



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE ING. INDUSTRIA Y CONSTRUCCION

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**ANALISIS COMPARATIVO ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO
CON CAL Y ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO CON
MATERIALES EVACUADOS, CERAMICA TRITURADA, HORMIGON
TRITURADO Y CENIZA DE BAGAZO**

TUTOR

Mgtr. JANYNNE NOHEMI PAUTA LABANDA

AUTOR

JUSTO VLADIMIR MORA CEDEÑO

GUAYAQUIL

2023

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

ANÁLISIS COMPARATIVO ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIALES EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA, HORMIGÓN TRITURADO Y CENIZA DE BAGAZO

AUTOR/ES:

Justo Vladimir Mora Cedeño

REVISORES O TUTORES:

Mgr. Janyne Nohemi Pauta Labanda

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería, Industria y
construcción

CARRERA:

Ingeniero Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2023

N. DE PAGS:

118

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Ingeniería vial, mecánica de los suelos, hundimiento del suelo, arcilla, clasificación

RESUMEN:

Como es de conocimiento, las vías en la costada están en su mayoría asentadas sobre materiales expansivos produciendo deformaciones con el tiempo en su estructura, por eso es necesario mejorar estos suelos, y se los realiza con cal, cemento y material ligante del asfalto, y al realizar con estos materiales tiene un costo pero hay materiales innovadores que pueden utilizarse para mejorar estos estratos y suplir de alguna manera estos materiales tradicionales que se utiliza y que no pierda la calidad al estabilizarlo, por eso es la comparativa del

beneficio que tendría al utilizar materiales innovadores y comprobarlo con la estabilización con cal. Los materiales innovadores utilizados en este tema investigativo es la cerámica triturada y el hormigón triturado, la idea que estos materiales nos ayuden a disminuir la plasticidad de estos suelos plásticos expansivos hasta cumplir con las especificaciones del MTOP, la cerámica triturada que tiene una mejor propiedades mecánicas y es un material no plástico nos ayudó a disminuir la plasticidad del estrato arcilloso expansivo, de igual manera que el material de hormigón triturado pero hay que ver los porcentajes adecuados para bajar esta plasticidad y poder compararlo con la estabilización con la cal. En la cuarta mezcla logramos disminuir la plasticidad con porcentajes variados y ha esta mezcla se realizó los ensayos de proctor y de C.B.R. para determinar el porcentaje de expansión que tiene, cumpliendo con los objetivos planteados y logrando establecer una utilización adicional a estos materiales que se los desaloja perjudicando el medio ambiente, estos materiales no encarecen la obra y cumple con lo requerido en las especificaciones del MTOP. Pero su utilización en su mezcla son porcentajes altos en comparación con la mezcla con la cal

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. Ing. Civ. Andrade Laborde Milton Gabriel Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Teléfono:04-2596500 ext.210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO

INFORME DE ORIGINALIDAD

6% INDICE DE SIMILITUD	6% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	5% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	eva.fing.edu.uy Fuente de Internet	2%
2	www.scielo.cl Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	www.vigilancer.es Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	vsip.info Fuente de Internet	1%

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía Activo



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado Justo Vladimir Mora Cedeño, declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación **ANALISIS COMPARATIVO ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIALES EVACUADOS, CERAMICA TRITURADA, HORMIGON TRITURADO Y CENIZA DE BAGAZO**. Corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor



Firma:

MORA CEDEÑO JUSTO VLADIMIR

C.I.: 0926932385

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCION** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **ANALISIS COMPARATIVO ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIALES EVACUADOS, CERAMICA TRITURADA, HORMIGON TRITURADO Y CENIZA DE BAGAZO**, presentado por los estudiantes Justo Vladimir Mora Cedeño como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

JANNYNE NOHEMÍ PAUTA LABANDA
C.C. 1103037485

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a Dios, por bendecirme, ser mi guía y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad; por darme la sabiduría y las fuerzas necesarias para culminar este proceso de la obtención de mi título profesional.

Esta tesis es el resultado del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos aman y estiman, sin las cuales no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales.

A Tata, por darme la vida y enseñarme que el perdón, sana.

Papi Erwin, a ti te agradezco tus consejos. Gracias por la confianza que me tuviste y por siempre decirme que yo estaría para grandes y mejores cosas. ¡Vuela alto, algún día nos volveremos a ver!

A mis sobrinas, Dalia y Martina que con su inocencia y bondad pueden en el día más amargo, mostrarme amor y las sonrisas más impresionantes.

A la Sra. Elena, por recordarme que Dios siempre está conmigo y que aún en la dificultad hay bendiciones que contar.

Y, por supuesto, a mi negra, Marielena te agradezco todo el amor, paciencia, confianza y cuidados que me brindas; tú eres mi inspiración a diario para convertirme en el hombre que quiero ser.

Nada de esto hubiera sido posible sin ustedes. Este trabajo es el resultado de un sinnúmero de acontecimientos que poco tuvieron que ver con lo académico, sino más bien, con la gratitud y el amor.

Finalmente, quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ing. Civil Gonzalo Velasco, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

Cuando somos pequeños queremos ser grandes y cuando por fin crecemos y nos convertimos en adultos, nos damos cuenta que necesitamos seguir contando con esa persona que, aunque no me dio la vida, siempre ha sostenido mi mano, brindándome a cada instante palabras de aliento para transitar en los caminos de la vida y culminar mi carrera profesional.

Esta tesis se la dedico, a mi mamá María Amelia Matute León o como yo le digo, mí Maruja quién ha sido para mí un gran ejemplo de constancia, sacrificio, bondad y amor incondicional.

Muchas gracias por tu apoyo constante en todos los proyectos en los que me he aventurado, sin ti no sería quien soy.

Te quiero mucho, Junior.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	XIV
INTRODUCCION	- 1 -
CAPÍTULO I	- 2 -
1. Diseño de la Investigación	- 2 -
1.1. Tema.....	- 2 -
1.2. Planteamiento del Problema.....	- 2 -
1.3. Formulación del Problema	- 4 -
1.4. Objetivo General	- 4 -
1.5. Objetivos Específicos	- 4 -
1.6. Hipótesis (Investigaciones Cuantitativas)	- 5 -
1.7. Línea de Investigación Institución/Facultad.....	- 5 -
CAPÍTULO II	- 6 -
2. MARCO TEÓRICO	- 6 -
2.1. Marco Teórico	- 6 -
2.1.1. Breve reseña.	- 6 -
2.1.2. Marco Teórico	- 13 -
2.1.2.2. Cerámica Reciclada.	- 24 -
2.2. Marco Legal	- 35 -
2.2.1. Normativa Nacional	- 35 -
2.2.2. Reglamento de Titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.	- 36 -
2.2.3. Ley orgánica de economía circular inclusiva	- 36 -
2.2.4. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida.....	- 40 -
2.2.5. Normas del Proceso para Realizar los Diversos Ensayos para el Tema Investigativo.	- 41 -
CAPÍTULO III	- 43 -
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	- 43 -
3.1. Enfoque de la Investigación: (Cuantitativo, Cualitativo o Mixto)	- 43 -
3.2. Alcance de la Investigación: (Exploratorio, Descriptivo o Correlacional).....	- 43 -
3.3. Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos	- 44 -
3.4. Población y Muestra	- 44 -
3.4.1. Población.....	- 44 -
3.4.2. Muestra.....	- 45 -
3.5. Presentación y Análisis de Resultados	- 47 -

3.5.1.	Ensayos de Clasificación, Proctor y C.B.R al Material Existente	- 54 -
3.5.2.	Ensayos de Peso Unitario de la Cal.....	- 64 -
3.5.3.	Ensayos de Peso Unitario de la Cerámica triturado	- 65 -
3.5.4.	Ensayos de Peso Unitario del hormigón triturado	- 66 -
3.5.5.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #1: Arcilla 95% y Cal 5%.....	- 67 -
3.5.6.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #2: Arcilla 90% y Cal 10%.....	- 68 -
3.5.7.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #3: Arcilla 85% y Cal 15%.....	- 69 -
3.5.8.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #4: Arcilla 80% y Cal 20%.....	- 70 -
3.5.9.	Ensayos de Proctor, Mezcla #4: Arcilla 80% y Cal 20%	- 71 -
3.5.10.	Ensayos de C.B.R., Mezcla: Arcilla 80% y Cal 20%	- 72 -
3.5.11.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #1: Arcilla 95% y Cerámica triturada 5% .	- 77 -
3.5.12.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #2: Arcilla 75% y Cerámica triturada 25%-	78 -
3.5.13.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #3: Arcilla 55% y Cerámica triturada 45%-	79 -
3.5.14.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #4: Arcilla 45% y Cerámica triturada 55%-	80 -
3.5.15.	Ensayos de Proctor, Mezcla #4: Arcilla 45% y Cerámica triturada 55%	- 81 -
3.5.16.	Ensayos de C.B.R., Mezcla #4: Arcilla 45% y Cerámica triturada 55%	- 82 -
3.5.17.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #1: Arcilla 95% y Hormigón triturada 5%.-	87 -
3.5.18.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #2: Arcilla 75% y Hormigón triturado 25%-	88 -
3.5.19.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #3: Arcilla 50% y Hormigón triturada 50%-	89 -
3.5.20.	Ensayos de Clasificación, Mezcla #4: Arcilla 30% y Hormigón triturada 70%-	90 -
3.5.21.	Ensayos de Proctor, Mezcla #4: Arcilla 30% y Hormigón triturada 70%	- 91 -
3.5.22.	Ensayos de C.B.R., Mezcla #4: Arcilla 30% y Hormigón triturada 70%.....	- 92 -
3.5.23.	Análisis de Resultados.....	- 97 -
4.	CONCLUSIONES.....	- 101 -
5.	RECOMENDACIONES	- 104 -
	BIBLIOGRAFÍA.....	- 105 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de investigación Institucional/Facultad.....	- 5 -
Tabla 2: Suelos de pruebas con índices de propiedades.....	- 18 -
Tabla 3: Clasificación de los suelos finos según su resiliencia.....	- 31 -
Tabla 4: Plan de pérdida de integridad.....	- 33 -
Tabla 5: Ensayo de clasificación del material existente (suelo arcilloso).....	- 54 -
Tabla 6: Ensayo de proctor del material existente (suelo arcilloso).....	- 55 -
Tabla 7: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso.....	- 56 -
Tabla 8: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso.....	- 57 -
Tabla 9: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso.....	- 58 -
Tabla 10: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso.....	- 59 -
Tabla 11: Ensayo de C.B.R. Diseño.....	- 63 -
Tabla 12: Ensayo Peso Unitario Cal.....	- 64 -
Tabla 13: Ensayo Peso Unitario Cerámica triturada.....	- 65 -
Tabla 14: Ensayo Peso Unitario Hormigón triturado.....	- 66 -
Tabla 15: Ensayo de clasificación.....	- 67 -
Tabla 16: Ensayo de clasificación.....	- 68 -
Tabla 17: Ensayo de clasificación.....	- 69 -
Tabla 18: Ensayo de clasificación.....	- 70 -
Tabla 19: Ensayo proctor.....	- 71 -
Tabla 20: Ensayo C.B.R.....	- 72 -
Tabla 21: Ensayo C.B.R.....	- 73 -
Tabla 22: Ensayo C.B.R.....	- 74 -
Tabla 23: Ensayo C.B.R.....	- 75 -
Tabla 24: Ensayo C.B.R. Diseño.....	- 76 -
Tabla 25: Ensayo clasificación.....	- 77 -
Tabla 26: Ensayo clasificación.....	- 78 -
Tabla 27: Ensayo clasificación.....	- 79 -
Tabla 28: Ensayo clasificación.....	- 80 -
Tabla 29: Ensayo proctor.....	- 81 -
Tabla 30. Ensayo C.B.R.....	- 82 -
Tabla 31. Ensayo C.B.R.....	- 83 -
Tabla 32: Ensayo C.B.R.....	- 84 -
Tabla 33. Ensayo C.B.R.....	- 85 -

