artificiales más cemento

La fibra que utilizaremos como estabilizadores del suelo serán la fibra de cascara de maní y la fibra del plástico de sorbetes reciclados como solución al problema

Considerando que la cascara de maní y el sorbete de plástico reciclado son dos elementos que causan contaminación en el medio ambiente creando un problema y nuestra solución al problema es la utilización de estos dos elementos como estabilizadores de suelo con el fin de mitigar el impacto ambiental creados por los dos.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cuál es la ventaja de utilizar fibra de maní, fibra de sorbete de plástico reciclado, cemento para la estabilización del suelo en la construcción de la vía de la Cooperativa 23 de noviembre cantón Naranjal?

### **1.4. Objetivo General**

Diseñar un suelo utilizando fibra de cascara de maní, fibra de sorbete reciclado, cemento como estabilizadores para el camino vecinal de la Cooperativa 23 de noviembre cantón Naranjal.

### **1.5. Objetivos Específicos**

- Analizar las cantidades de fibra de cascara de maní, fibra de sorbete reciclado, cemento en la mezcla de suelo.
- Determinar la mezcla suelo cemento con la dosificación optima según norma del MTOP.
- Contrastar los resultados por medio de ensayos del suelo modificado

### **1.6. Hipótesis**

Con la aplicación de estabilizadores como son la fibra de plástico de sorbete reciclado, fibra de cascara de maní, cemento mejorara la capacidad portante del suelo para la construcción del camino vecinal Cooperativa 23 de noviembre del cantón Naranjal.

## 1.7. Línea de investigación Institución/Facultad

**Tabla 1**

*Línea de investigación Institución/Facultad*

Dominio	Línea institucional	Líneas de la facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Materiales de construcción

Fuente: (ULVR, 2022)



## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

El uso de estabilizadores de suelo se lo genera por medio de elementos materiales y artificiales

Algunos autores han puesto en práctica los diseños de suelo por medio de estabilizadores con el fin de mejora las características del suelo

Normalmente se los utiliza para suelos de baja capacidad portante, a continuación, nombramos algunas experiencias con estabilizadores cementantes como un antecedente de nuestro caso

El uso histórico de materiales cementantes en la construcción de bases y estabilización de todo tipo de suelos de las estructuras del pavimento es muy amplia comenzaron desde hace muchos siglos atrás los primeros pasos de la estabilización de suelos con cemento se realizaron vías de comunicación del imperio romano y caminos blancos “sachbeh” de los mayas realizados hace 2500 años existentes hasta hoy. (Holcim Ecuador S.A., 2016).

Aplicación metódica y científica de suelos mejorados con cementales en Inglaterra a inicios de la década 1910 – 1920. En los Estados Unidos se realizaron grandes experimentos realizados por la PCA (Portland Cement Association) a partir del 1917, 1930 a 1940. En España y Latinoamérica los primeros estudios se realizaron después de la segunda guerra mundial en países como Argentina, Colombia y el Salvador. (Arcos , 2016)

El suelo-cemento concierne al enfoque de este tema (materiales de sustento) material conocido como Rellenos Fluidos de Baja Resistencia Controlada. Es un material relativamente moderno y muy utilizado en la actualidad en numerosas actividades. Se tiene como referencia el descubrimiento y utilización de este material como “Rellenos Fluidos de Resistencia Controlada” en los Estados Unidos de América, a partir de 1964. (Bayancela E, 2016)

Caminos vecinales se concluye que por el estudio realizado podemos darnos cuenta de la gran importancia que constituye la planificación de nuevas vías, especialmente vías que se encuentran fuera de las zonas urbanas, las mismas que son fuente importante para mejorar la comunicación vial entre comunidades. En cambio, cuando se trata de zonas menos desarrolladas o actualmente inexploradas, la estimación del tráfico se hace difícil e incierta. (Quezada T,2016)

Desde 1970 es utilizado en gran escala en proyectos viales y rellenos en cimentaciones de diversos edificios en USA. En 1984 se crea el Comité ACI 229R específico para este material, y se difunde su conocimiento en América y el Mundo (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

La información sobre tráfico debe comprender la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), en base a estudios de tráfico futuro utilizando pronósticos, y la determinación del TPDA. (Quezada T, 2016)

Lo ideal sería disponer de los datos de una estación de conteo permanente que permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales. (Quezada T, 2016)

De acuerdo a investigaciones previas de la Cooperativa 23 de noviembre ubicado en el cantón Naranjal es uno de los 92 recintos, las familias que viven en este sector han notado un cambio durante los años en su población debido a su crecimiento que ha tenido a su inicio el recinto constaba con pocos habitantes, y dio inicio su población con unas diez familias.

El pasar de los años de la Cooperativa 23 de Noviembre actualmente consta con más de 43 familias el crecimiento en su población, y sus ingresos económicos de sus pobladores son netamente provenientes de la agricultura ya que al ser una zona que está rodeada de sembríos de arroz el 80 % de sus moradores se dedican a dicha actividad, el 15 % a la ganadería y 5% se dedica a otras actividades. (Propios, 2020)

## **2.1. Referencial**

Según En este capítulo se ha creado un marco de referencia con trabajos de autores en los temas de interés para este estudio, que forma parte del conocimiento técnico de información, para la elaboración de nuestro tema de estudio, todas estas recopilaciones la obtenemos por medio de la herramienta informática del internet.

**Universidad:** Universidad Católica de Santiago de guayaquil Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Civil

**Tema:** Comparación técnico-económica del uso de bases granulares y bases estabilizadas con cemento, para diversos casos de tráfico, con y sin capa de rodadura, para nuestro medio

**Autor:** Matute Acurio, Andrea Cristina

**Fecha:** GUAYAQUIL, ECUADOR 2016

### **Resumen:**

(Matute, 2016). En el presente trabajo investigativo se realizó una comparación técnica económica del uso de bases granulares y bases estabilizadas con cemento, para diversos casos de tráfico, con y sin capa de rodadura, para nuestro medio. El análisis técnico fue realizado utilizando el método de la AASHTO 93 considerando ciertos parámetros similares para todos los casos, variando los ESALS y el coeficiente k de reacción del suelo, que al mejorarlo con cemento cambia, este k es una equivalencia del CBR que se indica en los APUs. Se realizó el análisis financiero basado en una comparación entre Pavimento rígido con Base Granular 1A y una BEC, Base Estabilizada con Cemento, un Camino vecinal hecho con lastre de río sin estabilizar y otro con el mismo lastre pero estabilizado, cada uno con diferentes costos de mantenimiento en el tiempo y diferente tipo de refuerzo con el fin de determinar el tipo de capa de rodadura a construirse en una carretera, que sea económicamente rentable y durable para el organismo ejecutor de la obra.

### **Conclusión.**

El análisis financiero realizado mediante el uso de costos de mantenimiento, estimados como un porcentaje anual del costo inicial de construcción; en este trabajo se adoptaron

valores promedios, así como también, los valores de los refuerzos analizados durante un periodo de diseño de 25 años, dieron como resultado los siguientes ahorros aproximados: En caso de Suelos de baja calidad CBR=2% se registraron disminuciones desde 3 cm en el espesor del hormigón de la calzada sometidos a tráfico liviano, medio y alto dando como un ahorro promedio de \$110 m<sup>3</sup>/km, considerando un carril estándar. En caso de Suelos de media calidad CBR=4% se registraron disminuciones desde 3.5 cm en el espesor del hormigón de la calzada sometidos a tráfico liviano, medio y alto dando como un ahorro promedio de \$128 m<sup>3</sup>/km, considerando un carril estándar. En caso de Suelos de buena calidad CBR=8% se registraron disminuciones desde 3.5 cm en el espesor del hormigón de la calzada sometidos a medio y alto dando como un ahorro promedio de \$128 m<sup>3</sup>/km, considerando un carril estándar; pero en el caso del tráfico liviano se registró una reducción de hasta 4 cm dando como ahorro aproximado \$145 m<sup>3</sup>/km. También se pudieron obtener promedios de reducción de espesores de losa, en cuanto a tráfico liviano se registró 17,10%; en tráfico medio con 13,6% y en caso de tráficos altos un equivalente a 12,10% El control en campo es básico e indispensable ya que en algunos casos no se logra obtener las condiciones del diseño de laboratorio por varios factores, entonces la dosificación, el porcentaje de cemento debe ser el indicado sin excesos ya que eso puede ocasionar el daño por fisuración de la base. La base estabilizada es casi impermeable, resiste a cambios climáticos, además debido a la hidratación del cemento continúa ganando resistencia con la edad. Una base estabilizada con cemento va a tener muchas ventajas sobre una base granular, primero va a generar una mayor resistencia, y mejora la capacidad portante de la estructura del pavimento, elevando su número Una base estabilizada con cemento responde mejor a las solicitaciones de carga a diferencia de una base granular Económicamente queda demostrado para los ejemplos analizados, que es conveniente una base suelo cemento ya que permite en muchos casos, emplear materiales de la zona de trabajo sin la necesidad de importar materiales clasificados de canteras que encarecen en el transporte. Es claro que al estabilizar una base con cemento se logra conseguir espesores menores de capas, mejorando los números estructurales considerablemente.

**Universidad:** Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Facultad de Ingeniería Civil

**Tema:** Diseño de base granular estabilizada con cemento hidráulico como solución para pavimentos

**Autor:** Fernando Fausto Villacreses Salas

**Fecha:** GUAYAQUIL, ECUADOR 2014

**Resumen:**

(Villacres, 2017)El proyecto Diseño de base granular estabilizada con cemento hidráulico como solución para pavimentos y carreteras, considera emplear para su mezcla bajas proporciones de cemento, humedad y materiales pétreos triturados (agregados) que por lo general se los emplea en bases y subbases para carreteras y/o vías de comunicación, sometido por una carga de compactación previo a la colocación de la capa concreto o asfalto. Los agregados componentes del diseño se los obtuvieron en la Planta de Calizas Huayco que fabrica el material Base Clase 1 tipo A, producto que se obtiene de la trituración y clasificación de materiales extraídos de la cantera los mismos que cumplen especificaciones técnicas nacionales (MTOP) e internacionales (ASTM). El cemento componente del diseño se lo obtuvo en la Planta de fabricación de Cemento de la empresa Holcim Ecuador S.A. ubicada en la ciudad de Guayaquil cuyos productos se fabrican bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2380 (Cemento Hidráulico, requisitos de desempeño para cementos hidráulicos) equivalente a la norma internacional ASTM C – 1157 (Standard performance Specification for Hydraulic Cement). De estos materiales utilizados se da a conocer diferentes propiedades físicas necesarias para las diferentes metodologías utilizadas en laboratorio. La finalidad del desarrollo de este proyecto es de mostrar las ventajas y beneficios técnicos, ambientales, sociales y financieros para el desarrollo de proyectos y sistemas viales mediante el uso de base granular estabilizada con cemento, en este caso aplicando cementos hidráulicos; el mismo que va a contribuir con información técnica de Ingeniería civil a disposición de las autoridades de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

**Conclusión.**

Podemos citar como parámetro importante para el desarrollo del diseño de la base granular estabilizada con cemento, el resultado del ensayo ASTM D558 Standard Test Methods for Moisture – Density (Unit Weight) Relations of Soil – Cement Mixtures en el cual se determinó que el porcentaje de humedad óptima es 5.8%, la cantidad de cemento que nos permite alcanzar una resistencia de 6.3 MPa a los 7 días de edad lo cual cumple con los parámetros de resistencia que estipula la especificación técnica ACI 230.1R (Report on Soil Cement) que indica que una resistencia a la compresión de 6 MPa permite que todas las mezclas cumplan con los requisitos de durabilidad que satisfacen las pruebas ASTM D559 Standard Test Methods for Wetting 76 and Drying Compacted Soil – Cement Mixtures y ASTM D560 Standard Test Methods for Freezing and Thawing Compacted Soil – Cement Mixtures).

### **Recomendación.**

Para el diseño de la base granular estabilizada con cemento hidráulico se debe previamente analizar los materiales prospecto para la composición del mismo, que junto con la aplicación del cemento hidráulico cumplan con las especificaciones o normativas técnicas que rijan en el país. Con respecto a la aplicación en sitio, es importante el cumplimiento de procedimientos que dicta la norma y contar con la disponibilidad de las maquinarias, mano de obra y equipos que permitan la ejecución del proceso de manera continua para así evitar complicaciones antes, durante y después de la aplicación de la Base granular estabilizada con cemento.

**Universidad:** UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

**Tema:** Base estabilizada con cemento modificada con pet reciclado

**Autor:** liz Paola Meneses Rincón y Lizeth Michelle Fuentes Campos

**Fecha:** BOGOTÁ, D, C. 2015

### **Resumen:**

(Meneses & Fuentes, 2015). Los caminos estabilizados se han utilizado desde civilizaciones antiguas como la Inca o la Azteca, como parte clave del desarrollo de

diversas actividades. Con el tiempo se crearon grandes condiciones para la realización de muchos experimentos en mezclas de suelo y cemento que mostraron las posibilidades de aprovechar los suelos existentes, modificados en mayor o menor grado para así después ser compactados. El suelo-cemento modificado con PET reciclado en bases estabilizadas, es un tema que no se ha manejado, por lo tanto, no se tienen antecedentes de dichos trabajos; por esto, con este proyecto se pretende analizar cada una de las propiedades de este material como modificador, en comparación con los modificadores normales utilizados usualmente en estructuras de pavimentos. Por esto se llevará a cabo una serie de laboratorios experimentales donde se estudiará cada uno de los materiales y sus componentes, para así llegar a un resultado final de la recomendación de un nuevo material como modificador para bases.

### **Conclusión.**

(Meneses & Fuentes, 2015) La humedad óptima de compactación del suelo natural con respecto a las mezclas de suelo-cemento-PET, tiene una variación entre el 1% y 2%, con lo cual se evidencia que el PET no modifica este parámetro. La relación que hay entre el contenido de PET de la mezcla y la densidad seca, es inversamente proporcional. La variación se encuentra entre el 1% y 2 %, por tanto, no es una afectación alta que se deba considerar. La muestra de suelo-cemento-PET que ofrece mejores resultados analizando los resultados obtenidos en las gráficas 15 a la 19 de este documento es aquella que contiene el 5% de grano de PET con respecto a las otras proporciones, ya que es la que necesita menor porcentaje óptimo de cemento y arroja mayor resistencia. Se realizaron los ensayos necesarios como límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, desgaste de la máquina de los ángeles, equivalente de arena, caras fracturadas, índice de aplanamiento y alargamiento y granulometría. Sin embargo se realizaron algunos ensayos para el material modificador PET a manera experimental aunque no era necesario ya que este material no cumple con los parámetros establecidos en la norma los cuales eran que la muestra a caracterizar debía ser la que pasara el tamiz No 40. Y el material PET con el que se trabajó se retenía totalmente en el tamiz No 40.

Se realizaron 3 diseños de suelo-cemento (5% 7% 9% de cemento, de acuerdo a la tabla 3 de la PCA) con tres porcentajes diferentes de PET (5% 10% y 15%) teniendo en cuenta las especificaciones de materiales y construcción Invias 2007 e IDU 2005. De acuerdo a los resultados obtenidos después de realizar todos y cada uno de los ensayos al suelo-cemento y modificándolo con el PET se propone este material (PET) como modificador de una base. En cuanto a costos se puede recomendar este material, ya que es económico y es de fácil acceso. El PET por ser reciclable, permite disminuir el impacto ambiental ya que se necesita una cantidad significativa de botellas para obtener el material. Al agregar PET en una proporción mayor al 5% a una mezcla de suelo-cemento disminuye levemente la resistencia, sin embargo la muestra cumple con los parámetros mínimos de 2.1MPa. La densidad de la mezcla PET suelo-cemento disminuye aproximadamente en un 2% respecto a la mezcla suelo-cemento, debido a que el PET tiene menor densidad que los agregados y su forma aplanada no permite una cohesión entre las partículas de los materiales.

**Universidad:** UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

**Tema:** Estudio de una mezcla de base granular con cemento y solid soil para una resistencia a la compresión de 2.5 mpa

**Autor:** Alan Pineda Podríguez y Fernando Riaño Gaitán

**Fecha:** BOGOTÁ, D, C. 2019

**Resumen:**

(Pineda & Riaño, 2019). Con mucha frecuencia los materiales granulares disponibles para construcción de vías no llenan los requisitos de resistencia y durabilidad indispensables para su uso, por lo que se hace necesario mejorarlos. El proceso por el cual se mejoran, para alcanzar dichos requisitos se denomina estabilización. Por sus propiedades, el cemento es el mejor camino para estabilizar bases granulares y así estas



pueden ser más durables, impermeables y resistentes a la fatiga, por tanto, menos susceptibles de sufrir daños por las condiciones ambientales o las cargas que soportan. Pero esta mezcla tiene una desventaja que es la gran rigidez que alcanza por el cemento por lo cual se hace necesario incorporar un aditivo químico denominado SOLID-SOIL, el cual es un potencializador del cemento que aumenta la resistencia del suelo y a su vez le da flexibilidad gracias a sus componentes, los cuales hacen que se produzca una red de cristales más larga al ser mezclados con los compuestos del cemento.