Tabla 34: Ensayo C.B.R. Diseño.....	- 86 -
Tabla 35: Ensayo de clasificación.....	- 87 -
Tabla 36: Clasificación.....	- 88 -
Tabla 37: Clasificación.....	- 89 -
Tabla 38: Clasificación.....	- 90 -
Tabla 39: Ensayo proctor	- 91 -
Tabla 40: Ensayo C.B.R.....	- 92 -
Tabla 41: Ensayo de C.B.R.....	- 93 -
Tabla 42: Ensayo de C.B.R.....	- 94 -
Tabla 43: Ensayo de C.B.R.....	- 95 -
Tabla 44: Ensayo de C.B.R. Diseño.....	- 96 -

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: arcilla limosa plástica.....	- 47 -
Foto 2: Hormigón triturado.....	- 48 -
Foto 3: Cerámica triturada.....	- 48 -
Foto 4: Peso unitario de la cal.....	- 49 -
Foto 5: Peso unitario cerámica	- 49 -
Foto 6: Peso unitario del hormigón	- 50 -
Foto 7: Ensayo de limite liquido.....	- 50 -
Foto 8: Ensayo granulométrico.....	- 51 -
Foto 9: Ensayo proctor.....	- 51 -
Foto 10: Ensayo proctor.....	- 52 -
Foto 11: Ensayo C.B.R. hinchamiento	- 52 -
Foto 12: Ensayo C.B.R. penetración	- 53 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Maquina mezcladora de base estabilizada.....	- 14 -
Figura 2: Proceso de mezclado de la base estabilizada.....	- 16 -
Figura 3: Moléculas orgánicas encapsuladas de la enzima con carga positiva.....	- 17 -
Figura 4: Límites de Atterberg de suelos de pruebas tratados y no tratados.....	- 19 -
Figura 5: Ejemplo del oleaje libre de las pruebas con arcilla Bryan.....	- 20 -
Figura 6: Clasificación de ladrillos según su mana.....	- 25 -
Figura 7: Aspecto de materiales refractarios.....	- 26 -
Figura 8: Sección extrusora de la fábrica de procesamiento de cerámica.....	- 28 -
Figura 9: Valores de estructura del pavimento dimensionada	- 32 -
Figura 10: Componentes de la estructura de un pavimento flexible: 1) Capa de Rodadura; 2) Capa Base; 3) Capa Sub-base; 4) Suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada); 5) Subrasante; 6) Sub-drenaje longitudinal; 7) Revestimiento de Hombreras; 8) Sub-base de Hombreras	- 34 -

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Detalle de los ensayos a realizar en cada muestra.....	- 46 -
Cuadro 2: Resultados de los ensayos aplicados al material existente (suelo arcilloso)	- 97 -
Cuadro 3: Resultados de los ensayos aplicados a la cerámica reciclada	- 97 -
Cuadro 4: Resultados de los ensayos aplicados al hormigón reciclada	- 98 -
Cuadro 5: Resultados de los ensayos de Peso Unitario a la cal	- 98 -
Cuadro 6: Resumen de los ensayos de clasificación a las mezclas realizadas.....	- 99 -
Cuadro 7: Resultados de los ensayos realizados a la mezcla que cumple con las especificaciones MTOP	- 100 -

RESUMEN

Como es de conocimiento, las vías en la costa están en su mayoría asentadas sobre materiales expansivos produciendo deformaciones con el tiempo en su estructura, por eso es necesario mejorar estos suelos, y se los realiza con cal, cemento y material ligante del asfalto, y al realizar con estos materiales tiene un costo pero hay materiales innovadores que pueden utilizarse para mejorar estos estratos y suplir de alguna manera estos materiales tradicionales que se utiliza y que no pierda la calidad al estabilizarlo, por eso es la comparativa del beneficio que tendría al utilizar materiales innovadores y comprobarlo con la estabilización con cal.

Los materiales innovadores utilizados en este tema investigativo es la cerámica triturada y el hormigón triturado, la idea que estos materiales nos ayuden a disminuir la plasticidad de estos suelos plásticos expansivos hasta cumplir con las especificaciones del MTOP, la cerámica triturada que tiene una mejor propiedades mecánicas y es un material no plástico nos ayudó a disminuir la plasticidad del estrato arcilloso expansivo, de igual manera que el material de hormigón triturado pero hay que ver los porcentajes adecuados para bajar esta plasticidad y poder compararlo con la estabilización con la cal.

En la cuarta mezcla logramos disminuir la plasticidad con porcentajes variados y ha esta mezcla se realizó los ensayos de proctor y de C.B.R. para determinar el porcentaje de expansión que tiene, cumpliendo con los objetivos planteados y logrando establecer una utilización adicional a estos materiales que se los desaloja perjudicando el medio ambiente, estos materiales no encarecen la obra y cumple con lo requerido en las especificaciones del MTOP. Pero su utilización en su mezcla son porcentajes altos en comparación con la mezcla con la cal.

INTRODUCCION

Los recursos naturales han sido utilizados para el beneficio del ser humano a lo largo de la historia, por esta razón debido al aumento del desarrollo en el área vial se realizan obras, a las comunidades que necesitan sacar sus productos y no cuentan con vías en buen estado. Es por este motivo que se busca materiales innovadores que beneficien a las comunidades y se lo pueda utilizar cumpliendo con los parámetros requeridos en las especificaciones del MTOP, y utilizarlo como parte de los estabilizadores de suelos plásticos expansivos. Los escombros de cerámica no son peligrosos, pero es necesario darle una gestión debido a que el volumen de estos no para de crecer, debido a la problemática presente se plantea reemplazar los residuos de cerámica por el agregado fino para disminuir la plasticidad al mezclarlo con los suelos plásticos, dándole un uso práctico e innovador favoreciendo al decremento en la contaminación ambiental.

La metodología de investigación del proyecto es de tipo experimental científica, se considera de este tipo por las pruebas realizadas a las diversas mezclas de clasificación, obteniendo resultados que serán sujetos a un análisis, es decir es un experimento tomando notas de una investigación de acuerdo a lo que el usuario desea saber o investigar.

En el Capítulo I se menciona el planteamiento, formulación del problema. También el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos, la justificación del tema con el respectivo alcance del proceso a efectuar. Posteriormente entrando en el Capítulo II se refiere a tres puntos específicos: marco teórico y marco legal donde se presentan las normativas tomadas en cuenta para la ejecución de este procedimiento.

En el Capítulo III se menciona la metodología de la investigación, en este caso es de tipo experimental científico, porque se utilizara residuos sólidos como son la cerámica y el hormigón ambas triturada, reemplazando al agregado fino, los cuales serán componentes de la mezcla para disminuir la plasticidad y expansión de los suelos plásticos, además se presentan y analizan los resultados de los ensayos realizados a cada elemento innovador y mezclas realizadas así como los ensayos de proctor y C.B.R., cumpliendo con las especificaciones planteadas en este tema investigativo y a su vez realizar la comparativa con los valores que obtenemos de la estabilización con cal.

CAPÍTULO I

1. Diseño de la Investigación

1.1. Tema

ANALISIS COMPARATIVO ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACION DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIALES EVACUADOS, CERAMICA TRITURADA, HORMIGON TRITURADO Y CENIZA DE BAGAZO

1.2. Planteamiento del Problema

Los suelos con mayor densidad son más sólidos y poseen mejor resistencia ante una erosión, los suelos arcillosos muy plásticos su porosidad y humedad son muy maleables al aumentarse la saturación; es decir, puede cambiar de estado sólido a líquido cuando el nivel de agua cubre este estrato, debido a este cambio brusco cambia las fuerzas de cohesión y el incremento de la fluidez de sus partículas. Estos suelo expansivos muy plásticos tienen un C.B.R. $\leq 6\%$, por eso es necesario estabilizar este estrato, en muchos casos lo estabilizan con cal teniendo un comportamiento muy satisfactorio ya que disminuye la expansión, utilizando materiales innovadores que son evacuados también se mejora estos suelos plásticos expansivos, pero el porcentaje y el comportamiento que tendrá esta mezcla con material innovador, será mejor que la estabilización con cal y se dará un mejor uso a estos materiales evacuados e innovadores, mejorando su plasticidad y expansión con esto el C.B.R. aumentaría ya que se mejoraría su composición física.

Como sabemos los suelos con mayor densidad son más sólidos y poseen mejor resistencia ante una erosión, los suelos arcillosos muy plásticos su porosidad y humedad son muy maleables al aumentarse la saturación; es decir, puede cambiar de estado sólido a líquido cuando el nivel de agua cubre este estrato, debido a este cambio brusco cambia las fuerzas de cohesión y el incremento de la fluidez de sus partículas.

La estabilización de suelos es el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013), su estabilización la realizan con cal, cemento o emulsión asfáltica, pero tenemos o contamos con materiales desalojados

que pueden servir para el mejoramiento de estos suelos expansivos, en este caso utilizaremos la cerámica reciclada y el hormigón reciclado triturado.

Con respecto a la cerámica, Asia, es la principal área productora de cerámica, abarcando el 67% de la producción mundial de cerámica y alcanzando los 8.532 millones de metros cuadrados. Sin embargo, lleva dos años consecutivos con una tendencia negativa. La Unión Europea se mantiene en segunda posición produciendo 1.874 millones de metros cuadrados. La producción americana se mantuvo estable con 1.503 millones de metros cuadrados, dónde Centroamérica y América del Sur crecen a un 2,2% y América del Norte tuvo un descenso del 4,9%. África continúa con un crecimiento constante desde los últimos años, y su producción en 2019 se estima en unos 759 millones de metros cuadrados, con una variación positiva de un 5,7%. “El consumo mundial se redujo unos 500 millones de metros cuadrados, pasando de 12.902 a 12.375 en 2019”, esto debido a la pandemia que hizo disminuir su producción, de estas cerámicas el desperdicio por manipulación es del 10% al 15% según datos proporcionados y este desperdicio no tiene un destino adecuado para reciclarlo va directo a los botaderos de desperdicios y así mismo tiende a deteriorar el ecosistema (Lazaro, 2019).

Así mismo conociendo que la disposición final de residuos de la construcción, específicamente del hormigón, genera impactos ambientales negativos como la degradación y erosión de un suelo, destrucción de la capa vegetal; actualmente se exige que los proyectos de construcción sean amigables con el medio ambiente reduciendo su impacto ambiental, siendo necesario incluso que durante la ejecución de una obra se disponga de un lugar determinado donde realizar la disposición de escombros y sobrantes de hormigón, en el sector de construcción se puede ser más independiente de recursos escasos como arena o grava si se comienza a reutilizar material viejo para nuevos edificios, y se potencia un balance energético al realizar el reciclaje localmente. Como se hace notar, es amplio el abanico de posibles alternativas para el reciclaje, y brinda muchos beneficios exigiendo sólo más esfuerzo

El costo de la estabilización de los materiales expansivos según los datos proporcionados por Municipio de Babahoyo y la Prefectura de la provincia de Los Ríos cuyos materiales que se utiliza para mejorar la sub-rasante tienen un costo por metro cubico de:

- Estabilización con material pétreo (grava) costo unitario en m³ es de \$ 4,29.
- Estabilización con emulsión asfáltica costo unitario en m³ es de \$ 90,00.
- Estabilización con cemento de 50 Kg o cal, costo unitario en m³ es de \$ 35,81.

Reducir los costos de una obra, es lo primordial en este caso. Se espera siempre que el criterio técnico de los profesionales a cargo de la obra proponga soluciones viables y que no repercutan de forma negativa en el tiempo de ejecución y presupuesto de la obra. Por lo cual se debe siempre considerar opciones para mejorar las características de un suelo arcilloso plástico y que mejore su estructura y el presupuesto no se eleve.

1.3. Formulación del Problema

¿Cuáles serían las características técnicas comparativas que tendría el suelo expansivo al mezclarlo con cal y el suelo expansivo al mezclarlo con cerámica y hormigón triturado?

1.4. Objetivo General

Analizar las características técnicas de la estabilización de suelos expansivos con cal y la estabilización de suelos expansivos con cerámica y hormigón triturado.

1.5. Objetivos Específicos

- Identificar las características técnicas de los suelos plásticos expansivos.
- Determinar las características técnicas de la cerámica triturada.
- Definir las características técnicas del hormigón triturado.
- Determinar las características técnicas de la cal.
- Elaborar las mezclas del suelo plástico expansivo con cal para mejorar su plasticidad.
- Realizar las mezclas de suelo plástico expansivo utilizando, utilizando los materiales evacuados (cerámica y hormigón) triturada para mejorar su plasticidad.
- Determinar las propiedades mecánicas de la mezcla optima que mejore su plasticidad. Expansión y C.B.R.
- Realizar el análisis comparativo entre la estabilización con cal y la estabilización con los materiales innovadores.

1.6. Hipótesis (Investigaciones Cuantitativas)

La utilización de los materiales innovadores evacuados (cerámica y hormigón) triturados, mejorará los suelos expansivos y con ello su capacidad portante, de la misma manera que la estabilización de los suelos expansivos con cal, y podrá ser considerada su uso como sub-rasante de la estructura de pavimento en las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Publicas en el capítulo 400 sección 402 mejoramiento de la sub-rasante, dando así, un buen uso a estos materiales desalojados.

1.7. Línea de Investigación Institución/Facultad

Tabla 1.

Línea de investigación Institucional/Facultad

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

Fuente: (ULVR, 2020)

Elaborado por: Mora (2023).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Breve reseña.

No siempre fue posible encontrar el suelo adecuado que garantizara la estabilidad y durabilidad de la Explanada. Si a esto le sumamos la creciente importancia ambiental y la presión social para reducir el nuevo crédito y la apertura de vertederos, que son necesarios para reducir el movimiento de movimiento de tierras de infraestructura, entonces es claro que se debe hacer un esfuerzo para utilizar lo que se califica como aceptable, marginal o incluso inadecuado material. La estabilización hace posible reemplazar el suelo de baja calidad con suelo estabilizado y mejorado. Es uno de los métodos más antiguos de uso en vías, en bases y sub-bases. Sin embargo, el espesor del suelo tratado es relativamente pequeño, por lo que algunos autores no lo consideran una técnica de mejora del suelo, (Yepez, 2021).

La estabilización del suelo aumenta o controla su estabilidad aparente, incrementa su resistencia y módulo de tensión-deformación, aumenta su permeabilidad y resistencia, y reduce su susceptibilidad al agua. Se requieren ensayos de laboratorio y de campo para evaluar el desempeño de la tecnología. El uso de suelos de baja calidad impide su extracción y transporte a vertederos, aumenta su resistencia a la erosión, heladas y otros factores climáticos, permite el movimiento sobre terrenos intransitables y proporciona una linealidad que coopera estructuralmente con él. Las empresas de infraestructura obtienen una sólida plataforma de soporte (Yepez, 2021).

La compresión y el drenaje son los procedimientos de estabilización más simples. Además, se pueden mezclar dos o más suelos para producir un suelo con un mejor grado de tamaño de grano, plasticidad o permeabilidad. Esto también se puede lograr con aditivos que afecten física o químicamente las propiedades del suelo. El cemento y la cal son los más utilizados, pero también se utilizan cenizas volantes, escoria granular, puzolana, aglutinantes de hidrocarburos líquidos, cloruro de calcio, cloruro de potasio, etc. Por lo tanto, la estabilización puede ser mecánica o química.

La estabilización mecánica se utiliza en explanadas viales mediante la compactación o mezcla de suelos existentes con otros suelos. Por ejemplo, en ausencia de suelo de grano fino, se añadirá otro suelo de grano fino con cierta plasticidad para producir una mezcla más homogénea, más fácil de compactar y menos permeable.

El tipo de suelo, el porcentaje de aditivos y las prácticas de mezcla afectarán el grado de estabilización química. Si se agregan pequeñas cantidades de aditivos para mejorar ligeramente el suelo, se llama suelo mejorado. Sin embargo, ciertos suelos con buen tamaño de partícula y baja plasticidad mejorarán significativamente con el menor porcentaje de aditivos.

La estabilización química se puede realizar "in situ" o la mezcla se puede realizar de forma centralizada. Además, según la profundidad del procesamiento, la estabilización puede considerarse un enfoque híbrido profundo o una estabilización masiva. La mezcla profunda de suelos también se puede clasificar como una técnica de mejora de incorporación estricta. También pueden incluirse aquí las mezclas de suelo obtenidas por inyección o jet grouting. La estabilización del suelo también se puede dividir en técnicas de mezcla húmeda ("mezcla húmeda"), como lechada de cemento, y mezcla seca ("mezcla de suelo seco"), como cal y cemento.

Analizaremos temas en correspondencia al proyecto de titulación con el fin de obtener conocimiento de las experiencias previas de otros autores, quienes abordaron de alguna forma el análisis de los materiales a utilizar.

Utilizando la investigación titulada “MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIZACIÓN EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS USANDO PLÁSTICOS RECICLADOS PET EN EL DISTRITO LA ENCANTADA, PROVINCIA DE MORROPON – PIURA 2019” realizado por Diana Carolina Márquez Martínez, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Piura, Perú 2019.

(Marquez, 2019). En la actualidad, en el Perú existe la necesidad de plantear más carreteras para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones del país, facilitando de esta manera sus relaciones, permitiendo la competitividad y crecimiento de éstas, es por ello que la importancia de las vías radica en la necesidad de garantizar su

estabilidad, para ello se debe tener en cuenta el suelo sobre el cual trabajarán. Ante ello, la presencia de arcillas en diferentes tramos de alguna zona en específico, podría volverla vulnerable y para asegurar su mejoramiento, se tienen diferentes alternativas, como el estabilizar con algún aditivo conocido en la sociedad o por grandes movimiento de tierras y la eliminación de éste, para hacer uso de material de préstamo obtenido de canteras, es por ello que ésta investigación propone una nueva alternativa, la cual es la incorporación del plástico PET para su estabilización, de esta manera se estaría haciendo uso de un residuo sólido, disminuyendo el índice de contaminación que presenta nuestro país.

(Marquez, 2019). Mediante la incorporación de plástico PET en suelos con presencia de arcillas, se pretende lograr un mejoramiento de sus características y propiedades tanto físicas y mecánicas, de esta manera aumentará la calidad de la subrasante, para así poder contar con suelo apto para la construcción de carreteras o pavimentos en la zona determinada, en este caso se eligió el Distrito La Encantada, provincia Morropón del departamento de Piura.

Utilizando el siguiente de investigación titulado “MORTERO DE FRAGUADO RÁPIDO, CON FIBRA DE COCO Y CERÁMICA RECICLADA PARA ENLUCIDOS INTERIORES DE EDIFICACIONES” realizado por ORLANDO ANDRES ANDRADE LASTRA y ANGIE DAYANA JOUVE LOOR, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Guayaquil - Ecuador 2021.

(Andrade & Jouve, 2021). Los recursos naturales han sido utilizados para el beneficio del ser humano a lo largo de la historia, por esta razón debido al aumento del desarrollo en todo el mundo se ha producido un incremento en la degradación del medio ambiente de manera inconsciente, siendo el resultado la generación de residuos sólidos.

(Andrade & Jouve, 2021). Debido a que en la mayoría de ocasiones estos residuos son depositados en botaderos de basura, provocando un aumento en la contaminación ambiental, el mismo que se ha vuelto incontrolable con el tiempo, se propone el diseño de un mortero de fraguado rápido compuesto de materiales reciclados como la cerámica y fibra de la cáscara del coco.

(Andrade & Jouve, 2021). Grandes cantidades de los residuos sólidos son provenientes de industrias de cerámica y del mal aprovechamiento de la cascara de coco en Ecuador del cual puede obtenerse su fibra para elaboración de materiales de construcción, permitiendo la creación de nuevos procesos constructivos aprovechando los recursos naturales y residuos reciclados.

(Andrade & Jouve, 2021). Ante este escenario el plan de acción es el reciclaje, creando oportunidades innovadoras, partiendo con la idea de diseñar morteros de fraguado rápido, con la utilización de fibra de coco y cerámicos sanitarios reciclados para enlucidos, esta fibra tiene un sin número de utilidades, cualidades y aplicaciones, reemplazando el uso de aditivos químicos por fibra natural. Los escombros de cerámica no son peligrosos, pero es necesario darle una gestión debido a que el volumen de estos no para de crecer, debido a la problemática presente se plantea reemplazar los residuos de cerámica por el agregado fino de una mezcla de mortero, dándole un uso práctico e innovador favoreciendo al decremento en la contaminación ambiental.

(Andrade & Jouve, 2021). El desecho de cerámica se obtiene mediante un proceso que comienza con la transformación de minerales como: la arcilla, feldespato y cuarzo, para después formar piezas cerámicas. El desecho cerámico sanitario está compuesto principalmente de óxido de silicio, óxido de aluminio y de otros compuestos.

Utilizando la investigación titulada “ANALISIS DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS UTILIZANDO HORMIGON ASFALTICO RECICLADO, CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA LA SUB RASANTE DE LOS PAVIMENTOS” realizado por JUAN FRANCISCO GALLO VACA, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Guayaquil - Ecuador 2021

(Gallo, 2022) En la actualidad existen diversos tipos de estabilizantes de suelos. El hormigón asfáltico reciclado junto con la ceniza de bagazo será utilizado para mejorar los suelos expansivos. Para el presente proyecto de investigación se analizarán las características del suelo arcilloso plástico al mezclarse hormigón asfáltico reciclado y la ceniza de bagazo para que esta mezcla sea usada como material apto a nivel de subrasante.

(Gallo, 2022). Considerando que el éxito del estabilizador se alcanza a plenitud únicamente al relacionarse con cada partícula del suelo, se necesitará realizar un proceso de trituración y tamizado del hormigón asfáltico reciclado completo para obtener la mejor gradación y obtener una mezcla homogénea. De tal manera se espera que esta mezcla arcilla-hormigón asfáltica y ceniza de bagazo presente mayores porcentajes de estabilización, para mejora de las características del suelo.

(Gallo, 2022). Valiéndose de ensayos como el CBR que ayudará a medir la capacidad portante del suelo al mezclarle el hormigón reciclado. En este estudio se definirá los porcentajes de las mezclas realizadas, que se debe mezclar con el suelo arcilloso-plástico para evitar los cambios volumétricos, logrando una mezcla apta para uso a nivel de subrasante de una vía.

Según Arias, (2017). autor de nacionalidad ecuatoriana, de la tesis “Propiedades física-mecánicas del hormigón elaborado con Áridos reciclados”, de la Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería carrera de ingeniería civil. La tesis en cuestión centra su objetivo de estudio en las características físicas y mecánicas del hormigón convencional en forma comparativa a las propiedades del hormigón reciclado, en condiciones de fresco y edurecido.

En dicho trabajo, se empleó como primera dosificación una flexible ligada al porcentaje de sustitución en el agregado grueso natural por áridos gruesos, obteniendo 7 diferentes dosificaciones que permitirán alcanzar dicha comparación, posteriormente se evaluará la eficiencia de ese hormigón reciclado en ensayos de flexo compresión a los 7 y 28 días (2017).

En este estudio se concluye lo siguiente:

1. Se entorpece la manejabilidad del hormigón fresco por la porosidad y rugosa superficie de los agregados reciclados. Lo que se explica porque a mayor absorción de agregados naturales, mayor absorción de agua.
2. Cuando se trata de hormigones reciclados, el esfuerzo final a la compresión suele ocurrir a los pocos días. Se observó: en hormigones con agregados naturales reemplazados en un 30%-50% por agregados reciclados se elevaron los esfuerzos considerablemente llegados el séptimo día, en contraste con lo que requerido por el

hormigón de uso habitual. A los 7 días fueron del orden del 84% al 93 % de su esfuerzo final (2017).