(Pineda & Riaño, 2019) Se pretende realizar la clasificación del material granular, mediante ensayos físicos de laboratorio con el fin de determinar sus características y verificar si estas cumplen con las especificaciones de construcción requeridas y si la materia prima es apta para la mezcla con el cemento y el aditivo mejorador. Seguido a esto se le realizaran pruebas de resistencia a las diferentes mezclas, hasta obtener un contenido óptimo de cemento, de esta manera se determinará una fórmula de trabajo para el material granular, la dosificación optima del cementante y del aditivo de tal forma que cumplan con los requisitos de diseño ya establecidos, las recomendaciones y los controles necesarios y asegurar la correcta construcción de este tipo de capas estructurales de pavimento.

### **Conclusión.**

(Pineda & Riaño, 2019). El material granular analizado con los ensayos de laboratorio para clasificación, cumplen los requisitos de la especificación IDU-ET-2011 y es adecuado para la mezcla con el cemento y el aditivo. La curva de compactación presentada en esta tesis, tiene dos características: definir la densidad de referencia y la humedad óptima para mezcla de las probetas en laboratorio; Guiar sobre la influencia del contenido de agua en la densidad de la capa construida. Para el control de densidades en terreno se deberá usar el valor de Próctor corregido por sobretamaños. El contenido óptimo de mezcla para un metro cúbico de material granular es: 89.5 kilos de cemento (4.6%) y 1.3 kilos de aditivo solid soil. Este diseño se ha establecido por evaluación de la resistencia.

(Pineda & Riaño, 2019). Teniendo en cuenta que el fraguado del cemento oscila en un tiempo aproximado entre 40 minutos y una hora, la manejabilidad de la mezcla se deberá

restringir a ese tiempo y las operaciones de extensión y mezclas deberán agilizar durante dicha ventana de tiempo. Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Como se ha mencionado en el informe, las características granulométricas, de limpieza y de dureza, en su conjunto, proveen la idoneidad para el uso del granular con el cementante, las variaciones de estas características (como por ejemplo la segregación), puede afectar el desempeño de la mezcla cemento y aditivo o la capacidad estructural de la capa construida. Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en las especificaciones IDU-ET-2011 Versión 3. Cuando el mezclado se realiza en campo la dosificación no va ser tan exacta por los grandes volúmenes que se najan por tal motivo la resistencia a compresión va ser diferente que la obtenida en muestras mezcladas en laboratorio. La resistencia a compresión de las muestras de base + cemento es menor que la obtenida en muestras de base + cemento + aditivo.

## **2.2. Suelo**

El suelo es ta compuesto de partículas sólidas, los suelos pueden estar bien definidos basándose en la mezcla de minerales exactos. No hay límite en el tamaño de las partículas que componen un suelo, y éste suele determinar su función (Garcia, 2019).

Puede estar compuesto de una serie de distintos materiales, como arena, grava, arcilla, limos, rocas meteorizadas, cenizas (de ciudades), y amplio etcétera. (Garcia, 2019). El suelo compone la superficie de la corteza terrestre, alberga vida y su formación comienza en las alteraciones fisicoquímicas de rocas y residuos subsecuentes la actividad de seres vivos que se desarrollan sobre el mismo. El tipo de suelo que se forme depende de procesos que van desde sedimentaciones hasta meteorizaciones (Equipos y Laboratorio, 2020).

Las etapas que se siguen en la formación de la tierra se pueden resumir en: asentamiento de seres vivos, cuyos procesos biológicos y restos perpetúan la meteorización de minerales; confluencia de todos los mencionados elementos entre sí con

ayuda de agua; cambios fisicoquímicos de rocas por acción geológica; y finalmente influyen las actividades los seres vivos (Equipos y Laboratorio, 2020).

Entonces, queda el llamado perfil del suelo, a varios niveles de específica composición. Los cambios fisicoquímicos a las rocas, más puntualmente, ayudan a constituir un aluvión que pasa a ser un coluvión al ver alterada su posición por acciones de arrastre y transporte de nivel de laderas. Por su parte, el coluvión al verse afectado por los factores ya mencionados puede generar suelo, dando lugar a una diferenciación de niveles horizontales. (Equipos y Laboratorio, 2020).

Siguiendo los parámetros de las ciencias del suelo, ha de recordarse que su estudio implica, entre muchas otras cosas, un completo estudio de minerales, propiedades fisicoquímicas y asociaciones biológicas (Equipos y Laboratorio, 2020).

### **2.3. Mecánica de suelos**

Para las distintas construcciones, ha de prepararse el suelo según necesidades específicas alterando su estabilidad, función y estética. Es importante no exceder las capacidades propias de resistencia del suelo para no deformarlo irreparablemente que pueden ir desde una fisura hasta todo un colapso de estructura (Margoth, 2016).

Entender esto reafirma la importancia del estudio y vigilancia en varios niveles tanto del suelo como del cimiento, independientemente al alcance del proyecto o de los datos preexistentes del terreno y materiales (Margoth, 2016).

Cabe mencionar que esto se enmarca en la geotecnia, que se compone principalmente de lo espontaneo de los suelos, de rocas y de nieves, de estas, la primera es quien nos atañe. Es importante recordar que el suelo está sometido a muchos factores que alteran su estado y que no han de dejarse de lado si se quiere entender verdaderamente su comportamiento (Margoth, 2016).

## **2.4. Tipos de suelo**

Existen varios puntos de vista desde los cuales podemos clasificar los distintos suelos que existen. Algunos de ellos, por ejemplo, atienden a las características físicas del entorno, distinguiendo así entre suelos jóvenes, suelos delgados, suelos con depósitos de agua o con acumulación de arcilla (Editorial Etece, 2021)

Sin embargo, la clasificación más importante es la que distingue entre los suelos fijándose en su composición y estructura, o sea, en la manera en que están conformados (Editorial Etece, 2021)

## **2.5. Por estructura**

Suelos arenosos: Escasa materia orgánica y sin retención de agua (ECOLOGIA, 2020).

Suelos calizos: De color pardo o blanco, propio de locaciones secas y áridas, rico en sales calcáreas.

Suelos húmíferos: De color oscuro, buena retención de agua abunda la materia orgánica en descomposición.

Suelos arcillosos: Constituido por fino granos de tonalidades amarilla a roja, retienen agua a manera de charcos (ECOLOGIA, 2020).

Suelos pedregosos: Constituido fundamentalmente por rocas de variados tamaños, por lo que naturalmente no retienen agua (ECOLOGIA, 2020).

Suelos mixtos: Se les llama así a aquellos que comparten cualidades entre los suelos arcillosos y los arenosos (ECOLOGIA, 2020).

## **2.6. Por características físicas**

**Litosoles:** También llamados leptosoles, cuya etimología los designa como “delgados”, puesto que poseen un espesor de <10cm. Se sitúan en afloramientos rocosos y en escarpas, capaces de mantener una baja vegetación (ECOLOGIA, 2020).

**Cambisoles:** Son aquellos suelos relativamente jóvenes, que van acumulando arcilla. Se sub-clasifican en crómicos, eutrícos, vértigos y gleycos.

**Luvisoles:** Son aquellos suelos cuyo extensión tiene acumulación de arcilla que está saturado al >50% (ECOLOGIA, 2020).

**Acrisoles:** Se desarrollan principalmente sobre productos de alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas muy alteradas. Predominan en viejas superficies con una topografía plana, ondulada o colinada, con un clima tropical húmedo.

**Gleysoles:** Posee agua constante o semi-constantemente, con variaciones freáticas en los primeros cincuenta centímetros.

**Fluvisoles:** Suelos jóvenes resultantes de depósitos fluviales, usualmente abundantes en calcio (ECOLOGIA, 2020).

**Rendzina:** Poseen un horizonte de cerca de 50 cm de profundidad, poseen abundante suelo orgánica reposando sobre las rocas calizas.

**Vertisoles:** Es de un tipo de suelo arcilloso color negro, con mecanismo de expansión y contracción. Se ubican a nivel de áreas de escasa pendiente con proximidad a escurrimientos superficiales (ECOLOGIA, 2020).

## **2.7. Diferencias entre las arcillas y las arenas.**

### **Arenas**

- Volumen de los poros:  $\leq 50\%$  (Sanchez, 2016)
- No es plástica, ausencia de retracción ante el secado, y posee baja o nula compresibilidad.
- Su compresión es rápida (Sanchez, 2016).
- Escasa reacción a la humedad.
- Partículas de  $>0,06$  mm
- Ausencia de cohesión (Sanchez, 2016)

### **Arcillas**

- El volumen de los poros:  $\leq 98\%$  (Sanchez, 2016).
- Tiene plasticidad. Se retrae al secarse y es muy compresible.
- Aplicando una sobrecarga se comprime lentamente (Sanchez, 2016).
- La consistencia depende de la humedad.
- El tamaño de su partícula es menor de 0,002 mm.
- Posee cohesión (Sanchez, 2016).

## **2.8. Diferencias entre las arcillas y los limos**

### **Arcillas.**

- Elevada resistencia seca, incrementada si se emplea horno (Sanchez, 2016).
- No emite polvo y no se deshace manualmente con sencillez.
- Tenaces y de lento secado rollitos del límite plástico, poseen una muy elevada resistencia (Sanchez, 2016).

- Ante la dilatancia o vibración tienen baja o ninguna reacción, su superficie no deja de estar lustrosa.
- En términos de dispersión, demora en estado de suspensión (Sanchez, 2016).

### **Limos.**

- Reducida resistencia seca, baja más si se emplea un horno (Sanchez, 2016).
- Emite polvo, y con sencillez se deshace manualmente.
- Frágiles y de rápido secado rollitos para el límite plástico, por lo que la humedad les genera grietas (Sanchez, 2016).
- Antes la dilatancia o vibración poseen una veloz reacción, aunque su resistencia es notablemente baja.
- Ante vibración, su superficie se torna húmeda; ante presión, se torna opaca.
- En cuestión de dispersión, tiene asentamiento en un aproximado de entre 15 minutos a 1 hora (Sanchez, 2016).

## **2.9. Componentes del suelo.**

En términos generales, se sabe que la tierra o suelo están compuestos por sólidos, gases, agua y hasta el propio aire. Cabe mencionar otros elementos constitutivos del mismo: guijarros, roca con diámetros ( $\phi$ )  $> 2$  cm; las gravas, con medidas entre 2 mm y 2 cm; arena gruesa, desde  $0,2\text{mm} < \phi < 0,2$  cm; arena fina, entre  $0,005\text{ mm} < \phi < 0,2$  mm; y limos, con diámetro aparente entre 0,005 mm y 0,05 mm; y arcillas, diámetro aparente inferior a 0,002 mm (o  $2\phi$ ) (Duque, 2016).

## 2.10. La Arcilla.

Compuesta por una serie de minerales, entre ellos la illita y la caolinita, de propiedades coloidales. En conjunto, la constituyen cristales microscópicos con una disposición plana de átomos de oxígeno, cationes de silicio, hierro, calcio, aluminio, potasio o magnesio, esto por su propiedad de intercambio iónico (Duque, 2016).

## 2.11. Suelo arcilloso.

Poseen mayoritariamente partículas de  $< 0,002\text{mm}$  de diámetro, estas denominadas arcillas son de importante análisis puesto cuanto más presencia haya de éstas en el suelo, más densidad poseerá y por tanto más pesados serán. También poseen buena retención de humedad y sales minerales, y una baja infiltración (Gomez, suelo arcilloso, 2017)

Destaca el subtipo de los Vertisoles, al extenderse por todo el planeta y poseer cualidades de expansión (Gomez, suelo arcilloso, 2017)



**Figura 1**

*Suelos arcillosos*

**Fuente:** (Gomez, suelo arcilloso, 2017)

**Elaborado por:** : Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)



## **2.12. Características de los suelos arcillosos**

### **Propiedades de las arcillas**

La superficie activa y su alta capacidad de su intercambio en las arcillas, sus propiedades desde el punto de vista edafológico. Estas propiedades están dadas por su pequeño tamaño, su carga eléctrica negativa y por su conductividad eléctrica (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

La cantidad de arcillas en un suelo es inversamente proporcional al nivel de permeabilidad del mismo, pero es proporcional a una elevada retención de agua y de almacenamiento de nutrientes. También dan al suelo muy baja aireación y lo hacen mucho más propenso a sufrir erosiones (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

Las propiedades fisicoquímicas de este tipo de suelo dependen del tipo de minerales que posea. Por ejemplo, la alúfana enriquece el intercambio catiónico, retención de humedad y porosidad; pero la caolinita brinda exactamente propiedades opuestas a las de la alúfana (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

### **Textura**

La textura ayuda a definir en gran parte un suelo arcilloso. Se la evalúa mediante la proporción arcilla-limo-arena, haciendo distinción en cuanto a las dimensiones de sus partículas (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

Cuando las de arcilla alcanzan el 25-45% del total de partículas, recibe la denominación de suelo arcillo-arenoso, arcillo-limoso o arcilloso de arcilla gruesa. Pero son >45%, se le denomina suelo arcilloso de arcilla fina (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

### **Porosidad: permeabilidad y aireación**

Cuando la arcilla tiene su textura y la estructura del suelo entonces tuvo influencia en su porosidad. (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

Por las partículas que contiene, estas arcillas tienen poros considerables, hace posible que la circulación de agua y aire sea dificultosa en el suelo. Estas condiciones conducen a una saturación del suelo en cuestión, que puede llevar a un atascamiento de agua en la superficie, ya que esta no infiltraría (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

Cuando contiene humus, la arcilla su frontera es positiva y sus agregados aumenta su tamaño y con ello sus poros son mayores, su permeabilidad es mejor y la aireación también. (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

**Capacidad de intercambio catiónico (es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales).**

Es cuando la arcilla y materia orgánica no conserva los cationes, estos serán arrastrados por el agua hacia horizontes inferiores (lixiviación Se llama así al fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus) causado por el movimiento de agua en el **suelo**). La capacidad de intercambio de iones positivos se debe a las cargas eléctricas negativas que existen en las arcillas (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

El pH (es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución) en el suelo puede afectar a la capacidad de intercambio de iones positivos. Esto es por la clase de arcilla que se presente en la tierra (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

Ante la presencia de caoliníticas y alófana, la carga eléctrica negativa varía en función del pH. En cambio cuando se presentan arcillas expansivas de relación 2:1, la carga es constante para cualquier valor de pH (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

**Efecto en la micro biota “el conjunto de los microorganismos (todas las bacterias, arqueas, eucariotas y virus) presentes en un entorno definido”. del suelo**

Los microorganismos del suelo establecen una cercana conexión de adhesión y separación respecto a las arcillas. En esa superficie ocurren procesos de intercambio de

iones, que serán captados o cedidos por parte de estas pequeñas formas de vida (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

### **2.13. Depósito de agua**

Cuando su permeabilidad es baja, los suelos arcillosos son depósitos naturales e incluso artificiales de agua. Algunos acuíferos se forman debido la existencia de un estrato arcilloso, (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

### **2.14. Composición**

Casi todos los tipos de arcillas se engloban en el grupo de los filosilicatos (son una subclase de los silicatos que incluye minerales comunes en ambientes muy diversos). Los variados tipos se basan la cantidad de láminas que lo conformen. Son muchos los tipos comunes, entre los que cabe mencionar la vermiculita, moscovita, y la caolinita; hay grupos menos comunes, como los óxidos de cuarzo, y por debajo de estos se encuentran algunos más, como las hematites, calcita y el yeso; y están aquellos formados a partir de cenizas volcánicas, como materiales amorfos y la cristobalita (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

Cabe mencionar que, dada su alta retención de humedad, los suelos arcillosos transitan mecanismos de oxidación, dato relevante una vez se hace la relación entre los óxidos de hierro hidratados y la consecuente coloración amarillo-rojiza de este tipo de suelos (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

## **2.15. Estructura**

**Complejo arcilloso-húmico (son moléculas complejas de color negro o café oscuro, con elevado peso molecular).**

Al mezclarse con material orgánico, los suelos arcillosos mejoran su estabilidad. El llamado complejo arcilloso-húmico habitualmente mejora los mecanismos por los que se forman agregados en el suelo, distante al efecto inestable de brinda a la arcilla el sodio. Es importante tener estas nociones en cuenta puesto que es necesaria la mezcla de arcilla con otros materiales; ya que en solitario no brindaría buena estructura ni infiltración de agua, y en su lugar solo se volvería duro y compacto (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

## **2.16. Arcillas expandibles**

Le otorgan al suelo fluctuaciones dramáticas en su naturaleza ante la humedad si se ubica en un clima tropical estacional; esto porque la arcilla se expandiría en períodos de lluvia, ablandando y plastificando el suelo, y se contraería en períodos secos, reseca, endureciendo y agrietando el suelo (Gomez, suelo arcilloso, 2017).