3. Dado que una de las dosificaciones evidenció una disminución de -6.7% del esfuerzo a flexión en contraste a del hormigón de uso habitual, se atribuye que este menor impacto en el hormigón reciclado se debe a que éste incluye en su composición polvo de mampostería (2017).

4. Es posible conseguir hormigón reciclado con propiedades físico mecánicas similares a las del hormigón convencional, siempre que el esfuerzo final esté cerca de -20% y el reemplazo de los agregados no exceda el 30% del agregado natural.

5. Las expuestas disminuciones en las características mecánicas del hormigón convencional no limitan la utilización de agregados reciclados en la elaboración de nuevos hormigones. Y las limitaciones subsecuentes a rangos moderados de esfuerzo en los hormigones se solucionan aumentando la dosis de cemento y/o aditivos (2017).

Recomendaciones del estudio:

1. Para facilitar la manipulación en estado fresco del hormigón reciclado, es oportuno emplea aditivos en la mezcla (2017).

2. Para conseguir que el hormigón reciclado que se fabrique se asemeje más al convencional, especialmente en sus propiedades, debe:

➤ Variarse la relación a/c.

➤ Encontrarse la proporción idónea de cemento añadido (2017).

3. Conforme se halle la mezcla ideal para el hormigón reciclado, es pertinente elaborar ensayos con el mismo para evaluar su evolución con el tiempo. Se recomienda hacerlo a los 180 y 360 días.

4. El hormigón reciclado debe utilizarse bajo las dosificaciones del estudio y en elementos no estructurales, es decir, sitios sin solicitaciones específicas (como aceras y cerramientos) (2017).

Según Henry Chasquero, Henry Hurtado (2019), autores de nacionalidad peruana, de la tesis “Uso del concreto reciclado proveniente de demoliciones para la producción de afirmado” de la Universidad Nacional de Jaén. La tesis mencionada parte de la problemática ambiental y de recursos que representan las grandes cantidades de concreto producto de demolición que son depositadas en ríos y calles, planteándose como objetivo estudiar la posible utilización de dicho material como reciclado para producir afirmado.

En la investigación se mezcló el concreto reciclado con suelo natural a distintos porcentajes, buscando llegar a los requerimientos respecto al afirmado establecidos por el Manual de Carreteras del M.T.C. (manual de transporte y carretera). Luego de la extracción de las muestras de concreto, se realizaron algunas pruebas de mecánica de suelos, como análisis granulométrico, CBR y Proctor modificado. El estudio concluyó que los porcentajes de combinación con suelo de mezcla, tanto el que estaba al 70% de concreto reciclado como que estaba a 60%, son capaces contar con todas las especificaciones **técnicas de material de afirmado (chasquero, 2019)**.

De dicho estudio se concluyó:

1. Siguiendo la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials):

- a) Se ubicó al concreto reciclado en la categoría de suelo A-1-a (0) una vez fue triturado un tamaño $\leq 1''$ (25.40 mm). Donde se determinó su composición en: 80,87% de partículas gruesas, 18,75% de arenas y 0,38% de partículas finas; además se concluyó que poseía un 29% de desgaste a la abrasión (chasquero, 2019).
- b) Se ubicó al suelo de mezcla natural en la categoría de suelo A-4 (1); con determinación de su límite líquido en 35% e índice de plasticidad en 7–10%. (chasquero, 2019).
- c) Se ubicó al uso granulométrico que se empleó (franja A-1) dentro de la categoría de suelo A-2-4 (0), con porcentajes de límite líquido e índice de plasticidad dentro de lo reglamentado por el M.T.C.; esto debido a que en esta categoría encajan combinaciones de C°R-SC a 70-30%, 60–40% y 50-50% (chasquero, 2019).

2. Otro logro conseguido es que el CBR arrojó combinaciones de C°R-SC de 60-40% y 70-30% (esta última con el CBR más elevado, de 58%), enmarcadas dentro el mínimo requerido por el M.T.C. (40% respecto al 100% de la máxima densidad seca), así como

0,1'' (25mm) de penetración de carga. Con base en todo lo expuesto fue aceptada su hipótesis planteada (chasquero, 2019).

Las recomendaciones brindadas en el estudio fueron las siguientes:

1. Emplear el concreto reciclado de demoliciones para producir afirmado, especialmente en obras de renovación o que demanden grandes cantidades de este material (chasquero, 2019).
2. Para la producción de afirmado debe emplearse concreto reciclado originario de la demolición de pavimentos principalmente, por su 'pureza' (chasquero, 2019).
3. La granulometría del suelo de mezcla ha de poseer las características precisas para que, mezclado con el C°R, conserve su uso normativo para material de afirmado; el límite líquido y el índice de plasticidad no han de exceder lo establecido por las ya mencionadas normas (aún con el C°R de escasas finas, no varían sus propiedades) (chasquero, 2019).
4. Cabe la posibilidad de realizar estudios con el concreto reciclado (de demoliciones) mezclado con materia granular natural (de cantera) para conocer si sigue la normativa de M.T.C. (manual de transporte y carretera) o si se promueven sus propiedades físico-mecánica (chasquero, 2019).

2.1.2. Marco Teórico

Para la construcción teórica de la estabilización de suelos con cal, utilizamos el documento de sitio google en el artículo cuyo tema es "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL", publicado el 8 de febrero del año 2021 por el autor Víctor Yépez Piquera por la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia de la República de España.

2.1.2.1. Estabilización de Suelos plásticos



Figura 1: Maquina mezcladora de base estabilizada

Fuente: (Yepez, 2021)

Elaborado: Mora (2022).

Con cal. Los trabajos de construcción se vieron obstaculizados por la presencia de arcilla y el alto contenido de agua en el suelo. Otra forma de reemplazar el suelo es usar cal para la estabilización. El efecto estabilizador de la cal sobre el suelo se consigue mezclando cal con cal apagada (cal apagada o cal apagada) y agua y compactándolos. El suelo más adecuado es un suelo con un tamaño de partícula fino y una plasticidad considerable. Utilice cal con un contenido de CaO superior al 90%. Dependiendo de la situación, agregue 4-7% de cal apagada o 2-5% de cal apagada dependiendo del peso seco del suelo (Yepez, 2021).

Si se usa cal apagada, el operador debe estar protegido del contacto con la piel. La mezcla se puede hacer "in situ" o centralizada. Algunos autores (Bouzá, 2003) distinguen entre la modificación del suelo y la estabilización con cal basándose en el aumento mínimo de la resistencia a la compresión simple a un valor inicial del suelo de 350 kPa (Yepez, 2021).

La cal blanda (óxido de calcio) deshidrata eficazmente la humedad del suelo a través de una reacción exotérmica de hidratación y evaporación. Según la cal añadida y las condiciones del suelo, la humedad puede reducirse entre un 2 % y un 5 %. Haz este proceso inmediatamente después de agregar la lima. Otro efecto inmediato es la rápida floculación y las reacciones de intercambio iónico que modifican el

tamaño, la textura y la densidad de las partículas del suelo, así como sus propiedades de retención de agua. A continuación, una reacción muy lenta de tipo ceniza volcánica produce nuevos productos químicos, elevando el pH del suelo a alrededor de 12,5. La sílice y el óxido de aluminio del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos de calcio y aluminatos de calcio insolubles, que mejoran las propiedades de resistencia y aumentan la resistencia a las heladas.

La ejecución "in situ" consiste en la distribución uniforme de cal apagada o cal apagada mediante equipos mecánicos y el ajuste de la dosis de dos formas posibles (Cabrera et al., 2012):

Con el método seco, la cal se rocía sobre la superficie de trabajo en forma de polvo o gránulos antes de mezclarla con la tierra. En forma de cal apagada húmeda o lechada de cal apagada previamente producida por equipo mecánico. Estos tratamientos se utilizan cuando los materiales alternativos no son posibles o su costo puede ser limitado. Se utiliza habitualmente en subsuelos y subsuelos de pavimentos de carreteras y autopistas, infraestructuras ferroviarias y pistas de aeropuertos para aumentar su capacidad portante y reducir su sensibilidad al agua en suelos arcillosos. El suelo tratado con cal no contiene materia orgánica o vegetal y no contiene altos niveles de sulfatos solubles. Para subbases y bases de pavimentos, el suelo pretratado no debe contener partículas mayores de 80 mm o la mitad del espesor de la capa compactada. Además, la malla 0.080 UNE repele menos del 85% de su peso. La eficacia del tratamiento depende del contenido de arcilla (al menos un 7%) y de su reactividad.

La estabilización con cal aumenta el límite líquido-plástico, así como un índice de plasticidad muy bajo en suelos con $IP < 15$. Sin embargo, reduce el índice de plasticidad de los suelos con plasticidad media ($IP > 15$) y desactiva total o parcialmente la actividad de las arcillas, reduciendo así la sensibilidad al agua. También puede compactar suelos con alta humedad natural, aumentando la humedad de compactación óptima. Sin embargo, la estabilización con cal reduce la densidad Proctor máxima del suelo nativo. Por el contrario, el esfuerzo cortante aumenta con el porcentaje de cal, el tiempo transcurrido, la temperatura de curado y la degradación del suelo durante la corrida.

El suelo se desmorona fácilmente y se convierte en cal granular. La mejora del límite plástico y la humedad de compactación óptima son ventajas para la implementación. La mezcla generalmente se realiza en dos etapas con un tiempo de interacción de 1 a 2 días. En las modernas plantas mezcladoras "in situ", el mezclador está ubicado en la parte central de la planta. El frente de esta cámara de mezcla puede tener barras de impacto para romper partículas gruesas, una o dos puertas con aberturas ajustables y un sistema difusor para romper agua, mortero o aditivos líquidos (Yepez, 2021).

El suelo granular generalmente se estabiliza con cemento, pero también se puede usar cal, especialmente si se agrega ceniza. A la larga, esta ceniza forma un material cementoso. Los niveles de cal y ceniza están entre 3-5% y 10-20% respectivamente



Figura 2: Proceso de mezclado de la base estabilizada

Fuente: (Yepez, 2021)

Elaborado: Mora (2022).

Estabilizadores de Enzimas. Las enzimas son moléculas orgánicas que actúan como catalizadores (aceleradores) de reacciones químicas. Suelen ser proteínas, pero también ARN. Las enzimas cambian la velocidad de una reacción sin afectar su equilibrio porque las enzimas aceleran las reacciones químicas siempre que sea energéticamente posible (Carro, 2021).

En estas reacciones, las enzimas actúan sobre moléculas llamadas sustratos, que se convierten en diferentes moléculas llamadas productos. Las reacciones causadas por enzimas se denominan reacciones enzimáticas.

Los estabilizadores de enzimas son sustancias orgánicas obtenidas, por ejemplo, durante el proceso de fermentación de vegetales y caña de azúcar. Por lo tanto, las enzimas son materiales degradables que se descomponen y disuelven con el

tiempo. Se suministran como líquidos concentrados y actúan como catalizadores orgánicos que, cuando se incorporan al suelo, aumentan el grado de aglomeración y compactación de las partículas del suelo debido al intercambio catiónico (la capacidad del suelo para retenerlo). libera iones positivos), debido al contenido de arcilla y sustancias orgánicas) provoca un proceso acelerado de cementación en la estructura del suelo. Algunos fabricantes de enzimas (por ejemplo: Enzimas internacionales S.A, con su producto Perma-Zyme, estabilizadores de suelos, Terrastión con su producto Terrazyme, etc.) afirman que sus productos son efectivos y amigables con el medio ambiente (no tóxicos), rentables y fáciles de utilizar. Aumentan la resistencia a la compresión, reducen el trabajo de compactación y aumentan la densidad, reduciendo así la permeabilidad (Carro, 2021).

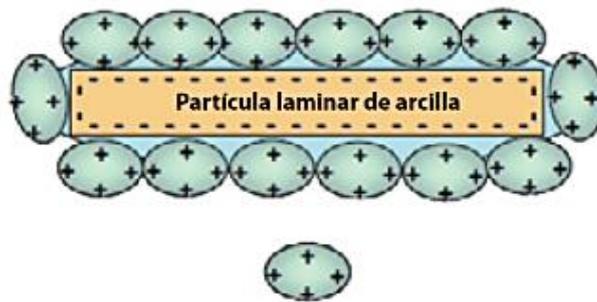


Figura 3: Moléculas orgánicas encapsuladas de la enzima con carga positiva
Fuente: (Carro, 2021)
Elaborado: Mora (2022).

Estudios Realizados con Estabilizadores de Enzimas. Scholen realizó una serie de pruebas en varios proyectos del Servicio Forestal de EE. UU. que utilizaron varios productos para estabilizar caminos sin pavimentar. Se realizaron pruebas de suelo de laboratorio estándar para determinar los cambios en las propiedades de ingeniería de cinco tipos de arcilla cuando se tratan con productos químicos enzimáticos líquidos. Las pruebas incluyeron tres arcillas de referencia (caolinita, ilita, montmorillonita), dos arcillas naturales con alta plasticidad y un estabilizador de fluido enzimático representativo. (Carro, 2021).

Se realizaron pruebas de laboratorio geotécnicas estándar de ASTM para observar el efecto de productos estabilizadores de fluidos representativos en las propiedades de las cinco muestras de arcilla descritas. La tierra se mezcla con el producto en las proporciones recomendadas por el proveedor, se compacta y endurece según el protocolo específico de preparación de muestras. Cada suelo tratado y no tratado se caracterizó por el valor límite de Atberg y el peso unitario compactado, la capacidad de expansión se evaluó mediante una prueba de expansión libre unidimensional y la resistencia al corte se evaluó mediante una prueba de compresión triaxial no consolidada y sin drenaje. Se realizaron múltiples pruebas en muestras preparadas de manera idéntica para caracterizar la variabilidad experimental. (Carro, 2021).

Suelos de Prueba. Se seleccionaron cinco tipos de arcilla para el procedimiento de prueba. Los dos primeros son mineralogía natural, de alto plástico y mixta del sitio de Texas. Los otros tres suelos consisten principalmente en minerales arcillosos: caolinita, illita y montmorillonita sódica. Estas muestras de arcilla de referencia se seleccionaron para probar el efecto de cada producto en los minerales arcillosos más comunes. La siguiente tabla describe las propiedades de cada suelo probado (Carro, 2021).

Tabla 2:
Suelos de pruebas con índices de propiedades

Soil	Source	Atterberg Limits ¹			USCS Classification ²	OWC for Compaction ³
		PL	LL	PI		
Bryan	Natural, mixed clay from Bryan, Texas	20	68	48	Fat Clay (CH)	16 %
Mesquite	Natural, mixed clay from Mesquite, Texas	23	60	37	Fat Clay (CH)	17 %
Kaolinite	"Hydrite R", from the Dry Branch Kaolin Co.	32	51	19	Elastic Silt (MH)	24 %
Illite	Natural deposit near Fithian, Illinois	24	44	20	Lean Clay (CL)	12 %
Sodium Montmorillonite	"Quik-Gel Bentonite" from Baroid Drilling Fluids Inc.	32	567	535	Fat Clay (CH)	24 %

¹ Plastic Limit, Liquid Limit, and Plasticity Index, ASTM D 4318

² Unified Soil Classification System, ASTM D 2487

³ Optimum water content for compaction with a modified Proctor effort, ASTM D 1557

Fuente: (Carro, 2021).

Elaborado: Mora (2022).

Límites de Atterberg. Se determina según la norma ASTM D4318-95a para suelos tratados y no tratados. Las muestras tratadas se curaron durante 7 días antes de la prueba, pero no se comprimieron.

Los estabilizadores no aumentaron ni disminuyeron significativamente el índice de plasticidad (PI) de los cinco suelos probados.

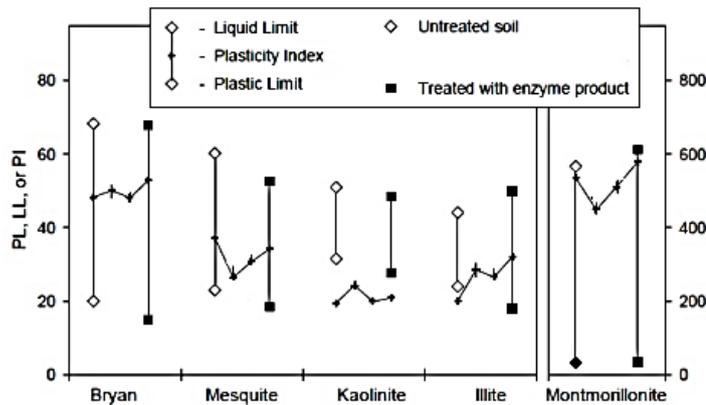


Figura 4: Límites de Atterberg de suelos de pruebas tratados y no tratados
Fuente: (Carro, 2021)
Elaborado: Mora (2022).

Compactación. Se determinaron las curvas de peso seco versus humedad para cinco suelos de prueba no tratados utilizando una prueba de compactación Proctor modificada (ASTM DIS 57-91). Esto crea un OWC (humedad óptima en compactación) para preparar todas las muestras de suelo compactado para las pruebas de expansión y compresión triaxiales posteriores. El contenido de humedad, el peso seco y la porosidad de todas las muestras de suelo se trazaron juntos. Condiciones de prueba tratadas y no tratadas y condiciones óptimas basadas en la compactación del suelo no tratado. Aunque el contenido de agua estuvo ligeramente por debajo del objetivo óptimo en muchas muestras, el tratamiento con estabilizador no tuvo un efecto significativo sobre el peso del suelo compactado o los vacíos debido a las pérdidas por evaporación durante la mezcla.

Expansión Libre. La tasa de hinchamiento potencial del suelo tratado y no tratado se midió mediante la prueba de hinchamiento libre (de acuerdo con ASTM D4546-96), donde. Las muestras de suelo compactado y endurecido se cortaron en anillos con un diámetro de 63 mm y un espesor de 19 mm; las muestras cortadas de montmorillonita tenían un espesor de 10 mm para permitir una mayor expansión.

Después de aplicar una presión de descenso vertical de aprox. 2,4 kPa, el suelo se inundó con agua, que podría filtrarse en la muestra a través de las piedras porosas en la parte superior e inferior. Datos de expansión gratuitos del suelo de Bryan. Se comparan las expansiones libres medidas en todas las pruebas.

El producto parece haber reducido la expansión potencial de illita en aprox. 5% y la expansión libre de montmorillonita con aprox. 10 % El producto enzimático pareció reducir la expansión en el suelo de Bryan, pero una mirada más cercana a los datos reveló que las muestras tratadas con enzimas inicialmente un 2 % más húmedas que las otras muestras de Bryan, lo que podría explicar la menor expansión. El producto parece provocar una mayor expansión de la caolinita; este efecto negativo puede deberse a la expansión inusualmente baja de la caolinita en bruto. El tratamiento con este producto no dio como resultado una reducción constante y significativa de la hinchazón del suelo, aunque se observó una reducción de la hinchazón en algunos suelos arcillosos. (Carro, 2021).

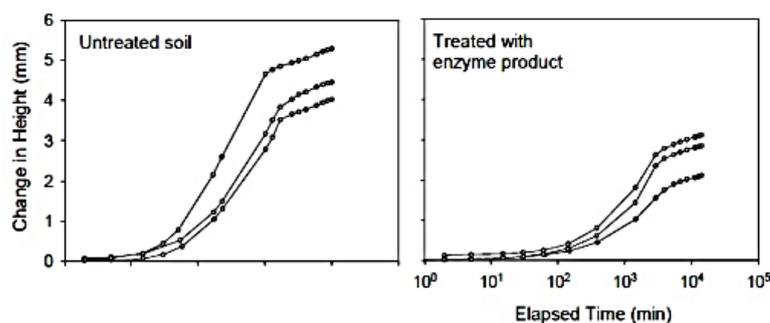


Figura 5: Ejemplo del oleaje libre de las pruebas con arcilla Bryan
Fuente: (Carro, 2021)
Elaborado: Mora (2022).

Continuando con la variable estabilización de suelos plásticos utilizamos el documento de sitio google académico en el artículo cuyo tema es “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ENZIMAS”, publicado el 3 de marzo del año 2022 por el autor Vives, Noriega y Muñoz por la revista Avances Investigación en Ingeniería.

Estabilizaciones No Tradicionales en Suelos. Esta metodología de estabilización de suelo se ha realizado desde la antigüedad cuando los suelos eran muy fértiles en la agricultura pero tenían baja resistencia para las construcciones, realizando estabilizaciones con madera, cenizas y arcillas marinas como se reporta en el trabajo de Ekinci en el 2020 en su investigación titulada “Strength, Stiffness and Microstructure of Wood-Ash Stabilized Marine Clay,” que tuvo como finalidad evaluar la resistencia al corte en condiciones de drenaje consolidado, la muestra que se utilizó fue 5% de ceniza de madera y 10% de muestras reemplazadas con cemento de ceniza de madera con 7 días de curado, se obtuvo que la cohesión aumentó debido al incremento del contenido de cemento, la sustitución del cemento con un 5% de ceniza de madera dio lugar a un aumento adicional de la cohesión, el adicional de ceniza de madera al 10% resultó una cohesión reducida, el aumento de la cohesión con un 5% de sustitución de cenizas de madera indica la introducción de una fuerza de unión con las partículas de arcilla, estabilizando la arcilla marina con sólo el cemento resultó un aumento del ángulo de fricción de 27^a a 42^a (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Estabilizaciones Tradicionales en Suelos. Muchos de los problemas presentados en las vías urbanas son la presencia de suelos blandos, con alta plasticidad y baja resistencia como son las arcillas, que están presentes en Colombia, donde el 7% de la red vial se encuentran pavimentadas y las vías terciarias mucho menos. Un estudio de Gómez en 2016 en "Cambios en las propiedades mecánicas de la arcilla compresible estabilizada con materiales cementicios" investigó muestras de suelo preparadas con cal y Estos diseños se evaluaron para 2% a 16% de cemento mediante investigación de laboratorio de límite de plasticidad, corte directo, compresión confinada. y CBR Los resultados de corte directo confirmaron que la dosificación aumentó el ángulo de fricción y proporcionalmente aumentó el valor de cohesión, curando después de 7, 14 y 28 días, la cohesión aumentó, pero el ángulo

de fricción disminuyó, es decir, para 2% de cal, el ángulo de fricción llegó a 36,97 a los 7 días, y disminuyó a 29,66 con el tiempo, mientras que el contenido de cal fue del 6% de la muestra, se obtuvo un ángulo de fricción de 56,53, a los 28 días disminuyó a 51,35, frente a 2,91 Kpas a los 7 días para suelo con 2% de cal y 11,88 Kpas a los 28 días, prueba de cal al 6% a las 7 Obtiene 17,73 de cohesión a los 28 días y 16,68 de cohesión a los 28 días (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Según el trabajo de Khemis en su artículo de 2014 "Estabilización de mezclas de cemento y cal para arcillas superconsolidadas expandidas", se realizaron la prueba Proctor estándar, la prueba de azul de metileno, la prueba de relación de soporte de California y los resultados muestran que estos valores están en acuerdo con la geotécnica. parámetros que confirman el aumento de la capacidad de carga de esta arcilla natural, como resultado de lo cual la resistencia del suelo y su fuerza aumentan significativamente. Sin embargo, el mejor rendimiento se obtuvo con un tratamiento mixto correspondiente a 8% de cemento y 4% de cal.