## **2.17. Hormigón reciclado.**

Dentro del término se incluyen escombros de construcciones desalojadas, que han sido mezclados con áridos naturales. Según la composición de este último depende la clase del hormigón final, ya que: influye mecánicamente, con las características de deformación elástica; y existe una relación proporcional entre la cantidad de árido

reciclado que se emplee y la notoria diferencia de calidad del hormigón reciclado que se esté elaborando (Gutierrez, 2018).

Con árido reciclado al 20-30%, el suelo mantiene sus cualidades; si el porcentaje aumenta, la calidad decrece; también debe considerar que fracciones más finas del árido resultan en peores características. Por otra parte, la calidad del hormigón original influye también, pero es más relevante cuando se busca buena resistencia. Otros factores que afectan la calidad del hormigón reciclado que se esté fabricando son el contenido de impurezas y la adición de arena reciclada. (Gutierrez, 2018).

Con todo lo anterior presente, lo único que puede asegurarse es la gran variabilidad de resultados en el hormigón reciclado de acuerdo con cómo se use el árido reciclado. El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) realizó un estudio de tipo experimental utilizando un árido reciclado exactamente en el límite admitido de calidad por norma, con el objetivo de evaluar las propiedades del hormigón reciclado bajo esa condición y acuñar los datos del experimento de forma normativa. El estudio arrojó resultados de hormigones reciclados de 50 N/mm<sup>2</sup>, pero por información de la bibliografía, los datos se han podido estimar hasta los 110 N/mm<sup>2</sup>; el análisis del estudio especificó que es limitada la pérdida de capacidad mecánica del hormigón reciclado hasta 50 N/mm<sup>2</sup>, por lo que no se debe utilizar para hormigones de alta resistencia (Gutierrez, 2018).

## **2.18. Estabilizadores**

Habitualmente la tierra con la que se necesitará trabajar no tiene las características apropiadas necesarias para el proyecto de construcción, por lo que puede ‘mejorarse’ mezclándola con estabilizadores (Paredes, 2019). Éstos pueden cumplir ciertas funciones como:

Aumentar la resistencia a la compresión e impacto del suelo, además de disminuir dilatación-contracción al aglomerar sus partículas (Paredes, 2019).

Bajar o anular la capacidad de absorción de agua, tapando poros, y en el caso de suelos arcillosos impermeabilizándolos (Paredes, 2019).

Disminuir la generación de grietas al brindar flexibilidad.

Disminuir la expansión-contracción excesiva al agregar elementos fibrosos a la tierra.

Debe recordarse que, sea cual sea la función del estabilizador elegido, su función se potencia cuanto más compactada quede la mezcla suelo-estabilizador (Paredes, 2019).

Para seleccionar el estabilizador ideal para la obra debe considerar primero: si el suelo como tal satisface los principales requisitos del proyecto y en qué grado, si el diseño de la obra considera las capacidades del material a usar, y si de verdad es necesario el uso de un estabilizador y en qué medida. El último punto es relevante desde el punto de vista, de costos y esfuerzos (Paredes, 2019).

## **2.19. Tipos de Estabilizadores**

Dado que no hay un estabilizador perfecto, deben probarse diferentes tipos y cantidades adecuados al proyecto (Paredes, 2019).

Los más comunes, de hallazgo en naturaleza:

- Arena y arcilla (Paredes, 2019)
- Paja y fibras de plantas (Paredes, 2019)
- Jugos de plantas (Paredes, 2019)
- Cenizas de madera (Paredes, 2019)
- Excremento de animal (Paredes, 2019)

Los más utilizados, de manufacturación:

- Cal y puzolana (Paredes, 2019)
- Cemento Portland (Paredes, 2019)

- Yeso (Paredes, 2019)
- Asfalto (Paredes, 2019)
- Estabilizadores de suelo comerciales (Paredes, 2019)
- Silicato de sodio (Paredes, 2019)
- Resinas (Paredes, 2019)
- Sueros (Paredes, 2019)
- Melaza (Paredes, 2019)

Elegir un estabilizador dependerá de costos, disponibilidad local y necesidades del suelo a trabajar (Paredes, 2019). Los estabilizadores mencionados serán descritos brevemente en siguientes secciones.

### **Arena y Arcilla**

Ayudan a mejorar la calidad de mezcla del suelo, añadiendo arcilla al arenoso o arena al arcilloso; ha de realizar en seco si se busca una mezcla uniforme. Dado que, en estado seco, la arcilla habitualmente de halla en formas duras, debe triturársela primero.

### **Paja, Fibras de Vegetales.**

Funcionan reforzando el suelo, alivianándolo, aumentando sus cualidades aislantes, acelerando el secado y reduciendo la formación de grietas en los arcillosos. La paja constituye el refuerzo más habitual del suelo. Hay más fibras, de vegetales, fibra de coco y varios otros que cumplen igual función.

Para alcanzar la mayor eficacia, el refuerzo vegetal debe estar al 4% por volumen, 20-30 kg por metro cúbico. No obstante, debe evitarse el abuso de estos recursos ya que pueden aumentar la absorción de agua y debilitar la tierra. Al cortarse, paja y fibras no deben exceder los 6cm de longitud.

## **Jugos de Plantas**

Al mezclarse con cal aumenta la resistencia en la erosión y reduce la captación del agua.

Las grasas y aceites vegetales: como son el aceite de coco o el de linaza, su eficacia depende de que se realice un secado rápido que otorgue resistencia al agua.

Aceite de miraguano: se tuestan las semillas de miraguano, se pulverizan y mezclan bien con agua en proporción 10 kg: 20-25 l.

## **Cenizas de Madera**

Debido a los altos niveles de calcio que posee, la ceniza derivada de madera dura quemada funciona como estabilizante, no recomendado en arcillosos ni en suelos con potencial fértil. Su máxima eficacia se da agregándola al 5-10% por. No brindan resistencia al agua, pero sí a la compresión en seco.

## **Excremento de Animal**

Se utiliza en enlucidos. Es probablemente de los más comunes y útiles estabilizadores por su efecto de refuerzo estructural y ahuyentado de insectos. Desafortunadamente, disminuye la resistencia a la compresión y no aumenta la resistencia al agua. También puede usarse orina de caballo en reemplazo del agua para mezcla, ya que aumenta la resistencia a la erosión y anula la generación de grietas, efectos que se potencian al añadir cal.

Aun frente a sus beneficios, estas alternativas no cuentan con buena aceptación social.



## **Otros Productos Animales**

La sangre de toro al mezclarla con cal disminuye la formación de grietas. Pero dada la nula regulación al respecto y la tentativa de delitos de crueldad animal, no debe ser recomendado.

Piel y pelo animal: refuerzan enlucidos.

Cola (pegamento) de animales: se elaboran con cuernos, pezuñas, etc., aumentan la resistencia a estados húmedos.

Hormigueros: resisten la lluvia, al pulverizarse funcionan como estabilizadores de suelos arenosos.

## **Cal y Puzolana**

Como se ha mencionado antes, los arcillosos que posean límites líquidos de  $\geq 40\%$  o sólo pueden estabilizarse con cal, ya que permite aglomeración de sus partículas. Si el suelo contiene bajos niveles de arcilla, a la cal se le puede adicionar puzolana (cenizas de cáscaras de arroz, volantes, etc.) en pro de conseguir un aglomerante semejante al cemento.

Al calcinar piedra caliza se puede obtener cal viva, que también sirve de estabilizador, pero con notorias desventajas: debe triturársele bastante para ser viable, alcanza temperaturas de  $>150^{\circ}\text{C}$ , y se seca muy rápido el suelo ante calor de hidratación pudiendo llegar a dilatar el proceso de hidratación incluso algunos meses. Por otro lado, si se agrega agua a la cal viva se forma cal hidratada o ‘apagada’, que es muy similar a la anterior, pero con menos desventajas, puede usarse en polvo seco, en lechada de cal o en masilla de cal.

Independientemente a la puzolana, no hay forma de normalizar una proporción estándar para la cal como estabilizador, por lo que exige realización de ensayos para probarla.

Puede oscilar en 3-14% por peso seco como cantidad ideal, pero en realidad está sujeto más a la cantidad de arcilla que a la de cal como tal.

La mejor manera de mezclar el suelo húmedo con cal es mezclar y dejar bajo techo por 2 días, en ese tiempo los grumos de arcilla tienden a fracturarse. Con este proceso tendremos una mezcla homogénea que se la utilizaría en el área de la construcción. (La proporción de esta mezcla entre la cal: puzolana puede variar entre 1:1 y 1:3).

La forma de curar este suelo estabilizador es mantenerlo en un ambiente fresco ya que la temperatura ayuda a mejorar su resistencia a la compresión. El curado de este suelo se lo puede acelerar utilizando cemento.

### **Cemento Portland**

Su utilidad es mejor en los suelos con poca arcilla, esto con la mezcla de arena, grava y con el agua, con esta mezcla al suelo es para llenar los vacíos, forman o tienes las partículas del suelo, el comportamiento es igual que el mortero cemento con arena para su trabajabilidad es recomendable utilizar, (Paredes, 2019).

La forma correcta de mezclarlo es en estado seco y el agua se lo hidrata antes de utilizar la mezcla, esto es debido porque al mezclarlo tiende a fraguar si no se lo realiza a tiempo se endurece y pierde su utilidad obteniendo una buena mezcla mayor será su resistencia a la compresión (Paredes, 2019).

### **Yeso**

Su utilización como estabilizador es poco habitual, por lo que no se cuenta con mucha información documentada. Es un material de gran abundancia en la mayoría de países, y considerablemente menos costoso que otros estabilizadores como cal o cemento.

Una ventaja es que no se necesitan extenso tiempo de curado puesto que, al mezclarse con agua, el yeso endurecerá velozmente, y los bloques que estabilice pueden emplearse en la

obra conforme se van elaborando; se recomienda la proporción de yeso al 10%. Otros beneficios se describen en que brinda baja contractibilidad, elevada resistencia mecánica, apariencia lisa, resistencia al fuego, libre de ataques de insectos y es de buena aglomeración con fibras.

Sin embargo, es muy soluble en agua, por lo que deben tomarse medidas protectoras ante lluvias: enlucidos o techos en estructuras exteriores, asilamiento de la humedad interna, alejar vapor y condensación de agua, y protegerlo de absorción capilar de agua.

### **Asfalto**

El asfalto diluido, mezclado con un disolvente como nafta, o el asfalto en emulsión, diluido con agua, puede emplearse como estabilizador de suelo (Paredes, 2019).

Una vez mezclado, ha de extenderse previo a la elaboración de los bloques, de esta forma se da oportunidad al disolvente de evaporarse. Luego, cabe mencionar que se recomienda mezclar primero en una porción pequeña el asfalto previamente diluido (Paredes, 2019).

En cuanto a las emulsiones, poseen características fluidas y de rápida mezcla son suelo húmedo, solo debe usarse moderadamente puesto que ante un exceso de descompondrá muy pronto (Paredes, 2019).

Debe asegurarse agregar una baja cantidad del estabilizar para que al momento de compactar las mezclas no estén húmedas, disposición indispensable. El asfalto debe estar al 2-4%, exceder dicho porcentaje aminora la resistencia del suelo. En cuanto al suelo ya estabilizado, debe curarse en aire seco en cerca de 40°C (Paredes, 2019).

Cabe aclarar que el asfalto como estabilizador no agrega más resistencia al suelo, pero sí reduce la captación de agua, siendo útil repeliendo humedad. Además, se registra mayor eficacia de este estabilizador en tierras arenosas y limosas, con límite líquido de 25-35% e índice de plasticidad de 2.5-13% (Paredes, 2019).

## **Estabilizadores Comerciales**

Son más bien productos químicos hechos a mano que sirven para estabilización de la tierra a emplear en la fabricación de carreteras. Son, en esencia, impermeabilizantes, por lo que no mejoran realmente el suelo en cuestiones de resistencia a compresión.

De acuerdo con el tipo de estabilizadores, la cantidad necesaria de este oscilará entre 0.01-1% por peso, lo que exige un buen mezclado para una completa distribución uniforme, ya que, como se ha mencionado antes, el estabilizador solo alcanza su máxima eficacia al entrar en contacto con todas las partículas del suelo con el que se trabajará.

Uno de estos estabilizadores comerciales destacados son las soluciones silicato de sodio, al que también se le conoce como vidrio soluble, por su bajo costo y gran disponibilidad en todo lugar. Se suele utilizar con suelos arenosos y se desaconseja mucho su uso en suelos arcilloso. Además de funcionar como impermeabilizante, ayuda a impedir que aparezcan y se desarrollen hongos.

Se recomienda mezclarlo al 5% con el suelo, no obstante, suele utilizarse extendido en toda la superficie. Para aplicar la solución de silicato de sodio, habrán de sumergirse primero los bloques de suelo alrededor de 60 segundos en ella, previa aplicación de esta con ayuda de una brocha dura; se repite el proceso y luego deben dejarse secar los bloques por 1 semana.

## **Resinas**

Se obtienen de extractos vegetales (por ejemplo, savia de árbol) procesados. Dado que se han documentado buenos resultados de estabilización con resina, cabe describirla.

Como estabilizador, otorga beneficios como resistencia al agua, solidificación ante humedad y un fraguado veloz. No obstante, emplearla en construcción representa un elevado costo puesto que se requeriría en mayores cantidades que otros estabilizadores y

ocuparía de equipo muy sofisticado para su elaboración. Esto sin mencionar que generalmente son de naturaleza tóxica y de rápida degradación por entes biológicos.

### **Sueros**

En específico la caseína, es una sustancia abundante en proteínas presente en la leche y derivados. En construcción, se emplea como estabilizador superficial de tierra; se lo utiliza en mortero con cal y suelo y así se protege la superficie ante factores atmosféricos sin impedir que el suelo respire.

Lo ideal es aplicar en 2 o 3 capas delgadas la lechada de cal si se busca evitar agrietamientos y promover la adherencia, también ayuda el uso de suero como imprimación.

### **Melaza**

Es un producto de segunda línea de las azucareras. Es relevante para el presente estudio dado los beneficios que puede aportar a los suelos, como el aumento de resistencia a compresión y la disminución de su capilaridad

La melaza beneficia con mayor facilidad suelos arenosos y limosos, y, con algo de cal, también a los arcillosos. Se utiliza el 5% de la melaza por perforación de suelo.

### **Cómo utilizar los estabilizadores**

La completa eficacia del estabilizador depende de que se logre su contacto con todas las partículas del suelo, para lo cual debe elaborar un mezclado completo útil. Es necesaria la preparación y ensayos previos para hallar la mezcla idónea, en cuestiones proporcionales del estabilizador.

El proceso de llegar a la combinación exacta es extenuante, pues lo correcto es elaborar 5-7 bloques de prueba por cada una de las mezclas, los mismos que pasarán por varios

ensayos que evaluarán características como resistencia a compresión post-secado, inmersión en cuerpos de agua, humedad y secado extendido, etc.

Si para la estabilización de unos bloques se emplea cemento portland y cal, será necesario que se curen en húmedo por un tiempo no inferior a 7 días, sólo así alcanzarán una óptima resistencia.

Para la realización de los ensayos en búsqueda de un buen estabilizador debe considerarse también: procurar un símil de las condiciones climáticas locales, de acuerdo con la naturaleza de la región.

Para el caso de los bloques es poca la cantidad de suelo necesaria; pero ya en la producción en masa de bloques para la ejecución de la obra se necesitarán mezclar cantidades abundantes de suelo, en cuyo caso debe aumentarse un poco el porcentaje de estabilizador salvo los casos donde se emplee como material el cemento.

Ha de considerarse que, aunque se haga todo el esfuerzo posible para hallar el mejor estabilizador, la meta es encontrar uno que satisfaga los requerimientos con la menor cantidad de éste, equilibrando calidad y costo.

## **2.20. Cascara de maní.**

### **Los universos de la cáscara de maní**

“La Argentina cosecha aproximadamente un millón de toneladas de maní al año — entre el 80 y 90% se cultiva en la provincia de Córdoba— y exporta casi el 95% de la producción”, afirmó Silva, y añadió que como casi un cuarto de lo que se produce es cáscara, es necesario gestionarla. “Hasta hace algunos años se quemaba a cielo abierto. Esto impactaba negativamente en la salud y en el ambiente. Hoy se usa para generar el gas que alimenta los hornos donde se seca el maní —o sea, como fuente de energía— y como componente de ladrillos o placas de madera para la construcción. Y todavía queda mucha cáscara para valorizar” (InfoAgro, 2021)

En los estudios del INBA se aplicaron diferentes temperaturas de pirólisis para producir biocarbón de cáscara de maní, se analizaron los rendimientos y las características del sólido, y se determinó cuán útil era como enmienda de suelos. Según Silva, “para evaluarlo como enmienda, pusimos el biocarbón en agua, lo dejamos una noche, filtramos el agua y obtuvimos un extracto. Luego, colocamos diferentes concentraciones de ese líquido en recipientes que contenían semillas de lechuga, con el objetivo de evaluar cómo afectaba la germinación y el crecimiento de las plantas. La idea fue investigar los impactos de los compuestos que se liberarían desde carbón al suelo” (InfoAgro, 2021).

“Encontramos un notable efecto promotor del crecimiento en las plantas de lechuga. Las raíces y los tallos crecieron entre un 50 y un 100% más que las plantas que recibieron sólo agua”, detalló Mariana. Estos resultados están publicados en la revista científica Springer Nature, en co-autoría con Laura Moyano, investigadora de la Universidad Nacional de Córdoba, y Ana Scopel, del INBA.

El biocarbón efectivamente liberó al agua compuestos que estimulan el crecimiento vegetal. “Aún nos falta aislar el compuesto y hacer ensayos específicos. Nuestros resultados abren una gran puerta para usar la cáscara de maní como enmienda para suelos. En el laboratorio trabajamos con un horno tubular de 50 cm de largo y 60 cm de diámetro, y con 1 gramo de material biológico, pero es posible llevar la pirólisis a escalas más grandes. Si bien requiere una inversión inicial en hornos, no es un proceso costoso de mantener”, puntualizó Mariana (InfoAgro, 2021).

### **Maní o Cacahuete (*Arachis hypogaea*)**

Otros de los tipos de legumbres con una importante fuente de proteínas, vitaminas y minerales, como lo es Todo sobre el cultivo de Maní; concepto, historia, aplicaciones, características, tipos, propiedades nutricionales-medicinales, producción mundial, enfermedades-plagas, importancia, ejemplos y resumen del proceso de siembra del maní o cacahuete (Pineda, 2021)

### **Qué es el Maní**

El cacahuate, es una planta anual herbácea de las leguminosas o tipo de legumbre cuyos frutos secos de vaina contiene diversas semillas y es cultivado en todos los climas del mundo para el aprovechamiento de su semilla con diversos fines (Pineda, 2021).

### **Historia del Maní**

El origen del maní, datan de tiempos antiguos del año 6494 a. C. en Paiján y en el valle de Ñanchoc Perú o desde hace siete mil u ocho mil años y actualmente se ha extendido ampliamente por regiones de Asia, África y Oceanía (Pineda, 2021).

### **Usos y Aplicaciones del Maní**

Sirve para: la alimentación humana en forma de semilla cruda, frita o tostada, crema o manteca de maní sucedáneo del café y como materia prima para la producción de “aceite de cacahuate.

Asimismo, su cáscara se reutiliza como combustible para calderas, mezclar con alimento para ganado, forraje, sustrato para aves de corral, medio de cultivo para hongos y como remedio casero para combatir diversas patologías.

### **Características**

También conocida como cacahuate, su nombre científico *Arachis hypogaea* L, es un cultivo desde épocas remotas, originaria de Brasil, es un híbrido de dos especies silvestres, capaz de fecundarse a sí misma, apto para enfermos celíacos, sus flores luego de la polinización se hunden en el suelo, hay dos variedades, las erectas y las rastreras, es la tercera leguminosa de importancia a nivel mundial y sus principales países de cultivo son China y la India (Pineda, 2021)



## **2.21. Fibra de plástico.**

### **Qué son los plásticos**

Una de las principales innovaciones del siglo XX fue la introducción y el desarrollo de los materiales plásticos y su uso en múltiples aplicaciones, tanto industriales como cotidianas, que anteriormente dependían de materiales tradicionales como el metal, el vidrio o la cerámica.

El plástico es un material ligero, duradero, barato y fácil de modificar. Está formado por polímeros, que son grandes moléculas orgánicas compuestas por unidades o cadenas repetidas de carbono llamadas monómeros, como el etileno, propileno, cloruro de vinilo y el estireno.

Los monómeros se obtienen del petróleo y los combustibles fósiles, o de la biomasa en el caso de los bioplásticos, y determinan las propiedades básicas, la estructura y el tamaño de los polímeros. No obstante, en el proceso de fabricación también intervienen sustancias aditivas que modifican, optimizan y mejoran las propiedades de los plásticos. Por ejemplo, mejoran la flexibilidad o la durabilidad del polímero, la resistencia a la degradación por rayos UV y a la combustión, o le aportan color

### **Clasificación de los materiales plásticos**

En general, los materiales plásticos pueden dividirse en termoplásticos y termoestables. Cuando se calientan, los componentes termoplásticos pueden moldearse y deformarse repetidamente, mientras que los materiales termoestables no pueden volver a moldearse tras su formación. Los termoplásticos son más comunes e incluyen, entre otros, el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el tereftalato de polietileno (PET), el cloruro de polivinilo (PVC) y el poliestireno (PS). Algunos plásticos termoestables son el poliuretano (PUR) y las resinas o recubrimientos epoxi.

### **Tereftalato de polietileno (PET o PETE):**

El PET es uno de los materiales plásticos de mayor producción mundial. Se considera seguro para los alimentos y bebidas y posee una alta capacidad para evitar que el oxígeno penetre en el envasado y estropee los alimentos. Se trata de un plástico altamente reciclable, barato, resistente y que posee muy buena relación resistencia-peso. Se utiliza para fabricar envases de comida, botellas de plástico y fibra poliéster como la que encontramos en la ropa. Del mismo modo, también se destina a una amplia variedad de usos industriales, entre los que destacan la fabricación de fibra de vidrio y los nanotubos de carbono.

### **Polietileno (PE):**

Es el plástico más común de la tierra y puede fabricarse en diferentes densidades. Cada densidad le confiere al plástico final unas propiedades físicas únicas. Como resultado, el polietileno se encuentra en una gran cantidad de productos.

#### **Polietileno de baja densidad (LDPE o PEBD)**

El PEBD Tiene una alta ductilidad, pero una baja resistencia a la tracción, por lo que es más flexible que otros plásticos. Se utiliza para fabricar productos como bolsas de plástico, envases transparentes para alimentos, envases desechables y aislantes de cables entre otros.

#### **Polietileno de media densidad (MDPE)**

Al poseer más cadenas de polímero y, por tanto, mayor densidad, el polietileno de media densidad suele utilizarse en tuberías de gas, películas retráctiles, bolsas de transporte y cierres de rosca.

#### **Polietileno de alta densidad (HDPE)**

El HDPE se considera respetuoso con el medio ambiente, además, la fabricación de este tipo de plástico solo requiere de una pequeña fracción de la energía que se necesitaría para producir acero a partir del mineral de hierro. Es un plástico resistente a la

degradación, a los agentes ambientales y bastante rígido, por ello se utiliza para fabricar multitud de productos, como por ejemplo contenedores de materiales, cubos, señalizaciones, ruedas dentadas, tuberías de agua y alcantarillado.

### **Polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE)**

El UHMWPE se caracteriza por tener una alta densidad y ser más resistente a la abrasión, debido a la extrema longitud de sus cadenas poliméricas. Al poseer una alta densidad, fuerza y propiedades de baja fricción, se utiliza en blindajes militares, sellos, cojinetes hidráulicos y biomateriales como los implantes de prótesis médicas.

### **Polipropileno (PP)**

El polipropileno es un plástico muy duro, resistente al calor y semitransparente que conserva su forma después de mucha torsión, flexión o plegado. Su uso generalizado y su popularidad son indudables, puesto que es uno de los polímeros termoplásticos más flexibles del planeta. Duraderas, flexibles, resistentes al calor, a los ácidos y baratas, las planchas de polipropileno se utilizan para fabricar equipos de laboratorio, piezas de automóvil, bisagras, dispositivos médicos y envases alimentarios, entre otros.

### **Policarbonato (PC)**

Resistente, estable y transparente, el policarbonato es un excelente plástico de ingeniería tan claro como el vidrio y doscientas cincuenta veces más fuerte. Las láminas de policarbonato transparente son fáciles de trabajar, moldear y, aunque es extremadamente fuerte y resistente a los impactos, el plástico de policarbonato posee una flexibilidad de diseño inherente. Se encuentra en una gran variedad de productos, como invernaderos, DVDs, gafas de sol, equipos antidisturbios, etc.

### **Cloruro de polivinilo (PVC)**

El PVC es un polímero que posee propiedades rígidas o flexibles y es bien conocido por su capacidad para mezclarse con otros materiales. Por ejemplo, las láminas de PVC expandido son un material de cloruro de polivinilo espumado que resulta ideal para productos como quioscos, expositores de tiendas y exhibiciones. La forma rígida del PVC

se utiliza habitualmente en materiales de construcción, puertas, ventanas, suelos, revestimientos, etc. Con la adición de plastificantes como los ftalatos, la forma más blanda y flexible del PVC se encuentra en productos de fontanería, aislamiento de cables eléctricos, ropa, tubos médicos y otros productos similares.

### **Poliestireno (PS)**

Se trata de un termoplástico transparente que lo podemos encontrar tanto en su forma de plástico sólido, como en material de espuma rígida. El uso del poliestireno está muy distribuido y se utiliza tanto en envases, dispositivos médicos como tubos de ensayo o placas de Petri, como en cacahuetes de espuma de poliestireno, piezas de electrodomésticos, automóviles y ordenadores entre otros. En la industria sirve especialmente para fabricar ruedas dentadas para cadenas de rodillos, sillas de varillas o poleas.

### **Ensayos de polímeros**

Los ensayos desempeñan un papel fundamental en el ciclo de vida de un polímero, desde la materia prima, pasando por el compuesto, hasta el producto final. Cada etapa tiene diferentes requisitos de ensayo, y además puede necesitar un tipo de test diferente en función de su utilidad, ya sea en el desarrollo de productos, el control de calidad, caracterización de materiales, pruebas de propiedades o análisis de ingeniería forense para la identificación de fallos.

Algunos de los tests más comunes a los que se les somete a los de materiales plásticos son:

- ✓ Pruebas mecánicas, como la tracción, flexión, cizallamiento y compresión.
- ✓ Ensayos físicos, que incluyen test de densidad, dureza y resistencia al rayado.
- ✓ Ensayos reológicos, entre los que se encuentran pruebas de capilaridad, rotación o índice de flujo de fusión.
- ✓ Ensayos térmicos.
- ✓ Pruebas ópticas.
- ✓ Ensayos climáticos.

En definitiva, la gran variedad de tipos de productos y aditivos disponibles hace que comprender las capacidades y limitaciones de un material sea un tema clave para los proveedores, fabricantes y desarrolladores de productos en todos los niveles de la cadena industrial. Los ensayos mecánicos, térmicos, ópticos, de comportamiento reológico y climáticos permiten comprender mejor el material, el producto y el rendimiento.

## **2.22. Clasificación de suelos**

Un sistema de clasificación de suelos proporciona un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada; consiste en categorizar y agrupar a los suelos junto con otros que posean características semejantes en cuanto a propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas similares. Según el tamaño de las partículas, podemos distinguir los siguientes tipos de suelos: (Zapata, 2018)

- Gravas - Arenas - Limos - Arcillas

### **Suelo arcilloso.**

Los suelos arcillosos son aquellos en cuya composición de partículas (textura) predominan las partículas menores a un diámetro de 0,002 mm (denominadas arcillas). Cuando el predominio de arcillas es muy alto, se consideran suelos pesados, por su alta densidad. Las arcillas son muy importantes en la fertilidad del suelo. Retienen las sales minerales al formar agregados con el humus (fracción coloidal de materia orgánica descompuesta) y son buenas en la retención de humedad (Gomez, suelo arcilloso, 2018).

Por otra parte, los suelos extremadamente arcillosos representan un problema para la agricultura debido a su infiltración deficiente. Los suelos arcillosos más característicos son los del orden Vertisoles (arcillas expansibles). Este tipo de suelos se encuentran distribuidos por todo el planeta. Entre las especies que más se cultivan en estos destaca el arroz. Otros como la piña y el caucho también tienen buena producción (Gomez, suelo arcilloso, 2018).

### **California Bearing Ratio (CBR)**

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” o 0.2” de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. (Fernandez M, 2017).

### **2.23. Pavimentos**

Es la estructura esencial de una vía, cuyo fin último es resistir las cargas del tránsito y transmitirlos al terreno, de tal forma que no genere deformaciones. Al mismo tiempo, debe representar una superficie ideal para el rodamiento de vehículos al ser lisa y de gran resistencia. El pavimento estará conformado habitualmente por las capas sub-base, base y de rodamiento; mientras que todo ese conjunto de capas ha de asentarse sobre una capa denominada sub-rasante (Mendoza, 2018).

#### **Estructura de los pavimentos**

Los pavimentos poseen una serie de capas que constituyen su estructura completa, y se complementan con distintas funciones que tienen como una de las metas principales la de asegurar la amortiguación de las cargas subsecuentes a las presiones de vehículos del tránsito y garantizar durabilidad; para esto, cada capa contará con especificaciones respecto a propiedades mecánicas, materiales, espesores, calidad y cantidades, entre otras. (Mendoza, 2018).

Por tanto, el pavimento puede reaccionar a manera de estados de esfuerzo, deflexiones o deformaciones frente a elementos como el tránsito, y la eficacia de sus respuestas evidenciará su calidad. Las características del pavimento determinarán, entre otras cosas, qué tan largo será su ciclo de vida; al comenzar a degradarse y fallar se intuirá que ha llegado a su fin (Mendoza, 2018).

En términos generales, el pavimento ofrece la planicie para el adecuado rodamiento de los vehículos y transmitir distributivamente sus cargas generadas, sin exceder las tensiones

de sus capas y suelo base. Las capas de los pavimentos poseen una resistencia que se reduce conforme avanza la profundidad, habitualmente dichas capas son: carpeta de rodamiento, base y sub-base, todo lo anterior apoyándose en la capa sub-rasante (VISE, 2017).

### **Capa sub-rasante**

Hace referencia al terreno, al natural inicial, sobre el que descansará el pavimento, por lo que técnicamente no es parte de la propia estructura; no obstante, sus cualidades son de indispensable análisis. Ha de contemplarse en especial su capacidad de soporte, tomando en consideración la transmisión de cargas hasta él desde el pavimento y el cuidado a tener con las demás estructuras, como el terraplén. Su capa superior se delimita con la línea sub-rasante, lo que habitualmente está para por las especificaciones del proyecto, para lo cual debe revisar la pendiente longitudinal, la altura del lugar o de la misma obra, entre otros. (VISE, 2017).

### **Capas de relleno o material selecto**

Presenta elevada resistencia y es compacta; para su elaboración se pueden emplear, o bien materiales naturales, o bien materiales modificados ligeramente. Si se elabora una capa de relleno es importante asegurar una excelente calidad de materiales, aún más que en la capa sub-rasante, a la cual debe aventajar en propiedades y beneficios. Esto debe realizarse de esa forma porque la función principal de la capa relleno es desviar la carga de tráfico lo más posible de la capa sub-rasante empleando material útil, pero del menor costo posible (VISE, 2017).

### **Capa Sub-base**

Se erige inmediatamente por encima de la tierra acumulada en terraplenes. Es útil para que, al reducir el espesor de la capa base, disminuyan los costos de la construcción del pavimento: además, protege a la capa que se asienta sobre ella al impedir su contacto con la tierra, que de otra forma alteraría el volumen de la capa base mediante humedad. También radica su importancia en no permitir el ascenso del agua al cortar mecanismos

de capilaridad y es la capa de transmitiría las cargas del tráfico a la tierra como tal (VISE, 2017).

### **Capa Base**

Está construida por encima de la sub-base, y se emplean mejores materiales que los utilizados para aquella, buscando apoyar su función principal de ser el foco de resistencia estructural para las cargas del tráfico; para ellos su espesor ha de ser preciso y debe asegurarse que, aún en condiciones de humedad, esta capa no sufra alteraciones de volumen considerables (VISE, 2017).

### **Capa de rodadura o revestimiento asfáltico**

Cuando se trata de rodadura (pavimentos flexibles) se emplea material pétreo junto a un producto de asfalto (aglutinación) para el revestimiento. Esta llamada capa de rodadura debe su nombre al constituir una superficie que optimiza el rodamiento del tráfico, y en adición facilita la conducción de las cargas del mismo a la capa base, que constituye esencialmente su apoyo. Otra cualidad importante de esta capa es contar una permeabilidad mínima, para impedir que el agua alcance la capa base. Es oportuno mencionar, además, que una mezcla de asfalto hecha y colocada en caliente da como resultado un revestimiento de mejor calidad (VISE, 2017).



## **2.24. MARCO LEGAL**

### **Normativa nacional**

La constitución de la Republica del Ecuador (Ecuador, 2008), en los siguientes artículos nos habla del derecho que tienen todas las personas.

**Art. 30 y 31.-** nos indica el derecho de contar con una vivienda de manera segura, así como el respeto a cualquier ideología que puede tener el ser humano.

**Art. 264. 7 y 281. 8.** Nos habla sobre los implementos de salud, educación, los espacios públicos deportivos y el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica que debemos contar.

**Art. 350 y 385.-** la educación superior será una formación académica superior con visión científica, tecnológica, humanista e impulsar la producción nacional que sea eficiente y productiva.

### **Reglamento general a la ley orgánica de educación superior.**

Estado garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales (decreto ejecutivo 742, 2019).

Artículo 26 establece que la educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal

Artículo 27 establece que la educación es el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente y a la democracia.