Estabilizaciones Mixtas en Suelos (Tradicional y No Tradicional). Las keramzitas se distribuyen a nivel mundial y causan daños a la infraestructura, cimientos de edificios y carreteras debido a su baja resistencia, alta compresibilidad y alto cambio de volumen, estos tipos de suelos pueden mejorarse mediante la estabilización enzimática del cemento con hormigón reciclado, Karami y sus colaboradores demostraron en 2020 que los residuos puede ser de uso efectivo, utilicé suelo in situ que contenía 20% de concreto triturado, 3% de cemento mezclado y 1% de capa enzimática en su mezcla, sus resultados mostraron que este diseño tiene baja permeabilidad y alta resistencia a la compresión no confinada. suelo expansivo y estabilizado que indica que el método de construcción elegido sería muy adecuado.

El trabajo de 2017 de Firoozi y sus colaboradores fue diseñado para estabilizar arcilla utilizando aglutinantes como cal y cemento y subproductos industriales como cenizas volantes y escoria. El proyecto mejoró el desempeño geotécnico; sin embargo, ha habido informes de casos en los que los suelos ricos en sulfato estabilizados con cal o cemento causaron fallas en el pavimento. Actualmente, se han mejorado las

propiedades geotécnicas del suelo mediante el uso de cemento como estabilizador de arcilla. En 2017, Mousavi incorporó cemento y humo de sílice en sus proyectos para probar si sus propiedades geotécnicas mejoraban con su uso. En su estudio, preparó 120 muestras de suelo estabilizado y sin tratar con humo de sílice en lugar de cemento Portland normal. Analizó los efectos de la sustitución parcial (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Casos de Estabilizaciones de Suelos en Obras Civiles. Actualmente, para estabilizar suelos arcillosos se utilizan diversas materias primas, como las que se encuentran en Taman en la zona húmeda de Putrajaya, y para estabilizar suelos arcillosos se utiliza arena de sílice, provocando asentamientos, agrietamientos y deformaciones de caminos. Esmaeil en 2017 a 2 m. Se tomaron 10 muestras de suelo y se evaluó en laboratorio la relación entre permeabilidad, resistencia y CBR y estabilidad con CBR plus y arena silícea y se demostró que el mejor diseño fue 1% CBR PLUS y 9% cuarzo arena, utilizando esta combinación, el índice de plasticidad disminuyó de 31% a 14% y también se observó que el pH del suelo estabilizado era alcalino (7.3). También mencioné que el CBR PLUS marcó una diferencia significativa en la conductividad hidráulica. En cuanto a la prueba de desplazamiento directo, se encontró que suelo estabilizado con CBR PLUS. El suelo tiene una cohesión de 103 kPas (kiloPascal) y un ángulo de fricción de 26° , lo que resulta en un aumento de 1,9 veces en la resistencia al corte en comparación con la muestra sin tratar.

La estabilización de suelos blandos también se puede realizar en suelos contaminados por derrames de petróleo. En 2018, Zhuang Yu et al. 12% de cemento Portland y pasó la prueba límite de Attenberg. La resistencia a la compresión de confinamiento, la resistencia al corte directo y la microestructura de los suelos estabilizados con cemento mostraron que el cemento mejora las propiedades mecánicas de estos suelos. A partir del ensayo de corte directo, se muestra que el ángulo de fricción interna de la tierra disminuye y aumenta con el tiempo. (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Ventajas de Aplicar la Estabilización de Suelo. Los suelos arcillosos se pueden estabilizar con cal, que tiene la ventaja de una reducción de la plasticidad del suelo, una mejora de hasta un 60% en la resistencia a la compactación, un aumento significativo de la cohesión del suelo y una ligera mejora del ángulo de fricción interna, estos hallazgos fueron demostrados en 2014 por Taha. El suelo nublado estabilizado con yeso sintético y cloruro de sodio no mejora las propiedades geotécnicas del suelo y no proporciona resistencia al corte ni reduce el asentamiento. Esta estabilización fue demostrada por Silmi y sus colaboradores en 2019 y sugiere que no es la mejor solución para los asentamientos de suelos turbios en Java central.

La ventaja de utilizar insumos reciclables para la estabilización suelos arcillosos es que son amigables para el medio ambiente, genera menor consumo de energía y menor emisiones de CO₂ y son fáciles de conseguir como son las cenizas volantes y escoria, estos insumos reduce la plasticidad, aumento la resistencia de corte y la aplicación de cal es más ventajosa que aplicación de cemento, volviéndolas útil para la estabilización de taludes, estas ventajas fueron reportadas por Vukicevic en el 2019 en su trabajo “The Alternatives to Traditional Materials for Subsoil Stabilization and Embankments.,” que utilizo ensayos de gravedad específica, distribución del tamaño de grano, relación humedad-densidad (prueba de compactación Proctor), resistencia a la compresión confinada (UCS), pruebas de edómetro y de hinchamiento, cortante directo y la relación de carga de California (CBR) para probar las ventajas que ofrece la estabilización de suelos arcillosos con cenizas volantes y la estabilización con cal (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

2.1.2.2. Cerámica Reciclada.

Cerámica Definición. Sin duda alguna, la industria cerámica es la industria más antigua de la humanidad. Se entiende por material cerámico el producto de diversas materias primas, especialmente arcillas, que se fabrican en forma de polvo o pasta (para poder darles forma de una manera sencilla) y que al someterlo a cocción sufre procesos físico-químicos por los que adquiere consistencia pétreo. Dicho de otro modo, más sencillo, son materiales solidos inorgánicos no metálicos producidos mediante tratamiento térmico (Lobato, 2019).

Propiedades Generales de los Materiales Cerámicos. Son duros, no inflamables y menos propensos a la oxidación que los metales y los plásticos.

Su alta dureza lo convierte en un material ampliamente utilizado para abrasivos y hojas de herramientas.

Buena resistencia a altas temperaturas, buen aislamiento térmico y aislamiento eléctrico.

Alta resistencia a la corrosión y erosión provocada por los ambientes atmosféricos.

Alta resistencia a casi todos los productos químicos. Una característica importante es que se pueden convertir en formas con dimensiones específicas. (Lobato, 2019).

Los materiales cerámicos son generalmente frágiles o vidriosos. Casi siempre se fracturan ante esfuerzos de tensión y presentan poca elasticidad.

Clasificación. Dependiendo de la naturaleza y tratamiento de las materias primas y del proceso de cocción, se distinguen dos grandes grupos de materiales cerámicos: las cerámicas gruesas y las cerámicas finas. (Lobato, 2019).



Figura 6: Clasificación de ladrillos según su masa

Fuente: (Lobato, 2019).

Elaborado: Mora (2022).

Materiales Cerámicos Porosos o Gruesos. (Lobato, 2019), No están vitrificados y el cuarzo no se puede fundir con arena debido a la baja temperatura del horno. Sus grietas están rectificadas y son perfectamente permeables a gases, líquidos y grasas. El más importante:

Arcilla cocida. Es rojiza por el óxido de hierro de las arcillas empleadas y se cuece a unos 800°C. Se denomina loza estannífera cuando se recubre con esmalte blanco (óxido de estaño). Se usa para fabricar baldosas, ladrillos, tejas, etc. (Lobato, 2019).

Loza italiana. Está hecho de arcilla roja y amarilla mezclada con arena y se puede pintar con barniz transparente. La temperatura de combustión es de unos 1000°C. Se utiliza para hacer cubiertos, amuletos, ollas y sartenes de bajo costo. (Lobato, 2019).

Loza inglesa. Elaborado con marga de la que se han separado los óxidos de hierro, con la adición de pedernal, yeso, feldespato (para bajar el punto de fusión de la mezcla) y caolín para aumentar la blancura de la pasta. Se utiliza para servir y decoraciones. Cocido primero a 1100°C, retirado del horno y esmaltado; luego de nuevo en el horno a la misma temperatura (Lobato, 2019).

Refractarios. Se fabrican a partir de arcillas mezcladas con óxidos de aluminio, torio, berilio y circonio. La cocción se efectúa entre los 1.300 y los 1.600 °C, seguidos de enfriamientos muy lentos para evitar agrietamientos tensiones internas. Se obtienen productos que pueden resistir y temperaturas de hasta 3.000 °C. Las aplicaciones más usuales son: ladrillos refractarios (que deben soportar altas temperaturas en los hornos) y electro cerámicas (Lobato, 2019).



Figura 7: Aspecto de materiales refractarios

Fuente: (Lobato, 2019)

Elaborado: Mora (2022).

Materiales Cerámicos Impermeables o Finos. (Lobato, 2019), Allí se exponen a temperaturas lo suficientemente altas como para vitrificar completamente la arena de cuarzo. Esto da como resultado un producto resistente al agua y más duro. la cosa más importante es:

Gres Cerámico Común. Obtenido a partir de arcillas ordinarias, sometidas a temperaturas de unos 1.300 °C. Es muy empleado en pavimentos y paredes (Lobato, 2019).

Gres Cerámico Fino. Obtenido a partir de arcillas conteniendo óxidos metálicos a las que se le añade un fundente (feldespato) para bajar el punto de fusión. Más tarde se introducen en un horno a unos 1.300 °C. Cuando está a punto de finalizar la cocción, se impregnan los objetos de sal marina que reacciona con la arcilla formando una fina capa de silicio aluminato alcalino vitrificado que confiere al gres su vidriado característico. Se emplea para vajillas, azulejos (Lobato, 2019).

Porcelana. Es obtenido a partir de una arcilla muy pura, caolín, mezclada con fundente (feldespato) y un desengrasante (cuarzo o sílex). Su cocción se realiza en dos fases: una a una temperatura de entre 1.000 y 1.300 °C y, tras aplicarle un esmalte otra a más alta temperatura pudiendo llegar a los 1.800 °C. Teniendo multitud de aplicaciones en el hogar (pilas de cocina, vajillas, tazas de café, etc.) y en la industria (toberas de reactores, aislantes en transformadores, etc.) (Lobato, 2019).

2.1.2.2.1. Etapas de la Fabricación de Materiales Cerámicos.

Extracción y Preparación. La obtención de la arcilla, en las canteras, llamadas barrenos, que además de ser a cielo abierto, suelen situarse en las inmediaciones de la fábrica de arcilla (Lobato, 2019).

Para la preparación, se hace la molienda primero y la mezcla de las diferentes materias primas. La composición variará en función de las propiedades requeridas por la pieza de cerámica terminada. Las partículas y otros constituyentes tales como aglutinantes y lubricantes pueden ser mezclados en seco o húmedo. Para productos cerámicos tales

como ladrillos comunes, tuberías para alcantarillado y otros productos arcillosos, la mezcla de los ingredientes con agua es una práctica común. Para otros materiales cerámicos, las materias primas son tierras secas con aglutinantes y otros aditivos (Lobato, 2019).

Conformación. El método de modelado cerámico más utilizado es:

Prensado. La materia prima se puede presionar en el molde seca, plástica o húmeda para formar el producto terminado. (Lobato, 2019).

Prensado en Seco. Este método se usa a menudo para productos refractarios (materiales con alta resistencia al calor) y componentes cerámicos electrónicos. La compactación en seco se puede definir como la compactación unilateral y el moldeado simultáneos de un polvo granular en un molde con una pequeña cantidad de agua y/o adhesivo orgánico. Después del estampado en frío, los gránulos generalmente se calientan (sinterizan) para lograr la resistencia y las propiedades microestructurales deseadas. El prensado en seco se usa ampliamente porque permite la producción rápida de varias piezas con uniformidad y tolerancias estrechas. (Lobato, 2019).

Extrusión. Las secciones transversales sencillas y las formas huecas de los materiales cerámicos en estado plástico a través de un troquel de embutir.



Figura 8: Sección extrusora de la fábrica de procesamiento de cerámica
Fuente: (Lobato, 2019)
Elaborado: Mora (2022).

Secado. Las piezas recién moldeadas se romperían si se sometieran inmediatamente al proceso de cocción, por lo que es necesario someterlas a una etapa de secado con el

propósito es eliminar el agua antes de ser sometida a altas temperaturas. Generalmente, la eliminación de agua se hace a menos de 100°C y puede tardar tanto como 24h para un trozo de cerámica grande (Lobato, 2019).