Artículo 28 nos indica que la educación responderá al interés público, y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos

5 y 13 del artículo 147, establecen que corresponde al Presidente de la República dirigir la administración pública en forma desconcentrada y expedir los decretos necesarios para su organización (decreto ejecutivo 742, 2019).

Artículo 344 es sobre el Régimen del Buen Vivir, determina que el sistema nacional de educación, así como acciones en los niveles de educación inicial, básica y bachillerato, y estará articulado con el Sistema de Educación Superior.

Artículo 350 señala que el Sistema de Educación Superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y

Artículo 351 el Sistema de Educación Superior estará articulado al sistema nacional de educación y al Plan Nacional de Desarrollo; la ley establecerá los mecanismos de coordinación del Sistema de Educación Superior REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR (decreto ejecutivo 742, 2019)

Artículo 352 el Sistema de Educación Superior estará integrado por universidades y escuelas politécnicas; institutos superiores técnicos, tecnológicos y pedagógicos; y conservatorios superiores de música y artes, debidamente acreditados y evaluados.

### **Reglamento de titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.**

Que la unidad de titulación es la unidad curricular que incluye las asignaturas, cursos o sus equivalentes, que permiten la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera para la resolución de problemas, dilemas o desafíos de una profesión (universidad laica vicente rocafuerte, 2019).

Que el resultado final de esta unidad curricular es:

- a) el desarrollo de un trabajo de titulación, o,
- b) la preparación y aprobación de un examen de grado de carácter complejo, con los cuales se realiza la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera por los estudiantes (universidad laica vicente rocafuerte, 2019).

Que en ambas modalidades el estudiante deberá demostrar el manejo integral de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional, así como las destrezas alcanzadas al término de la misma, sin que le sea permitido realizar otra unidad curricular distinta a las señaladas en la Ley (universidad laica vicente rocafuerte, 2019)

Que en ejercicio de la autonomía universitaria establecida en el Art. 351 de la Constitución de la República y al amparo de la potestad reglamentaria ejercida por el Órgano Colegiado Superior (OCAS) de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Art.17.-Proyecto de Investigación. - Es una propuesta que pretende encontrar resultados que den respuesta a un problema que surja de las prácticas pre-profesionales, vinculación con la sociedad o de su experiencia laboral. En esta opción se puede hacer uso de cualquiera de los métodos y tipos de investigación existentes que apliquen al tema motivo de la propuesta, una investigación exploratoria y diagnóstica, la base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta (universidad laica vicente rocafuerte, 2019)

### **Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida**

Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

Incentivar la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, impulsar el cambio mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades.

Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico.

En la presente investigación y trabajos a realizar, regirá la normativa establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de acuerdo MOP - 001-F 2002 ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES: Capítulo 400 (Estructura del pavimento): Sección 404 (Bases), en la que se establecen lineamientos de uso, procedimientos y materiales, acorde a las consideraciones de diseño según lo remarcado para el presente estudio.

La totalidad de los ensayos han de realizarse bajo los requerimientos de: Norma A.S.T.M. (Asociación Americana de Ensayos de Materiales), AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), INV (Instituto Nacional de Vías) y NLT (No Less Than):

### **MTOP en sus capítulos.**

- SECCION 402      Mejoramiento de la subrasante      IV-16
- SECCION 404      Bases      IV-50

### **Normas de los ensayos a estudiar**

Todos los ensayos del presente trabajo serán realizados bajo las respectivas normas:  
Norma A.S.T.M., AASHTO, NLT y INV:

Toma de muestras superficiales de suelo inalterado **N.L.T. 203 - 77, INV E 112**

Contenido de humedad **A.S.T.M. D 2216, INV E 122**

Granulometría **A.S.T.M. D 422 - 77, INV E 123**

Limite Liquido **A.A.S.H.T.O. T 89, INV E 125**

Limite plástico **A.A.S.H.T.O. T 90, INV E 126**

También consideramos las normas **N.E.C. (Norma Ecuatoriana de la Construcción)**, en su capítulo NEC – SE – GC: Geotecnia y Cimentaciones, todas estas **NORMAS** estará en los anexos de este estudio.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Enfoque de la investigación**

Cuando hablamos de enfoque de investigación, nos referimos a la naturaleza del estudio, la cual se clasifica como cuantitativa, cualitativa o mixta; y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas: desde la definición del tema y el planteamiento del problema de investigación, hasta el desarrollo de la perspectiva teórica, la definición de la estrategia metodológica, y la recolección, análisis e interpretación de los datos. De esta forma, la selección del enfoque de investigación nunca se reduce a un asunto de azar o capricho, sino, a decisiones de quien investiga, en función de la construcción del problema y las metas del estudio (Mata, 2019).

En esta investigación el enfoque es cuantitativo, dado que se realizará una amplia recolección, toma de información, datos (ensayos respectivos para el análisis de la estabilización de suelos expansivos y magnitudes numéricas entre las cuales podemos determinar el C.B.R. para determinar el porcentaje de hinchamiento que tendrá la muestra y este dentro de los parámetros de las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas. Al final se medirán las variables y se analizarán los datos obtenidos en la investigación.

#### **3.2. Alcance de la investigación**

El alcance de una investigación indica el resultado lo que se obtendrá a partir de ella y condiciona el método que se seguirá para obtener dichos resultados, por lo que es muy importante identificar acertadamente dicho alcance antes de empezar a desarrollar la investigación. A continuación se presentan los cuatro tipos de alcance que puede tener una investigación, explicando cuándo es conveniente aplicar cada uno (barchitec, 2017).

Un proyecto de investigación nace con una idea que tiene el investigador de estudiar un tema de su interés, y que al revisar la literatura disponible encuentra un problema o área de oportunidad a atender. Y cuando se define el problema de investigación, es momento también de establecer el alcance de la misma (Barchitec, 2017).

- Estudio exploratorio: información general respecto a un fenómeno o problema poco conocido, incluyendo la identificación de posibles variables a estudiar en un futuro.
- Estudio descriptivo: información detallada respecto un fenómeno o problema para describir sus dimensiones (variables) con precisión.
- Estudio correlacional: información respecto a la relación actual entre dos o más variables, que permita predecir su comportamiento futuro
- Estudio explicativo: causas de los eventos, sucesos o fenómenos estudiados, explicando las condiciones en las que se manifiesta.

El tema a investigar será de carácter Exploratorio y Descriptivo, exploratorio porque son materiales innovadores como es la fibra de plástico, fibra de cascara de maní y como complemento el suelo cemento, y este estudio dejara la posibilidad de seguir estudiándolo con otro tipo de alternativas.

### **3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos**

#### **3.3.1. Técnica.**

En una investigación, la recolección de datos es un proceso estrechamente relacionado con el análisis de los mismos, sin embargo cada tipo de investigación requiere técnicas apropiadas a utilizar y cada técnica establece su propio instrumento, herramientas o medios a emplear; existen varias técnicas e instrumentos que le permite al investigador recolectar datos de una muestra acerca del problema de la investigación y de la hipótesis de trabajo (Contreras & Roa, 2015).

Las técnicas que se utilizan en esta investigación son los ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. que este dentro de lo requerido. Una vez definida las proporciones adecuadas que permitan disminuir la expansión se realizará el análisis donde se tiene la

siguiente etapa en la cual se obtendrán los datos necesarios, criterios o variables del muestreo.

Aquí recopilamos todos los datos respectivos de cada ensayo realizado a cada variable propuesta, así como la elaboración del análisis de estabilidad.

### **3.3.2. Instrumento**

La técnica documental permite la recopilación de información para enunciar las teorías que sustentan el estudio de los fenómenos y procesos. Incluye el uso de instrumentos definidos según la fuente documental a que hacen referencia. La técnica de campo permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad objetiva (Contreras & Roa, 2015).

Los ensayos e instrumentos a utilizar en el proyecto fueron:

- Granulometría del suelo norma (ASTM D-422)
- Límites de Atterberg norma (ASTM D-4318)
- Contenido de humedad natural norma (ASTM D-2216)
- Ensayo de compactación de Proctor norma (AASHTO T- 180)
- Ensayo de CBR norma (ASTM D1883)
  
- Prensa hidráulica
- Formatos realizados por Autores del Proyecto.
- Fichas de resultados.
- Equipos usados en el laboratorio RUFILIN

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población es: “el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”

Para Arias (2012) define como “...población un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación...”

Expuesto lo anterior, los autores concuerdan que la Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de esta poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación (Rojas, 2017).

Para el tema investigativo la población será todos los suelos blandos existentes en nuestro país en especial la arcilla la cual es considerada un suelo blando de baja capacidad portante

#### **3.4.2. Muestra**

El muestreo es indispensable para el investigador ya que es imposible entrevistar a todos los miembros de una población debido a problemas de tiempo, recursos y esfuerzo. Al seleccionar una muestra lo que se hace es estudiar una parte o un subconjunto de la población, pero que la misma sea lo suficientemente representativa de ésta para que luego pueda generalizarse con seguridad de ellas a la población.

El tamaño de la muestra depende de la precisión con que el investigador desea llevar a cabo su estudio, pero por regla general se debe usar una muestra tan grande como sea posible de acuerdo a los recursos que haya disponibles. Entre más grande la muestra mayor posibilidad de ser más representativa de la población.

En la investigación experimental, por su naturaleza y por la necesidad de tener control sobre las variables, se recomienda muestras pequeñas que suelen ser de por lo menos 20 sujetos.



Para el tema investigativo la muestra será la realización de los ensayos de clasificación en diversos porcentajes utilizando los materiales innovadores, pero para mejorar la plasticidad se mezclará el material pasante del tamiz # 40 de la arcilla plástica existente con el cemento ya que los otros dos elementos no se pueden mezclar para la realización de este ensayo, pero será parte del agregado general para el ensayo de granulometría, proctor y C.B.R.

### **3.5. Presentación y análisis de resultados**

Se determinará cada ensayo en tablas comparativas, dando los correspondientes resultados con sus respectivas mezclas, cada procedimiento estará detallado para su respectivo análisis, las fotos de los ensayos tomadas estarán detalladas en los anexos, se procederá dar un criterio de la mezcla que cumpla con el tema investigativo propuesto para estabilizar los suelos de baja capacidad portante.

Se presentan los ensayos realizados a la arcilla negra su clasificación, proctor y C.B.R., ensayos de clasificación a las mezclas realizadas con diversos porcentajes del material propuesto en el tema investigativo y ensayos completos a la mezcla que cumple con las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas como material de mejoramiento.

### 3.5.1. Ensayos de clasificación, proctor y C.B.R al material existente.

#### Ensayo de clasificación

Tabla 2

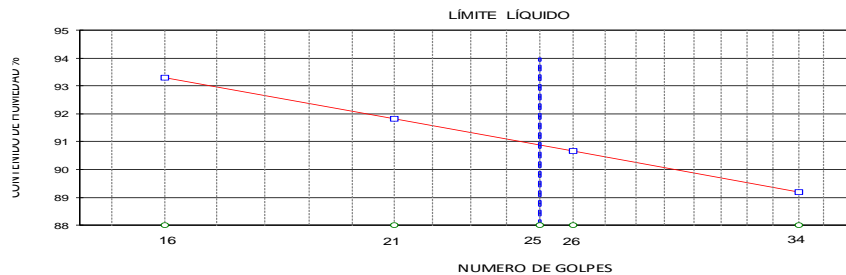
Ensayo de clasificación

**REGISTRO DE ENSAYOS**

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA  
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

**NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422**

<b>PROYECTO:</b>		Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales		<b>CALICATA:</b>	1	
<b>UBICACIÓN:</b>				<b>MUESTRA:</b>	1	
<b>FECHA DE TOMA:</b>		8-Jun-22		<b>PROFUND (m):</b>		
<b>ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:</b>		<b>Límite Líquido <math>\leq 36</math></b>		<b>Índice de Plasticidad <math>\leq 9</math></b>		
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
<b>1. Contenido de agua</b>		765.00	698.57	272.00	15.57	
Golpes						
		34	22.87	16.69	9.76	
		26	23.20	16.88	9.91	
<b>2. Límite Líquido</b>		21	25.12	17.82	9.87	
		16	24.98	17.48	9.44	
<b>3. Límite Plástico</b>		18.10	15.86	9.89	37.52	
		17.84	15.74	10.13	37.43	
		16.87	14.93	9.84	38.11	
<b>4. Granulometría</b>					<b>5. Resumen</b>	
Peso inicial húmedo para cálculos =		493.00			% de Grava =	0
Peso inicial seco para cálculos =		426.57			% de Arena =	4
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL =	91
4"		0.0	100.0	100	Límite Plástico LP =	38
1 1/2"					Índice Plástico IP =	53
1"					% Humedad w =	16
3/4"					<b>6. Clasificación</b>	
3/8"					SUCS:	CH
No. 4	0.44	0.1	99.9		AASHTO:	A-7-5
No. 10					IG(86):	62
No. 40					IG(45):	20
No. 200	18.45	4.4	95.6	2 - 20		
<b>7. Descripción:</b> Arcilla limosa negra						



**8. Observaciones:**

Emite: \_\_\_\_\_  
Laboratorista

Aprueba: \_\_\_\_\_  
Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 3**

*Ensayo de proctor*

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie <sup>3</sup> (2.700 kN/m <sup>2</sup> ))										
ASTM D 1557										
<b>PROYECTO:</b>	Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de mani en caminos vecinales					<b>CALICATA:</b>	1			
<b>UBICACIÓN:</b>						<b>MUESTRA:</b>	1			
<b>FECHA TOMA:</b>	8-Jun-22					<b>PROFUND (m):</b>				
						<b>FECHA ENSAYO:</b>	9-Jun-22			
<b>1. Norma y ensayo:</b>	Procedimiento A					<b>2. Datos del molde:</b>				
Golpe/capa:	25					Diámetro:	10.16	cm.		
No. De capas:	5					Volumen:	932	cm <sup>3</sup>		
Material pasa el tamiz:	# 4					Peso:	3,080	gr		
Peso del martillo:	4.5 kg.					<b>3. Descripción/SUCS:</b>	Arcilla limosa negra			
Altura de caída:	45.7 cm.						CH			
<b>4. Datos para la curva:</b>										
Punto No.	1	2	3	4	5					
Peso suelo+molde	4,523	4,687	4,722	4,697						
Peso suelo	1,443	1,607	1,642	1,617						
Densidad húmeda	1,548	1,724	1,761	1,734						
<b>5. Contenidos de agua:</b>										
P. Suelo hum+cap	99.94	99.94	96.63	96.63	92.22	92.22	98.34	98.34		
P. Suelo seco+cap	87.81	87.81	83.21	83.21	78.35	78.35	82.56	82.56		
P. Cápsula	17.44	17.44	17.33	17.33	17.14	17.14	17.83	17.83		
w (%)	17.24	17.24	20.37	20.37	22.66	22.66	24.38	24.38		
w Promedio (%)	17.24		20.37		22.66		24.38			
Peso Unit. Seco	1,320		1,432		1,436		1,394			
<b>6. Resultados:</b>							Peso unitario seco =	1,442	kg/m <sup>3</sup>	
							Contenido de agua óptimo =	21.6	%	
<b>Emite:</b>					<b>Aprueba:</b>					
	Laboratorista					Ing. Gonzalo Velasco Cerezo				

Elaborado por: Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 4**

*Ensayo de C.B.R.*

<b>PROYECTO :</b>		<b>Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales</b>						
<b>DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:</b>								
<b>ASTM</b>	<b>D 1557</b>	<b>SOBRE CARGA</b>	4.54 Kgr		<b>HUMEDAD DE LA MUESTRA : 16,12%</b>			
<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	21.60%	<b>Densidad Máxima Seca</b>	1442 Kgr/m <sup>3</sup>		<b>Calicata Nº:</b>	1 <b>Muestra No.:</b> 1		
<b>LL=</b> 91	<b>LP=</b> 38	<b>IP=</b> 53	<b>Profundidad:</b>					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO</b>								
<b>Molde No.</b>	5		V		L			
<b>No. De Capas</b>	5		5		5			
<b>No. De Golpes por Capas</b>	56		25		12			
<b>ESTADO DE LA MUESTRA</b>	<b>ANTES DE SUMERGIR</b>	<b>DESPUES DE SUMERGIR</b>	<b>ANTES DE SUMERGIR</b>	<b>DESPUES DE SUMERGIR</b>	<b>ANTES DE SUMERGIR</b>	<b>DESPUES DE SUMERGIR</b>		
Peso muestra humeda + molde (gr)	11132	11485	11694	12032	10416	10735		
Peso del molde (gr)	7026		7834		6945			
Peso de muestra humeda (gr)	4106	4459	3860	4198	3471	3790		
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	2362.19	2519.45	2374.57	2535.09	2332.81	2490.86		
Peso unitario humedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.738	1.770	1.626	1.656	1.488	1.522		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD INICIAL</b>	<b>HUMEDAD FINAL</b>	<b>HUMEDAD INICIAL</b>	<b>HUMEDAD FINAL</b>	<b>HUMEDAD INICIAL</b>	<b>HUMEDAD FINAL</b>		
Recipiente No.	F	G	C	A	V	R		
Peso muestra humeda + tarro (gs)	83.46	84.54	76.56	74.65	77.45	85.02		
Peso de la muestra seca + tarro (gs)	71.87	69.59	66.07	61.92	66.95	70.07		
Peso del agua (gs)	11.59	14.95	10.49	12.73	10.50	14.95		
Peso del tarro (gs)	17.08	17.40	16.83	17.34	17.60	17.09		
Peso de la muestra seca (gs)	54.79	52.19	49.24	44.58	49.35	52.98		
Contenido de humedad promedio (%)	21.15%	28.65%	21.30%	28.56%	21.28%	28.22%		
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1434.72	1375.75	1340.07	1288.13	1226.87	1186.70		
Porcentaje de Compactación:	99.50%	95.41%	92.93%	89.33%	85.08%	82.30%		
<b>DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)</b>								
<b>DIA DEL MES</b>	<b>HORA DEL DIA</b>	<b>INTER. DE TIEMPO EN HORA</b>	<b>MOLDE No. 5 ESPONJAMIENTO</b>		<b>MOLDE No. V ESPONJAMIENTO</b>		<b>MOLDE No. L ESPONJAMIENTO</b>	
			<b>Lectura del Indicador (pulg)</b>	<b>%</b>	<b>Lectura del Indicador</b>	<b>%</b>	<b>Lectura del Indicador (pulg)</b>	<b>%</b>
10/6/2022	09H00	0	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%
	10H00	1		0.0%		0.0%		0.0%
	11H00	2		0.0%		0.0%		0.0%
	13H00	4		0.0%		0.0%		0.0%
	17H00	8		0.0%		0.0%		0.0%
11/6/2022	09H00	24		0.0%		0.0%		0.0%
	21H00	36		0.0%		0.0%		0.0%
12/6/2022	09H00	48		0.0%		0.0%		0.0%
13/6/2022	09H00	72		0.0%		0.0%		0.0%
14/6/2022	09H00	96	0.3051	6.7%	0.3098	6.8%	0.3105	6.8%
<b>Emite:</b>			<b>Aprueba:</b>					
<b>Laboratorista</b>			<b>Ing. Gonzalo Velasco Cerezo</b>					

Elaborado por: Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 5**

*Ensayo de C.B.R*

<b>C.B.R. PENETRACION</b>							
<b>PROYECTO :</b> Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales							
<b>FECHA:</b> 14/06/2022							
<b>Localización:</b> _____		<b>Calicata:</b> 1		<b>Muestra:</b> 1			
<b>MOLDE No :</b> 5		<b>Peso del Molde:</b> 7.03 Kg.		<b>Volumen del Molde (V):</b> 2362,19 cm <sup>3</sup>			
<b>No Golpes por Capa:</b> 56		<b>No. Capas :</b> 5		<b>Peso del Martillo:</b> 4.54 Kg.		<b>Altura de caída:</b> 45.7 cm	
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	46.57			21.17		
1.27 mm.	(0.05")	113.37			51.53		
2.54 mm.	(0.10")	199.98			90.90		
3.81 mm.	(0.15")	277.54			126.15		
5.08 mm.	(0.20")	345.21			156.91		
7.62 mm.	(0.30")	486.37			221.08		
10.16 mm.	(0.40")	611.90			278.13		
12.70 mm.	(0.50")	710.19			322.81		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg <sup>2</sup>			CARGA UNITARIA EN kg/cm <sup>2</sup>		
0.635 mm.	(0.025")	15.52			1.09		
1.27 mm.	(0.05")	37.79			2.66		
2.54 mm.	(0.10")	66.66			4.69		
3.81 mm.	(0.15")	92.51			6.50		
5.08 mm.	(0.20")	115.07			8.09		
7.62 mm.	(0.30")	162.12			11.40		
10.16 mm.	(0.40")	203.97			14.34		
12.70 mm.	(0.50")	236.73			16.64		

	<p>C.B.R.: 7.80 %</p> <p>HINCHAMIENTO: 6.66 %</p> <p>PARA: 2.54 mm. De penetración</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>Operador: _____</p> <p>Calculado por: _____</p> <p>Verificado por: _____</p>
--	--

Elaborado por: Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 6**

*Ensayo de C.B.R.*

<b>C.B.R. PENETRACION</b>							
<b>PROYECTO : Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales</b>							
<b>FECHA: 14/06/2022</b>							
<b>Localizacion:</b> _____		<b>Calicata:</b> 1		<b>Muestra: 1</b>			
<b>MOLDE No :</b>	V	<b>Peso del Molde:</b>	7.85 Kg.	<b>Volumen del Molde (V):</b>	2374.57 cm <sup>3</sup>		
<b>No Golpes por Capa:</b> 25	<b>No. Capas :</b> 5	<b>Peso del Martillo:</b>	4.54 Kg.	<b>Altura de caída:</b>	45.7 cm		
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	33.38			15.17		
1.27 mm.	(0.05")	72.96			33.16		
2.54 mm.	(0.10")	134.81			61.28		
3.81 mm.	(0.15")	208.23			94.65		
5.08 mm.	(0.20")	270.11			122.78		
7.62 mm.	(0.30")	344.39			156.54		
10.16 mm.	(0.40")	399.69			181.68		
12.70 mm.	(0.50")	451.70			205.32		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg <sup>2</sup>			CARGA UNITARIA EN kg/cm <sup>2</sup>		
0.635 mm.	(0.025")	11.13			0.78		
1.27 mm.	(0.05")	24.32			1.71		
2.54 mm.	(0.10")	44.94			3.16		
3.81 mm.	(0.15")	69.41			4.88		
5.08 mm.	(0.20")	90.04			6.33		
7.62 mm.	(0.30")	114.80			8.07		
10.16 mm.	(0.40")	133.23			9.36		
12.70 mm.	(0.50")	150.57			10.58		

C.B.R.: 6.27 %

HINCHAMIENTO: 6.76 %

PARA: 5.08 mm. De penetración

Observaciones:

Operator:

Calculado por:

Verificado por:

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 7**

*Ensayo de C.B.R.*

<b>C.B.R. PENETRACION</b>								
<b>PROYECTO :</b> Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales								
<b>FECHA:</b> 14/06/2022								
<b>Localizacion:</b> _____		<b>Calicata:</b> 1		<b>Muestra:</b> 1				
<b>MOLDE No :</b> L		<b>Peso del Molde:</b> 6.95 Kg.		<b>Volumen del Molde (V):</b> 2332,81 cm <sup>3</sup>				
<b>No Golpes por Capa:</b> 12		<b>No. Capas :</b> 5		<b>Peso del Martillo:</b> 4.54 Kg.		<b>Altura de caída:</b> 45.7 cm		
<b>NUMERO DE ENSAYO</b>								
		1	2	3	1	2		3
			<b>CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg.</b>		
0.635 mm.		(0.025")		21.84			9.93	
1.27 mm.		(0.05")		55.64			25.29	
2.54 mm.		(0.10")		105.95			48.16	
3.81 mm.		(0.15")		152.14			69.15	
5.08 mm.		(0.20")		186.78			84.90	
7.62 mm.		(0.30")		252.78			114.90	
10.16 mm.		(0.40")		293.22			133.28	
12.70 mm.		(0.50")		320.45			145.66	
			<b>CARGA UNITARIA EN Lb/pulg<sup>2</sup></b>			<b>CARGA UNITARIA EN kg/cm<sup>2</sup></b>		
0.635 mm.		(0.025")		7.28			0.51	
1.27 mm.		(0.05")		18.55			1.30	
2.54 mm.		(0.10")		35.32			2.48	
3.81 mm.		(0.15")		50.71			3.56	
5.08 mm.		(0.20")		62.26			4.38	
7.62 mm.		(0.30")		84.26			5.92	
10.16 mm.		(0.40")		97.74			6.87	
12.70 mm.		(0.50")		106.82			7.51	

C.B.R.: 4.23 %

HINCHAMIENTO: 6.78 %

PARA: 5.08 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

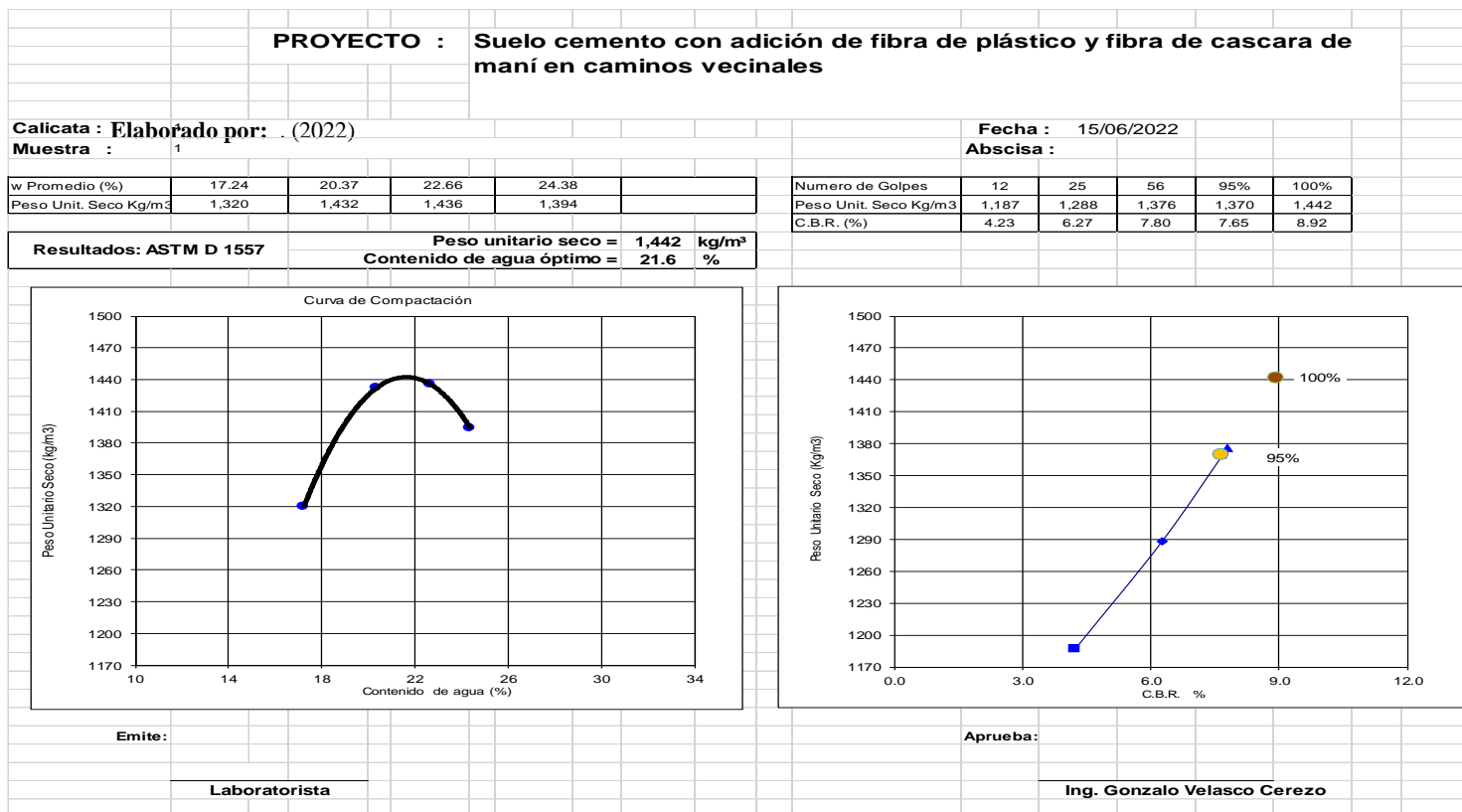
Calculado por:

Verificado por:

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 8**

*Ensayo de C.B.R.*



Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)



### 3.5.2. Ensayos de peso unitario del cemento.

**Tabla 9**

*Ensayo de contenido de humedad*

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO	
NORMA ASTM C 29			
<b>Proyecto:</b>	Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales	<b>Muestra:</b>	cemento
		<b>Ensayado:</b>	
<b>Para:</b>	tema de tesis	<b>Calculado:</b>	G.V.
<b>Fecha:</b>	10 de junio del 2022	<b>Informe N°</b>	
<b>Descripción:</b>	Cemento		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2,795	cm <sup>3</sup>	
T: masa del recipiente	1,867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	8,251	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	9,390	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	6,384	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	7,523	g	
<b>Peso unitario suelto</b>	<b>2,284</b>	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>2,692</b>	kg/m <sup>3</sup>	
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie <sup>3</sup> (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

### 3.5.3. Ensayos de peso unitario de la fibra de cascara de maní.

**Tabla 10**

*Ensayo de contenido de humedad*

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO	
NORMA ASTM C 29			
<b>Proyecto:</b>	Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales	<b>Muestra:</b>	Fibra de cascara de maní
		<b>Ensayado:</b>	
<b>Para:</b>	tema de tesis	<b>Calculado:</b>	G.V.
<b>Fecha:</b>	10 de junio del 2022	<b>Informe N°</b>	
Descripción:	Fibra de cascara de maní		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2,795	cm <sup>3</sup>	
T: masa del recipiente	1,867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	6,085	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	6,359	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	4,218	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	4,492	g	
<b>Peso unitario suelto</b>	<b>1,509</b>	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>1,607</b>	kg/m <sup>3</sup>	
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie <sup>3</sup> (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

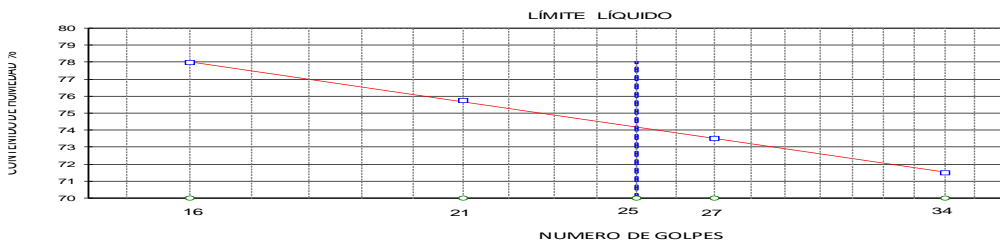
**3.5.4. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 75%, cemento 10%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%**

**Tabla 11**

*Ensayo de humedad*

**REGISTRO DE ENSAYOS**  
**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA**  
**(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**  
**NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422**

<b>PROYECTO:</b> Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales		<b>SONDEO:</b> 1		
<b>UBICACIÓN:</b> Arcilla 75%, cemento 10% , fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%		<b>MUESTRA:</b> 1		
<b>FECHA DE TOMA:</b> 8-Jun-22		<b>PROFUND (m):</b> 11-Jun-22		
<b>FECHA ENSAYO:</b> 11-Jun-22				
<b>ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:</b> Límite Líquido $\leq 36$		<b>Índice de Plasticidad <math>\leq 9</math></b>		
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
<b>1. Contenido de agua</b>	4,937.00	4,032.00	266.00	24.03
Golpes				
34	24.19	17.95	9.22	71.48
27	22.56	17.34	10.24	73.52
<b>2. Límite Líquido</b>	21	23.18	9.56	75.74
16	20.58	15.41	8.78	77.98
<b>3. Límite Plástico</b>	17.54	15.44	9.35	34.48
	17.68	15.54	9.18	33.65
	18.42	16.00	8.74	33.33
<b>4. Granulometría</b>		<b>5. Resumen</b>		
Peso inicial húmedo para cálculos = 4,671.00		% de Grava = <b>7</b>		
Peso inicial seco para cálculos = 3,766.00		% de Arena = <b>15</b>		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	256.00	6.8	93.2	
No. 10				
No. 40				
No. 200	556.20	21.6	78.4	2 - 20
		Límite Líquido LL = <b>74</b>		
		Límite Plástico LP = <b>34</b>		
		Índice Plástico IP = <b>40</b>		
		% Humedad w = <b>24</b>		
		<b>6. Clasificación</b>		
		SUCS: <b>CH</b>		
		AASHTO: <b>A-7-5</b>		
		IG(88): <b>35</b>		
		IG(45): <b>20</b>		
<b>7. Descripción:</b> Arcilla limosa negra con restos de materia organica				



**8. Observaciones:**

**Emité:**  
Laboratorista

**Aprueba:**  
Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 12**

*Ensayo de clasificación.*

REGISTRO DE ENSAYOS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA  
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**  
*NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422*

---

<b>PROYECTO:</b>	Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de mani en caminos vecinales	<b>SONDEO:</b>	1
<b>UBICACIÓN:</b>	Arcilla 75%, cemento 10% , fibra de cascara de mani 10% y fibra de plastico 5%	<b>MUESTRA:</b>	1
<b>FECHA DE TOMA:</b>	8-Jun-22	<b>PROFUND (m):</b>	
<b>ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:</b>	<b>Límite Líquido ≤ 36</b>	<b>Índice de Plasticidad ≤ 9</b>	<b>FECHA ENSAYO:</b> 11-Jun-22