Cocción. Al cocer las arcillas a alta temperatura se dan reacciones que desembocan en una consistencia pétreo y una durabilidad adecuada para el fin para el que se destinan. La temperatura dependerá del tipo de material (Lobato, 2019).

2.1.2.3. 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/mm², pero por información de la bibliografía, los datos se han podido estimar hasta los 110 N/mm²; el análisis del estudio especificó que es limitada la pérdida de capacidad mecánica del hormigón reciclado hasta 50 N/mm², por lo que no se debe utilizar para hormigones de alta resistencia (Gutierrez, 2018).

Para la construcción teórica de la estructura del pavimento, utilizamos el documento de sitio google académico “Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia”, por los autores Gianina Massenlli y Cassio de Paiva en la Revista Chilena de Ingeniería publicado en enero del 2019.

2.1.2.4. Subrasante de la Estructura del Pavimento.

Modelos de Fatiga Utilizados en la Verificación Mecanicista. El diseño de pavimentos flexibles requiere un análisis de fallas para determinar el agrietamiento por fatiga y la deformación permanente. El modelo de fatiga más utilizado predice el número de repeticiones de carga para evitar la fatiga (Nf) por estrés o deformación. Estos modelos también especifican los valores límite de la flecha restaurada del pavimento (D0); la deformación por tracción horizontal (et) de la última fibra inferior en la capa de asfalto y la deformación vertical (ev) en la parte superior de la subcapa. Este estudio utilizó el modelo constante del manual del proyecto.

Parámetros de Diseño Adoptados en el Estudio de Caso. Para comenzar a dimensionar el pavimento, use el parámetro número N, el número de demandas equivalentes a través de un eje estándar de 80 kN, para convertir el volumen de tráfico en una carga equivalente a un eje estándar o un eje estándar. Durante el período del proyecto de 10 años, N para este estudio es $1,34 \times 10^7$ (USACE) y $4,70 \times 10^6$ (AASHTO). Otro parámetro son las propiedades del subsuelo, que viene determinado por el CBR o módulo de elasticidad (E) obtenido durante el ensayo. Otro parámetro es la clasificación, que puede ser MCT para identificar propiedades finas del suelo, comportamiento de laterita o saprolita; otra clasificación es la elasticidad, que permite clasificar los suelos finos según el comportamiento mecánico de deformación elástica.

Tabla 3:
Clasificación de los suelos finos según su resiliencia

CBR (%)	S (%)		
	≤ 35	35 a 65	>65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

Fuente: (Massenli & de Paiva, 2019)

Elaborado: Mora (2022).

- Para subrasante débiles con $CBR \leq 5\%$ ($E_{sl} \leq 50$ MPa) es evidente la necesidad de protección, una capa adicional de suelo más calificado, es decir, por encima de la subrasante original. Por tanto, disipar las tensiones y deformaciones con espesores de capas que ejerzan esa función;
- Los espesores HREF obtenidos directamente por el método de la Resiliencia son mayores que los del método de DNER (2006). Esta diferencia puede ser explicada porque el método de la Resiliencia considera tanto el comportamiento del suelo como también a la deformación del mismo.
- Subrasantes con $CBR > 12\%$ ($E_{sl} > 100$ MPa) no necesitan de HREF;
- En la verificación mecanicista se hizo necesario el uso de HREF para subrasante con CBR igual a 10% ($E_{sl} = 80$ MPa);
- La deflexión actuante en la superficie del pavimento (D_0) evidencia una reducción acentuada en la subrasante $CBR = 5\%$ (50 MPa).

Estructura de Referencia. El pavimento flexible estudiado fue proyectado para 10 años, según el método empírico de DNER se utilizaron ecuaciones de previsión de fatiga, presentadas anteriormente. Se utilizó para este estudio el programa computacional de diferencias finitas, basado en la teoría de la elasticidad lineal, denominada Elsym 5, para subsidiar los cálculos y obtener las respuestas estructurales del pavimento analizado. Los datos de entrada utilizados en este programa fueron: las propiedades de las capas (espesor, módulo de resiliencia y coeficiente de Poisson), localización y magnitud de las cargas y las coordenadas de los puntos de análisis de las respuestas estructurales del pavimento. Presenta el modelo elástico y los espesores resultantes de la estructura de pavimento después de la verificación mecanicista.

De los materiales recomendados en los guías e instrucciones de proyecto brasileños. De esta forma, los valores de los esfuerzos actuantes, obtenidos por el programa Elsym 5 fueron: $D0 = 64$ ($\times 10^{-2}$ mm), $e_t = 1,88$ ($\times 10^{-4}$) e $e_v = 2,92$ ($\times 10^{-4}$). Por lo tanto, de acuerdo con los procedimientos vigentes en Brasil, la estructura de pavimento dimensionada está apta para iniciar su vida en servicio y atender un período de proyecto de 10 años (Massenlli & de Paiva, 2019).

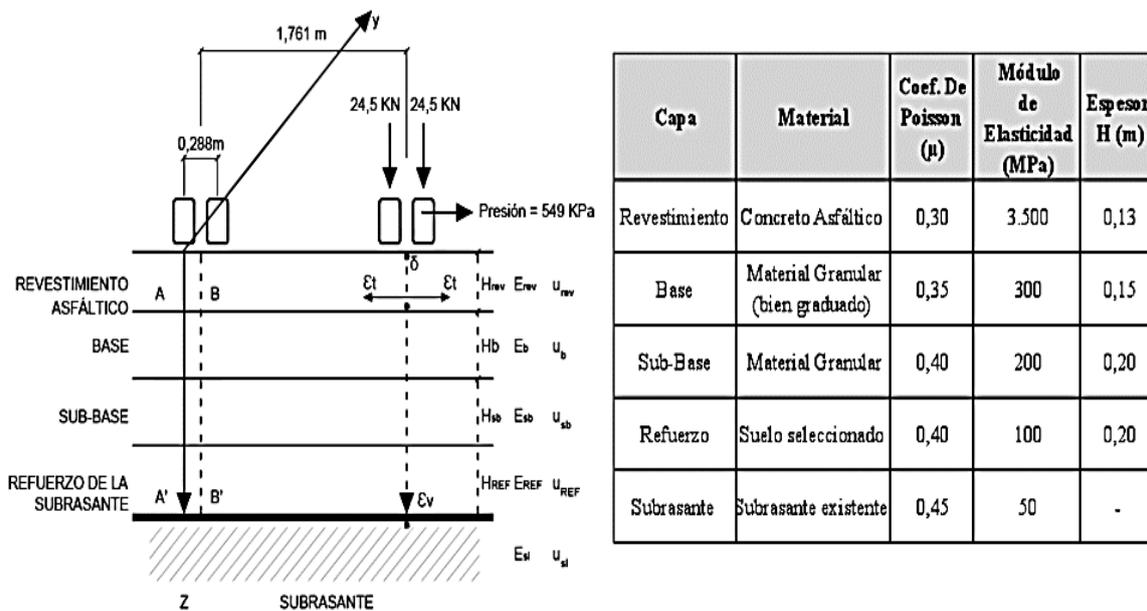


Figura 9: Valores de estructura del pavimento dimensionada

Fuente: (Massenlli & de Paiva, 2019).

Elaborado: Mora (2022).

Análisis de Sensibilidad de la Reducción Estructural de las Capas del Pavimento. Las pérdidas de integridad de las capas del pavimento se representaron por la reducción o disminución de las espesuras efectivas (H) y de los módulos elásticos con contribución estructural (E), como se muestra.

La variación de los esfuerzos actuantes, en función de cada parámetro modificado, fue expresada en porcentaje, como fue propuesto por Mallick y ElKorchi. Así se compararon los análisis de sensibilidad de cada esfuerzo en relación con los cambios de espesor y el módulo de resiliencia de las capas y de la subrasante.

Tabla 4:
Plan de pérdida de integridad

Capa	Material	Espesor (m)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Coef. de Poisson (μ)
Revestimiento	Concreto Asfáltico	0,13 a 0,04	3500 a 1100	0,3
Base	Granular bien graduada (BGS)	0,15 a 0,10	300 a 100	0,35
Sub-Base	Granular (CBR \geq 20%)	0,20 a 0,10	200 a 100	0,4
Refuerzo	Suelo seleccionado (CBR \geq 10%)	0,2	100	0,4
Subrasante	Subrasante existente (CBR \geq 5%)	∞	50 a 20	0,45

Fuente: (Massenlli & de Paiva, 2019).

Elaborado: Mora (2022).

La comparación de las respuestas estructurales, indicadas, Mira dos situaciones relacionadas en la parte superior de la mazmorra. (en la profundidad de 0,68 m):

Reducción acentuada en la deflexión, cuando el HREF pasó de 0,20 m a 0,40 m, es decir, la deflexión de 242,50 ($\times 10^{-2}$ mm) alcanzó 185,10 ($\times 10^{-2}$ mm). La guía SETRA establece 200 ($\times 10^{-2}$ mm) para el control de ejecución cuando el módulo del soporte de la fundación corresponde a 50 MPa, pero el manual direcciona que para alcanzar ese valor es necesario la ejecución del refuerzo en la subrasante. El refuerzo de la subrasante igual a 0,60m resulta en un ev igual a 2,01 ($\times 10^{-4}$), valor próximo al límite establecido en experimentos internacionales para pavimentos de larga duración ($ev = 2,00 \times 10^{-4}$). La condición de refuerzo estructural, también puede ser verificada en el efecto de la deformación elástica, o sea, la deflexión en todo el pavimento (Massenlli & de Paiva, 2019).

En esta variable también ocupamos el artículo científico denominado pavimento flexible (partes que componen su estructura). fue publicado el 3 de octubre del 2018 por la revista cueva del ingeniero civil.

Pavimento Flexible. Se muestra esquemáticamente, los componentes principales de un pavimento asfáltico (Estructural de un Pavimento Flexible). Se puede considerar que la estructura de un pavimento está formada por una superestructura encima de una fundación, esta última debe ser el resultado de un estudio geotécnico adecuado. En los pavimentos camineros, la superestructura está constituida por la capa de revestimiento

y la capa base; la fundación está formada por las capas de sub-base y suelo compactado (Cueva del Ingeniero Civil, 2018).

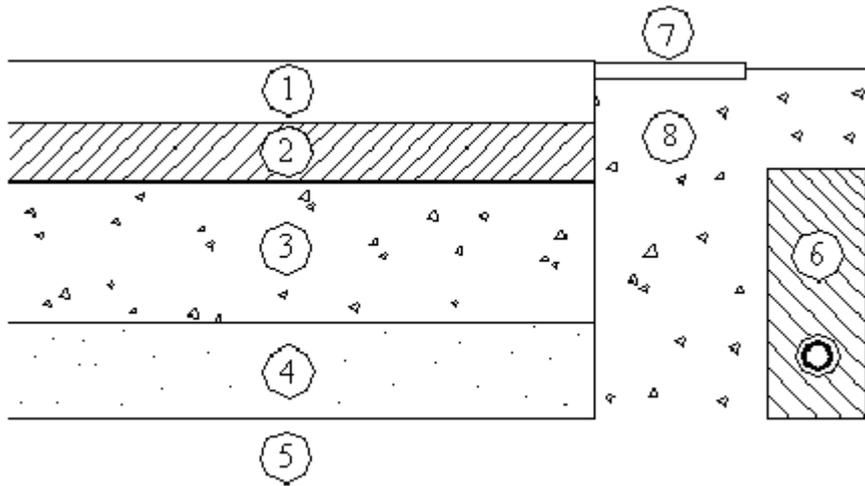


Figura 10: Componentes de la estructura de un pavimento flexible: 1) Capa de Rodadura; 2) Capa Base; 3) Capa Sub-base; 4) Suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada); 5) Subrasante; 6) Sub-drenaje longitudinal; 7) Revestimiento de Hombreras; 8) Sub-base de Hombreras

Fuente: (Cueva del Ingeniero Civil, 2018)

Elaborado: Mora (2022).