---

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
<b>1. Contenido de agua</b>				
Golpes	4,937.00	4,032.00	266.00	24.03
	34	24.19	17.95	9.22
	27	22.56	17.34	10.24
<b>2. Límite Líquido</b>	21	23.18	17.31	9.56
	16	20.58	15.41	8.78
		17.54	15.44	9.35
<b>3. Límite Plástico</b>		17.68	15.54	9.18
		18.42	16.00	8.74

---

4. Granulometría					5. Resumen	
Peso inicial húmedo para cálculos =	4,671.00				% de Grava =	<b>7</b>
Peso inicial seco para cálculos =	3,766.00				% de Arena =	<b>15</b>
				% de Finos =	<b>78</b>	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL =	<b>74</b>
4"	0.00	0.0	100.0	100	Límite Plástico LP =	<b>34</b>
1 1/2"					Índice Plástico IP =	<b>40</b>
1"					% Humedad w =	<b>24</b>
3/4"					<b>6. Clasificación</b>	
3/8"					SUCS:	<b>CH</b>
No. 4	256.00	6.8	93.2		AASHTO:	<b>A-7-5</b>
No. 10					IG(86):	<b>35</b>
No. 40					IG(45):	<b>20</b>
No. 200	556.20	21.6	78.4	2 - 20		

---

**7. Descripción:** Arcilla limosa negra con restos de materia organica

---

LÍMITE LÍQUIDO

---

**8. Observaciones:**

---

<b>Emite:</b>	<b>Aprueba:</b>
_____ Laboratorista	_____ Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

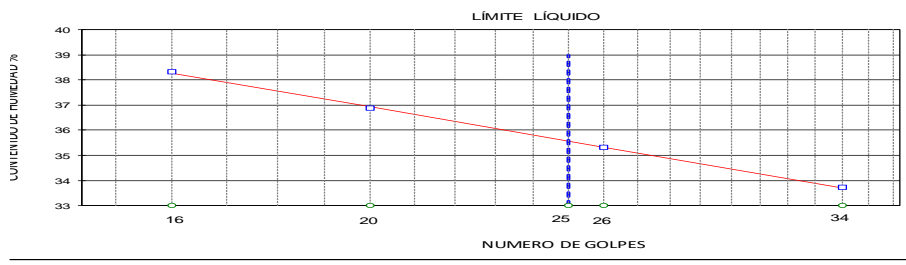
Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**3.5.5. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 65%, cemento 20%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%.**

**Tabla 13**

*Ensayo de clasificación.*

REGISTRO DE ENSAYOS						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS						
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422						
<b>PROYECTO:</b>	Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales			<b>SONDEO:</b>	2	
<b>UBICACIÓN:</b>	Arcilla 65%, cemento 20% , fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%			<b>MUESTRA:</b>	1	
<b>FECHA DE TOMA:</b>	8-Jun-22			<b>PROFUND (m):</b>		
<b>ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:</b>	Limite Líquido $\leq 36$		Indice de Plasticidad $\leq 9$			
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%		
<b>1. Contenido de agua</b>	4,682.00	4,289.36	265.00	9.76		
	Golpes					
	34	22.11	18.70	8.59	33.73	
	26	23.56	19.68	8.69	35.30	
<b>2. Límite Líquido</b>	20	21.59	18.02	8.34	36.88	
	16	22.68	18.81	8.71	38.32	
		18.22	16.45	9.22	24.48	
<b>3. Límite Plástico</b>		18.67	16.84	9.65	25.45	
		17.54	15.95	9.38	24.20	
<b>4. Granulometría</b>					<b>5. Resumen</b>	
Peso inicial húmedo para cálculos =	4,417.00				% de Grava =	15
Peso inicial seco para cálculos =	4,024.36				% de Arena =	19
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Limite Líquido LL =	36
4"	0.00	0.0	100.0	100	Limite Plástico LP =	25
1 1/2"					Indice Plástico IP =	11
1"					% Humedad w =	10
3/4"					<b>6. Clasificación</b>	
3/8"					SUCS:	ML
No. 4	603.00	15.0	85.0		AASHTO:	A-6
No. 10					IG(86):	7
No. 40					IG(45):	7
No. 200	769.00	34.1	65.9	2 - 20		
<b>7. Descripción:</b>	Limo arenosa color negra con gris y restos de materia organica					



**8. Observaciones:**

---

**Emite:** Laboratorista

**Aprueba:** Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**3.5.6. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 55%, cemento 30%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%.**

**Tabla 14**

*Ensayo de clasificación.*

**REGISTRO DE ENSAYOS**

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA  
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

**NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422**

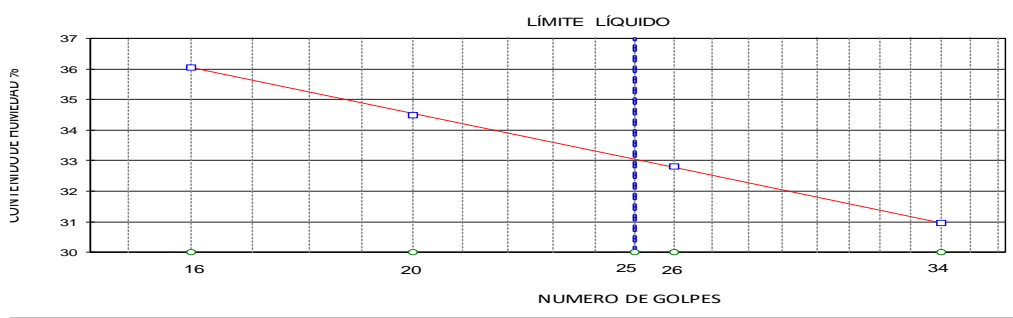
<b>PROYECTO:</b> Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales		<b>SONDEO:</b> 3
<b>UBICACIÓN:</b> Arcilla 55%, cemento 30% , fibra de cascara de mani 10% y fibra de plastico 5%		<b>MUESTRA:</b> 1
<b>FECHA DE TOMA:</b> 8-Jun-22		<b>PROFUND (m):</b> _____
<b>ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:</b> Limite Liquido $\leq 36$ Indice de Plasticidad $\leq 9$		<b>FECHA ENSAYO:</b> 14-Jun-22

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
<b>1. Contenido de agua</b>	4,729.00	4,512.00	265.00	5.11
Golpes				
	34	23.65	20.24	9.22
	26	22.15	18.99	9.36
<b>2. Límite Líquido</b>	20	24.15	20.38	9.45
	16	22.65	19.24	9.78
		19.25	17.25	9.21
<b>3. Límite Plástico</b>		18.65	16.82	9.56
		19.57	17.48	9.37

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 4,385.00	% de Grava = <b>13</b>
Peso inicial seco para cálculos = 4,171.84	% de Arena = <b>23</b>
	% de Finos = <b>64</b>
	Límite Líquido LL = <b>33</b>
	Límite Plástico LP = <b>25</b>
	Índice Plástico IP = <b>8</b>
	% Humedad w = <b>5</b>
	<b>6. Clasificación</b>
	SUCS: <b>ML</b>
	AASHTO: <b>A-4</b>
	IG(86): <b>6</b>
	IG(45): <b>6</b>

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	538.00	12.9	87.1	
No. 10				
No. 40				
No. 200	973.00	36.2	63.8	2 - 20

**7. Descripción:** Limo arenosa color negra con gris y restos de materia organica



**8. Observaciones:**

**Emite:**  
\_\_\_\_\_  
Laboratorista

**Aprueba:**  
\_\_\_\_\_  
Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**3.5.7. Ensayos de proctor, mezcla: Arcilla 55%, cemento 30%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%.**

**Tabla 15**

*Ensayo de proctor.*

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie <sup>3</sup> (2.700 kN/m <sup>3</sup> ))											
ASTM D 1557											
<b>PROYECTO:</b>	Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales					<b>SONDEO:</b>	3				
<b>UBICACIÓN:</b>	Arcilla 55%, cemento 30%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico					<b>MUESTRA:</b>	1				
<b>FECHA TOMA:</b>	8-Jun-22					<b>PROFUND (m):</b>					
						<b>FECHA ENSAYO:</b>	15-Jun-22				
<b>1. Norma y ensayo:</b>	Procedimiento A					<b>2. Datos del molde:</b>					
Golpe/capa:	25					Diámetro:	10,16 cm.				
No. De capas:	5					Volumen:	932 cm <sup>3</sup>				
Material pasa el tamiz:	# 4					Peso:	3,080 gr				
Peso del martillo:	4,5 kg.					<b>3. Descripción/SUCS:</b>	Limo arenosa color negra con gris y restos de materia orgánica ML				
Altura de caída:	45,7 cm.										
<b>4. Datos para la curva:</b>											
Punto No.	1	2	3	4	5						
Peso suelo+molde	4,611	4,935	5,124	5,105	4,922						
Peso suelo	1,531	1,855	2,044	2,025	1,842						
Densidad húmeda	1,642	1,990	2,192	2,172	1,976						
<b>5. Contenidos de agua:</b>											
P. Suelo hum+cap	94.32	94.32	84.55	84.55	94.82	94.82	78.49	78.49	103.52	103.52	
P. Suelo seco+cap	89.22	89.22	78.94	78.94	86.95	86.95	71.35	71.35	92.17	92.17	
P. Cápsula	18.33	18.33	17.58	17.58	18.39	18.39	18.26	18.26	18.33	18.33	
w (%)	7.19	7.19	9.14	9.14	11.48	11.48	13.45	13.45	15.37	15.37	
w Promedio (%)	7.19		9.14		11.48		13.45		15.37		
Peso Unit. Seco	1,532		1,823		1,967		1,914		1,712		
<b>6. Resultados:</b>						<b>Peso unitario seco =</b>	1,969		<b>kg/m<sup>3</sup></b>		
						<b>Contenido de agua óptimo =</b>	11.8		<b>%</b>		
Curva de Compactación											
<b>Emite:</b>						<b>Aprueba:</b>					
	Laboratorista						Ing. Gonzalo Velasco Cerezo				

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**3.5.8. Ensayos C.B.R., mezcla: Arcilla 55%, cemento 30%, fibra de cascara de maní 10% y fibra de plástico 5%**

**Tabla 16**

*Ensayo de C.B.R.*

PROYECTO :		<b>Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales</b>						
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA		4.54	Kgr		HUMEDAD DE LA MUESTRA : 6.59%	
HUMEDAD OPTIMA:		11.80%	Densidad Máxima Seca	1969	Kgr/m3	Calicata Nº:	3 Muestra No.: 1	
LL=	33	LP=	25	IP=	8	Profundidad:		
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.		5		V		L		
No. De Capas		5		5		5		
No. De Golpes por Capas		56		25		12		
ESTADO DE LA MUESTRA		ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	
Peso muestra humeda + molde (gr)		12273	12534	12775	12941	11353	11505	
Peso del molde (gr)		7026		7834		6945		
Peso de muestra humeda (gr)		5247	5508	4941	5107	4408	4560	
Volumen muestra (cm3)		2362.19	2417.08	2374.57	2430.16	2332.81	2388.09	
Peso unitario humedo (gr/cm3)		2.221	2.279	2.081	2.102	1.890	1.909	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA		HUMEDAD INICIAL		HUMEDAD FINAL		HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.		q	h	t	A	f	g	
Peso muestra humeda + tarro (gs)		66.21	76.71	98.43	76.65	88.94	88.73	
Peso de la muestra seca + tarro (gs)		60.95	66.76	90.12	66.86	81.66	77.07	
Peso del agua (gs)		5.26	9.95	8.31	9.79	7.28	11.66	
Peso del tarro (gs)		17.63	17.32	17.63	17.34	17.54	17.43	
Peso de la muestra seca (gs)		43.32	49.44	72.49	49.52	64.12	59.64	
Contenido de humedad promedio (%)		12.14%	20.13%	11.46%	19.77%	11.35%	19.55%	
Peso unitario seco (gr/cm3)		1980.74	1897.00	1866.79	1754.62	1696.90	1597.21	
Porcentaje de Compactación:		100.60%	96.34%	94.81%	89.11%	86.18%	81.12%	
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. 5 ESPONJAMIENTO		MOLDE No. V ESPONJAMIENTO		MOLDE No. L ESPONJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
16/6/2022	09H00	0	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%
	10H00	1		0.0%		0.0%		0.0%
	11H00	2		0.0%		0.0%		0.0%
	13H00	4		0.0%		0.0%		0.0%
	17H00	8		0.0%		0.0%		0.0%
17/6/2022	09H00	24		0.0%		0.0%		0.0%
	21H00	36		0.0%		0.0%		0.0%
18/6/2022	09H00	48		0.0%		0.0%		0.0%
19/6/2022	09H00	72		0.0%		0.0%		0.0%
20/6/2022	09H00	96	0.1065	2.3%	0.1073	2.3%	0.1086	2.4%
Emite:			Aprueba:					
Laboratorista			Ing. Gonzalo Velasco Cerezo					

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)



**Tabla 17**

*Ensayo de C.B.R*

<b>C.B.R. PENETRACION</b>						
<b>PROYECTO :</b>		Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales				
<b>FECHA:</b>		20/06/2022				
<b>Localización:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Muestra: 1</b>		
<b>MOLDE No :</b>		<b>Peso del Molde:</b>		<b>Volumen del Molde (V):</b>		
5		7.03 Kg.		2362,19 cm <sup>3</sup>		
<b>No Golpes por Capa:</b>		<b>No. Capas :</b>		<b>Peso del Martillo:</b>		
56		5		4.54 Kg.		
				<b>Altura de caída:</b>		
				45.7 cm		
<b>NUMERO DE ENSAYO</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>
		<b>CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS</b>		<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg.</b>		
0.635 mm. (0.025")		21.01		9.55		
1.27 mm. (0.05")		235.46		107.03		
2.54 mm. (0.10")		722.58		328.45		
3.81 mm. (0.15")		1102.72		501.24		
5.08 mm. (0.20")		1408.62		640.28		
7.62 mm. (0.30")		1739.36		790.62		
10.16 mm. (0.40")		1970.86		895.85		
12.70 mm. (0.50")		2111.40		959.73		
		<b>CARGA UNITARIA EN Lb/pulg<sup>2</sup></b>		<b>CARGA UNITARIA EN kg/cm<sup>2</sup></b>		
0.635 mm. (0.025")		7.00		0.49		
1.27 mm. (0.05")		78.49		5.52		
2.54 mm. (0.10")		240.86		16.93		
3.81 mm. (0.15")		367.57		25.84		
5.08 mm. (0.20")		469.54		33.00		
7.62 mm. (0.30")		579.79		40.75		
10.16 mm. (0.40")		656.95		46.18		
12.70 mm. (0.50")		703.80		49.47		

		<b>C.B.R.:</b> 33.00 % <b>HINCHAMIENTO:</b> 2.32 % <b>PARA:</b> 2.54 mm. De penetración <b>Observaciones:</b>  <b>Operador:</b> <b>Calculado por:</b> <b>Verificado por:</b>
--	--	---

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 18**

*Ensayo de C.B.R*

<b>C.B.R. PENETRACION</b>							
<b>PROYECTO :</b>		Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales					
<b>FECHA:</b>		20/06/2022					
<b>Localizacion:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Muestra: 1</b>			
<b>MOLDE No :</b>	V	<b>Peso del Molde:</b>	7.85 Kg.	<b>Volumen del Molde (V):</b>	2374,57 cm <sup>3</sup>		
<b>No Golpes por Capa:</b>	25	<b>No. Capas :</b>	5	<b>Peso del Martillo:</b>	4.54 Kg.	<b>Altura de caída:</b>	45.7 cm
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	45.75			20.79		
1.27 mm.	(0.05")	309.72			140.78		
2.54 mm.	(0.10")	681.28			309.67		
3.81 mm.	(0.15")	995.27			452.40		
5.08 mm.	(0.20")	1292.87			587.67		
7.62 mm.	(0.30")	1598.79			726.72		
10.16 mm.	(0.40")	1747.63			794.38		
12.70 mm.	(0.50")	1846.85			839.48		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg <sup>2</sup>			CARGA UNITARIA EN kg/cm <sup>2</sup>		
0.635 mm.	(0.025")	15.25			1.07		
1.27 mm.	(0.05")	103.24			7.26		
2.54 mm.	(0.10")	227.09			15.96		
3.81 mm.	(0.15")	331.76			23.32		
5.08 mm.	(0.20")	430.96			30.29		
7.62 mm.	(0.30")	532.93			37.46		
10.16 mm.	(0.40")	582.54			40.95		
12.70 mm.	(0.50")	615.62			43.27		

C.B.R.:	29.73 %
HINCHAMIENTO:	2.34 %
PARA:	5.08 mm. De penetración
Observaciones:	
Operador:	
Calculado por:	
Verificado por:	

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 19**

*Ensayo de C.B.R*

<b>C.B.R. PENETRACION</b>						
<b>PROYECTO :</b>		Suelo cemento con adición de fibra de plástico y fibra de cascara de maní en caminos vecinales				
<b>FECHA:</b>		20/06/2022				
<b>Localización:</b>		<b>Calicata:</b>		<b>Muestra:</b>		
		3		1		
<b>MOLDE No :</b>		<b>Peso del Molde:</b>		<b>Volumen del Molde (V):</b>		
L		6.95 Kg.		2332,81 cm <sup>3</sup>		
<b>No Golpes por Capa:</b>		<b>Peso del Martillo:</b>		<b>Altura de caída:</b>		
12		4.54 Kg.		45.7 cm		
<b>NUMERO DE ENSAYO</b>		1	2	3	1	2
		3			3	
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.	
0.635 mm.	(0.025")	37.50			17.05	
1.27 mm.	(0.05")	194.21			88.28	
2.54 mm.	(0.10")	524.36			238.34	
3.81 mm.	(0.15")	854.78			388.54	
5.08 mm.	(0.20")	1102.72			501.24	
7.62 mm.	(0.30")	1375.55			625.25	
10.16 mm.	(0.40")	1524.38			692.90	
12.70 mm.	(0.50")	1656.67			753.03	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg <sup>2</sup>			CARGA UNITARIA EN kg/cm <sup>2</sup>	
0.635 mm.	(0.025")	12.50			0.88	
1.27 mm.	(0.05")	64.74			4.55	
2.54 mm.	(0.10")	174.79			12.29	
3.81 mm.	(0.15")	284.93			20.03	
5.08 mm.	(0.20")	367.57			25.84	
7.62 mm.	(0.30")	458.52			32.23	
10.16 mm.	(0.40")	508.13			35.72	
12.70 mm.	(0.50")	552.22			38.82	

C.B.R.: 25.73 %

HINCHAMIENTO: 2.37 %

PARA: 5.08 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

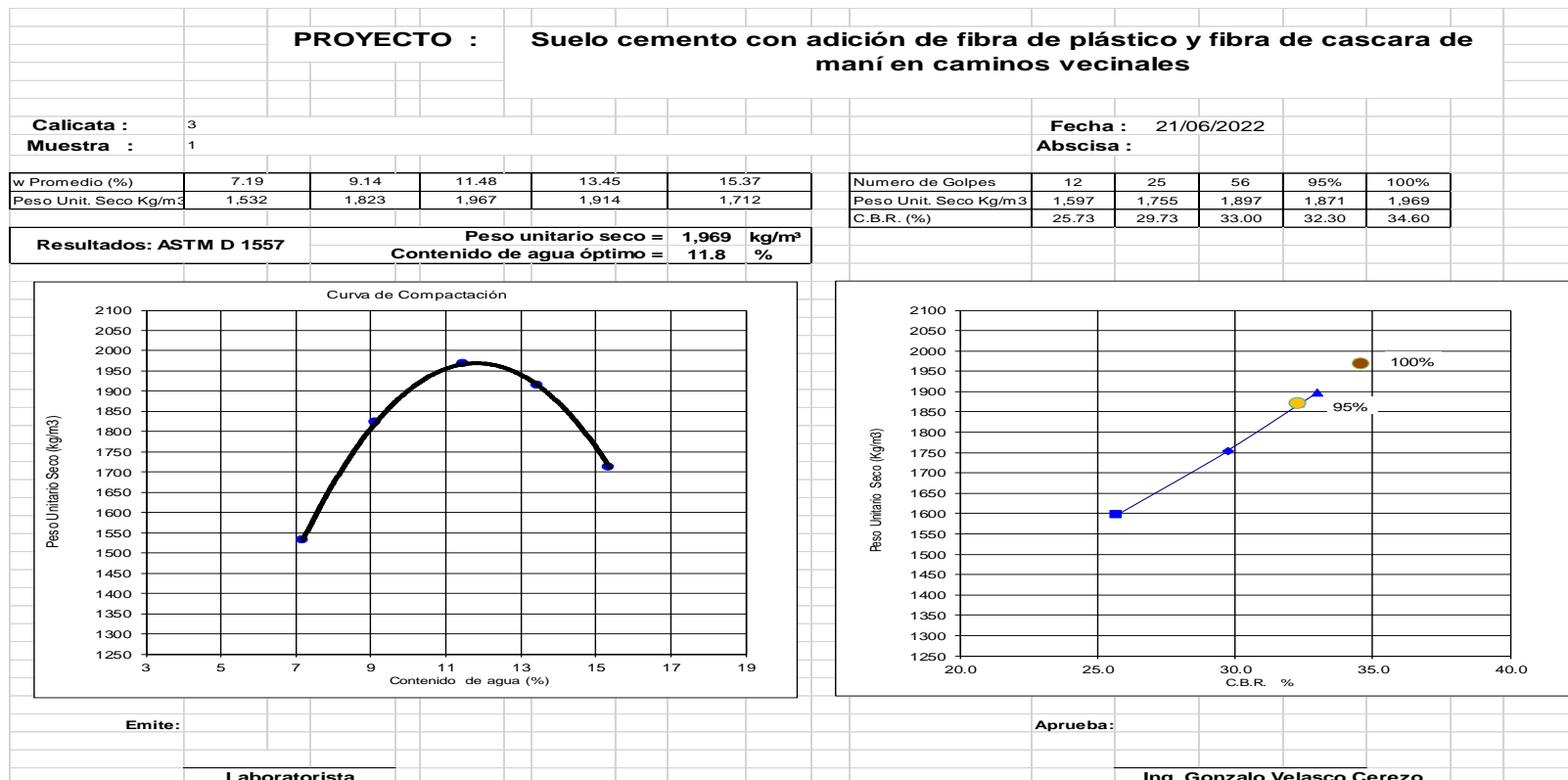
Calculado por:

Verificado por:

Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

**Tabla 20**

*Ensayo de C.B.R*



Elaborado por: . Campoverde, M. y Yaguarshungo, C. (2022)

## 4. CONCLUSIONES

- Primero se confirmó que el material existente como suelo natural era muy expansivo y consecuentemente se otorgó pertinencia a la búsqueda y evaluación de alternativas estabilizantes. A los materiales innovadores que utilizamos para estabilizar estos suelos se le realizó los ensayos de peso unitario como son los materiales (cemento, fibra de plástico y fibra de cascara de maní) y se realizó ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. a la muestra de suelo arcilloso natural, se determinó que el suelo era de arcilla limosa negra (nomenclatura Sucs CH y AASHTO A-7-5) con índice de plasticidad del 53%, pasante del tamiz del 200 96%, densidad máxima del proctor de 1.442 Kg/m<sup>3</sup>, y expansión del 6.8%, y se lo contrastó con las normas que designan a una expansión >4% como no apto para material estabilizador.
- Para el primer objetivo específico como es Analizar las cantidades de fibra de cascara de maní, fibra de sorbete reciclado, cemento en la mezcla de suelo, se realizó los ensayos para determinar las características mecánicas de los materiales innovadores a utilizar, se comprobó que estos materiales como el cemento y fibra de cáscara de maní eran aptos y potenciales estabilizadores para el suelo subrasante reduciendo la plasticidad del mismo, el plástico por ser un material que no tiene finos e imposible para su mezcla para elaborar los ensayos de plasticidad solo quedo como parte del agregado grueso arriba del tamiz N|| 4. Al medir las características mediante la realización de ensayos de peso unitario obtuvimos que el cemento su peso unitario es de 2.692 Kg/m<sup>3</sup>, mientras que la fibra de cáscara de maní contaba con de 1.607 Kg/m<sup>3</sup>. con estos datos sacamos los porcentajes de cada mezcla a utilizar para mejorar la plasticidad del suelo plástico expansivo existente.
- El segundo objetivo específico se determinó que la mezcla #3 elaborada con arcilla 55%, cemento 30% , fibra de cascara de mani 10% y fibra de plastico 5% del presente trabajo de investigación fue idónea para cumplir con el objetivo de mejorar la estabilidad de un suelo natural en calidad de subrasante al disminuir su plasticidad y aumentar su capacidad portante; puesto que, al ser sometida a ensayos que verificaran su expansión, se obtuvieron resultados de 1.969 Kg/m<sup>3</sup> en el ensayo de proctor con una expansión del 2.3%, lo que alcanzó el objetivo planteado. Esta mezcla contó con una proporción de arcilla 55%, cemento 30%, fibra de plástico 5% y fibra de la cáscara de maní 10%; de la cual se obtuvo

un límite líquido (LL) de 33% y un índice de plasticidad (IP) de 7.6%, lo que cumplió con los límites planteados en las especificaciones del MTOP para material de mejoramiento ( $LL \leq 36\%$  y  $IP \leq 9\%$ ) y permitió la confirmación de su utilidad como subrasante más estable mediante la realización de los ensayos de proctor y C.B.R.

- El tercer objetivo contrastar los resultados por medio de ensayos del suelo modificado, se cumplió este objetivo ya que los valores que nos dio los ensayos al material existente natural es una arcilla limosa negra (nomenclatura Sucs CH y AASHTO A-7-5) con índice de plasticidad del 53%, pasante del tamiz del 200, 96%, densidad máxima del proctor de 1.442 Kg/m<sup>3</sup>, y expansión del 6.8%, y se lo contrastó con la tercera mezcla la cual obtuvimos los resultados de un límite líquido (LL) de 33% y un índice de plasticidad (IP) de 7.6%,. 1.969 Kg/m<sup>3</sup> en el ensayo de Proctor con una expansión del 2.3%, esta mezcla cumple con las especificaciones establecida en las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el capítulo 400 sección 402 mejoramiento de la sub-rasante, dando un buen uso a estos materiales desalojados”, y se confirmó que sí se consiguieron los resultados esperados, estando estos dentro de los parámetros que se indicados en las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas; en otras palabras, con estos materiales se ha logrado mejorar este estrato.

## 5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar, además de los ensayos de peso unitario, trituraciones más finas para mejorar la mezcla con homogeneidad, lo que le otorgaría una mejor consistencia que permitiría disminuir el porcentaje de expansión a cada mezcla a realizar; hasta cumplir con lo requerido, pero con proporciones menores, se obtendrán más datos que ayuden a controlar mejor estos materiales innovadores para estabilización de suelos.
- Se recomienda también repetir la realización de ensayos de clasificación, Proctor y C.B.R. al material existente, pero con varias muestras del mismo obtenido en diferentes tramos. Con los datos a conseguir se puede tener datos a nivel global de las características de estos suelos, así como la realización de ensayos de su expansión; esto, con el fin de mejorar también las estrategias de estabilización de estos suelos, atendiendo la disminución de su plasticidad y el aumento de su capacidad portante.
- Finalmente, se recomienda hacer ensayos distintos a los empleados en el presente trabajo de investigación a muestras inalteradas de estos suelos se puede realizar expansión controlada por medio del ensayo de consolidación y así también, obtener más datos sobre su expansión.

## 6. Bibliografía

- barchitec. (18 de diciembre de 2017). <https://barchitec.com/2017/12/18/definiendo-el-alcance-de-una-investigacion-exploratoria-descriptiva-correlacional-o-explicativa/>. Recuperado el 2021, de barchitec.com/.
- Contreras, Y., & Roa, M. (26 de abril de 2015). *tecnica e instrumento de investigacion*. Recuperado el 2020, de tecnica e instrumento de investigacion web site: <http://tecnicasdeinvestigacion2015.blogspot.com/2015/04/bienvenidos-nuestro-blogger.html>
- decreto ejecutivo 742. (2019). *procuraduria.utpl.edu.ec*. Recuperado el 2021, de [procuraduria.utpl.edu.ec](https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLAMENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf). web site: <https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLAMENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf>
- Duque, G. (19 de enero de 2016). <http://bdigital.unal.edu.co/>. Recuperado el septiembre de 2020, de <http://bdigital.unal.edu.co/53252/85/introduccion.pdf>
- ECOLOGIA. (8 de JUNIO de 2020). *webcolegios*. Recuperado el 2021, de webcolegios Web site: <https://www.webcolegios.com/file/b9aa7b.pdf>
- Ecuador, R. d. (2008). *Constitución Del Ecuador*. Quito: Republica del Ecuador.
- Editorial Etece. (23 de noviembre de 2021). *oncepto.de*. Recuperado el 2021, de oncepto.de web site: <https://concepto.de/tipos-de-suelo/>
- Equipos y Laboratorio. (28 de mayo de 2020). *equiposylaboratorio*. Recuperado el 2021, de equiposylaboratorio Web site: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/todo-acerca-del-suelo>
- Garcia, J. (12 de Abril de 2019). *ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN*. Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23731/1/Suelo%20cimento-%20Tesis.pdf>
- Gomez, V. (31 de diciembre de 2017). *lifeder*. Recuperado el 2021, de lifeder Web site: <https://www.lifeder.com/suelos-arcillosos/>
- Gomez, V. (2018). *lifeder.com/*. Recuperado el 2020, de lifeder.com website: <https://www.lifeder.com/suelos-arcillosos/>
- Gutierrez, P. (30 de mayo de 2018). *ingenieriacivil.cedex.es*. Recuperado el septiembre de 2020, de <file:///C:/Users/Marcos/Downloads/530-Documento%20de%20Word-684-2-10-20180306.pdf>



- Margoth, P. (5 de septiembre de 2016). *slideplayer*. Recuperado el 2021, de slideplayer Web site: <https://slideplayer.es/slide/11120984/>
- Mata, L. (7 de mayo de 2019). *investigalia*. Recuperado el 2021, de investigalia web site: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/>
- Matute, A. (12 de septiembre de 2016). <http://repositorio.ucsg.edu.ec/>. Recuperado el 8 de septiembre de 2020, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6629/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-166.pdf>
- Mendoza, M. (28 de enero de 2018). *es.slideshare.net/*. Recuperado el septiembre de 2020, de <https://es.slideshare.net/mariejmendoza/caracteristicas-un-pavimento>
- Meneses, L., & Fuentes, L. (1 de enero de 2015). *ciencia.lasalle.edu.co/*. Recuperado el 2020, de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1300&context=ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1300&context=ing_civil)
- Paredes, f. (17 de marzo de 2019). *academia.edu*. Recuperado el 2021, de academia.edu Web site: [https://www.academia.edu/19393418/adobe\\_estabilizado](https://www.academia.edu/19393418/adobe_estabilizado)
- Pineda, a., & Riaño, F. (12 de julio de 2019). *repository.ucatolica.edu.co/*. Recuperado el 2020, de [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23335/1/TG\\_Alán-Pineda-Rodr%C3%ADguez\\_Fernando-Ria%C3%B1o-Gait%C3%A1n.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23335/1/TG_Alán-Pineda-Rodr%C3%ADguez_Fernando-Ria%C3%B1o-Gait%C3%A1n.pdf)
- Rojas, A. (septiembre de 2017). *Investigacion e inovacion metodologica*. Recuperado el 2021, de Investigacion e inovacion metodologica web site: [http://investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com/2017/09/poblacion-y-muestra.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%20E2%80%9D%20\(p.&text=poblaci%C3%B3n%20un%20conjunto%20finito%20](http://investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com/2017/09/poblacion-y-muestra.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%20E2%80%9D%20(p.&text=poblaci%C3%B3n%20un%20conjunto%20finito%20)
- Sanchez, C. (18 de enero de 2016). *academia.edu*. Recuperado el 2021, de academia.edu web site: [https://www.academia.edu/39099343/ORIGEN\\_FORMACI%C3%93N\\_Y\\_CONSTITUCI%C3%93N\\_DEL\\_SUELO\\_FISICOQU%C3%8DMICA\\_DE\\_LAS\\_ARCILLAS](https://www.academia.edu/39099343/ORIGEN_FORMACI%C3%93N_Y_CONSTITUCI%C3%93N_DEL_SUELO_FISICOQU%C3%8DMICA_DE_LAS_ARCILLAS)
- universidad laica vicente rocafuerte. (10 de febrero de 2019). *universidad laica vicente rocafuerte*. Recuperado el 2020, de universidad laica vicente rocafuerte web site: [https://www.ulvr.edu.ec/static/uploads/pdf/file\\_1556661631.pdf](https://www.ulvr.edu.ec/static/uploads/pdf/file_1556661631.pdf)
- Villacres, f. (1 de julio de 2017). *repositorio.ulvr.edu.ec/*. Recuperado el 8 de septiembre de 2020, de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/1520/1/T-ULVR-1428.pdf>
- WISE. (28 de diciembre de 2017). *blog.vise*. Recuperado el 2021, de blog.vise Web site: <https://blog.vise.com.mx/funciones-de-las-capas-de-un-pavimento>
- Zapata, R. (20 de agosto de 2018). *fceia.unr.edu.a*. Recuperado el septiembre de 2020, de <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiyagtecnica/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>

## **ANEXOS**

### **FOTOS DE LOS ENSAYOS**

***Anexo 1***

*Toma de muestra de cada material innovador*



**Anexo 2**

*Preparación del material para el ensayo de proctor y C.B.R.*



**Anexo 3**

*Elaboración del ensayo de proctor*



**Anexo 4**

*Colocación de muestras para el ensayo de humedad realizado*



**Anexo 5**

*Toma de lectura del ensayo de expansión del C.B.R.*



**Anexo 6**

*Ensayo de C.B.R.*