Sección Típica de un Pavimento Flexible ¿Qué Capas Componen la Estructura de un Pavimento Flexible? Las capas y elementos que componen la estructura de un pavimento flexible son los siguientes: capa de Rodadura, capa Base, capa sub-base, suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada), subrasante, Subdrenaje longitudinal, revestimiento de Hombreras, sub-base de Hombreras

Funciones de la Capa de Rodadura. La capa de rodadura o revestimiento asfáltico tiene las siguientes funciones:

- Impermeabilizar el pavimento, para que las capas subyacentes puedan mantener su capacidad de soporte.
- Proveer una superficie resistente al deslizamiento, aún húmeda.
- Reducir las tensiones verticales que la carga por eje ejerce sobre la capa base, para poder controlar la acumulación de deformaciones plásticas en dicha capa (Cueva del Ingeniero Civil, 2018).

Funciones de la Capa Base. La capa base tiene las siguientes funciones:

- Reducir las tensiones verticales que las cargas por eje ejercen sobre las capas sub-base y suelo natural.
- Reducir las deformaciones de tracción que las cargas por eje ejercen a la capa de revestimiento asfáltico.
- Permitir el drenaje del agua que se infiltra en el pavimento, a través de drenajes laterales longitudinales.

Funciones de la Capa Sub Base. La base está hecha de un material con mayor capacidad portante que el suelo compactado y se utiliza para reducir el espesor de la base. La construcción del pavimento puede incluir capas de suelo reforzado para reducir el espesor de la subrasante.

2.2. Marco Legal

2.2.1. Normativa Nacional

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008, Decreto Legislativo 0 Registro oficial 449 de 20-oct-2018 Última actualización: 01-ago-2018: Reformado

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.

2.2.2. 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).

2.2.3. Ley orgánica de economía circular inclusiva

En sus artículos nos indican el buen uso de los recursos naturales para no mitigar el medio ambiente.

El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados

El artículo 71 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce a la naturaleza el derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema

El artículo 72 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

El artículo 225 del código Orgánico del ambiente establece como políticas generales en su numeral 1 el manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente; y numeral 2, la responsabilidad extendida del producto o importador.

DEL ECODISEÑO

Art. 27.- Del ecodiseño. - Las empresas de bienes y servicios incorporarán progresivamente características de ecodiseño, orientadas a reducir su impacto ambiental y mejorar sus procesos de revalorización. El Sistema Nacional de Economía Circular Inclusiva, a través del ente rector de la política industrial, incorporará metas de ecodiseño de acuerdo a las características de cada actividad, mediante el estudio técnico correspondiente, el mismo que deberá ser actualizado al menos cada 5 años.

Art. 28.- Del desarrollo del ecodiseño. - Las instituciones de educación superior en las que se desarrollen carreras relacionadas con procesos productivos, establecerán programas y proyectos para el desarrollo del ecodiseño en el país

Art. 39.- Responsabilidades de GAD Municipales o Distritos Metropolitanos. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Distritos Metropolitanos, en el marco de sus competencias, recursos y realidades deberán:

- a) Recolectar, gestionar y/o disponer de los residuos y desechos que no sean procesados por los sistemas de gestión.
- b) Establecer ordenanzas y mecanismos para la recolección diferenciada de residuos, dentro de su planificación, competencias y requerimientos técnicos y financieros.
- c) Priorizar en los diferentes niveles de gestión a los recicladores de base como aliados estratégicos de la economía circular inclusiva.
- d) Desarrollar ordenanzas para la prestación del www.zonalegal.net LEY ORGÁNICA DE ECONOMÍA CIRCULAR INCLUSIVA 18 servicio de recicladores de base, de acuerdo con la norma técnica nacional que expida el Consejo Nacional de Economía Circular Inclusiva.
- e) Autorizar el uso de suelo para ubicación y operación de instalaciones de recepción, plantas, bodegas, procesadoras de los sistemas de gestión, así como de uso de espacio público para dispositivos de separación en la fuente industrial, comercial, institucional o doméstico.
- f) Celebrar comodatos para facilitar el uso de espacios de propiedad municipal para gestión de residuos, de forma preferencial con recicladores de base.
- g) Generar proyectos de establecimiento de polígonos industriales para actividades de reciclaje y gestión de residuos.
- h) Otorgar permisos de uso de suelo y garantizar la provisión de servicios básicos requeridos para su funcionamiento, de acuerdo con la norma técnica nacional homologada que se expida para el efecto. El establecimiento, operación y mantenimiento de las instalaciones de recepción y almacenamiento será de responsabilidad del productor o de su sistema de gestión asociado.
- i) Otorgar permisos de operación de sistemas de gestión, exclusivamente a gestores autorizados y registrados en el Registro Nacional Integrado de Emisiones y Transferencia de Residuos, priorizando a los actores de la economía popular y solidaria.

- j) Promover y proveer soporte técnico a proyectos de emprendimiento, asociatividad, MiPymes y economía popular y solidaria, priorizando organizaciones de recicladores de base.
- k) Garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad industrial y salud laboral a todos los sistemas de gestión de residuos y procesos de capacitación a los recicladores de base. l) Informar y educar eficientemente sobre las responsabilidades ciudadanas, relacionadas a la economía circular inclusiva y la gestión adecuada de residuos.
- m) Establecer las tasas o tarifas por concepto de la gestión integral de residuos incluyendo criterios de costo del servicio de recolección diferenciada y no diferenciada, así como los costos relacionados con todas las fases de gestión integral de residuos sólidos conforme lo establecido por el Código Orgánico del Ambiente.
- n) Establecer mecanismos de control de cumplimiento de las normas técnicas homologadas en los procesos de recolección, almacenamiento, procesamiento y comercialización de residuos.
- o) Celebrar convenios con sistemas de gestión y/o financiar proyectos, programas y acciones que tengan como objetivo prevenir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización.
- p) Reglamentar los sistemas de transporte específicos para la gestión de residuos o desechos.
- q) Analizar, fijar y otorgar incentivos tributarios y de cualquier otra naturaleza, para promover la implementación de la Economía Circular Inclusiva.
- r) Implementar plantas de tratamiento y valorización integral de residuos sólidos en lugar de rellenos sanitarios, que incluyan las fases de clasificación, separación, aprovechamiento material y energético.
- s) Realizar el cierre tecnificado de botaderos de cielo abierto.
- t) Implementar obligatoriamente la recolección diferenciada entre residuos reciclables, orgánicos y no reciclables.
- u) Establecer ordenanzas relacionadas con pago exclusivo para desechos no reciclables.

El ejercicio de estas competencias deberá ser acorde con la planificación, requerimientos técnicos, requisitos legales y posibilidades financieras que fueren aplicables, de conformidad con las competencias y requisitos establecidos en la ley

Art. 40.- Convenios con Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. - Los gobiernos autónomos descentralizados o mancomunidades con personalidad jurídica podrán celebrar convenios con los sistemas de gestión, destinados a la separación en origen, recolección selectiva, establecimiento y/u operación de instalaciones de recepción y almacenamiento de residuos, o a la ejecución de otras acciones que faciliten la implementación de esta ley en sus territorios. Los GAD podrán constituir empresas públicas para la implementación de la gestión de residuos. Para dicho efecto, se dará prioridad a la contratación de recicladores de base o a asociaciones de recicladores de base del cantón respectivo, acorde a lo dispuesto a la Ley de Economía Popular y Solidaria.

Art. 41.- Permiso de edificación de instalaciones de recepción y almacenamiento de residuos de productos prioritarios. - Las ordenanzas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados podrán regular los procedimientos simplificados para la obtención de permisos de edificación de aquellas instalaciones de recepción y almacenamiento de residuos de productos prioritarios sujetos a la presente Ley, según normativa nacional homologada que deberá considerar los siguientes principios:

- a) Seguridad ambiental.
- b) Seguridad laboral.
- c) Mejores prácticas técnicas.
- d) Optimización energética.
- e) Uso adecuado de agua y recursos hídricos.
- f) Priorización de emprendimiento, economía popular y solidaria, y MiPymes.

2.2.4. 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.

2.2.5. Normas del Proceso para Realizar los Diversos Ensayos para el Tema Investigativo.

En el presente tema investigativo las tareas a realizar, regirá la normativa establecida en la Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de acuerdo MOP - 001-F 2002 en el 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 la manera adecuada de realizarlo como indica en la 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 Les Tan):

MTOP en sus capítulos.

- SECCION 402 Mejoramiento de la sub-rasante IV-16
- SECCION 404 Bases IV-50

Normas de los ensayos a estudiar

Los ensayos del presente trabajo serán realizados bajo las respectivas normas: Norma A.S.T.M., AASHTO, NLT e 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: (Cuantitativo, Cualitativo o Mixto)

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).

La investigación el enfoque es cuantitativo, porque se realizó una amplia recolección, toma de muestras, 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 la capacidad portante del estrato y saber su porcentaje de hinchamiento que tendría este material y que esté dentro de los parámetros requeridos en las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, y al mismo tiempo se analizaron los resultados con la estabilización con cal. Al final se medirán las variables y se analizarán los datos obtenidos en la investigación, todo este proceso se debe realizar de conformidad a lo establecido en las normas y procedimientos.

3.2. Alcance de la Investigación: (Exploratorio, Descriptivo o Correlacional)

La investigación con alcance descriptivo es aquella donde, ya conociéndose las características del fenómeno a estudiar, se busca detallar sus dimensiones de forma precisa. En este alcance es posible, pero no obligatorio, plantear una hipótesis que busque caracterizar el fenómeno del estudio (Ramos Galarza, 2020).

Por tanto, es posible definir el alcance del presente trabajo de investigación como Descriptivo, ya que el investigador definirá el análisis y el proceso que tendrá el tema investigativo, analizando el comportamiento de los suelos plásticos expansivos y las características de cada

material innovador para que beneficie la mezcla a utilizar en la estabilización de estos suelos dándole una mejor estructura a la subrasante de una vía y analizarlo con la estabilización para así definir cual el más adecuado.

3.3. Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos

Las técnicas de investigación son los procesos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos. (lifeder, 2020).

Las técnicas utilizadas fueron los ensayos de clasificación (humedad, granulometría y límites de Atterberg), Proctor y C.B.R; que estén dentro de lo requerido para su utilización como parte de la estructura de pavimento. Una vez definida las proporciones adecuadas que permitan disminuir la expansión se realizará los ensayos complementarios para determinar la expansión obtenida al utilizar la mezcla que cumple con los ensayos de plasticidad y su comparativa con los resultados de la estabilización con cal.

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 esta investigación la población será toda la extensión de terreno del que se tomarán las muestras a estudiar, el cual presenta un tipo de suelo arcilloso negro. A las muestras obtenidas del mismo se le realizarán los distintos ensayos de clasificación.

3.4.2. Muestra

El muestreo es indispensable para el investigador ya que es imposible entrevistar a todos, la muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población.

Aleatoria: Se selecciona al azar, todos los miembros tienen misma posibilidad. Estratificada: cuando se subdivide en estratos o subgrupos según las variables o características a investigar. Cada estrato ha de corresponder en proporción a la población. Sistemática: cuando se establece un patrón o criterio al seleccionar la muestra.

El muestreo se da por la imposibilidad de entrevistar a todos los miembros de una población, se selecciona la muestra que sea muy representativa de la población para luego generalizar con seguridad. El tamaño de la muestra depende de la precisión del estudio, pero por regla general se debe usar una muestra tan grande como sea posible. Entre más grande la muestra mayor posibilidad de ser más representativa de la población. En la investigación descriptiva se emplean muestras grandes y algunas veces se recomienda seleccionar de un 10-20% de la población.

Para la presente investigación, a las muestras obtenidas se les aplicarán los ensayos de clasificación (humedad, granulometría, límite líquido y plástico) en diversos porcentajes utilizando los materiales innovadores, mezclada con la arcilla expansiva hasta que los ensayos de clasificación cumplan con las normas especificadas en el MTOP, para ser utilizado como material de mejoramiento; y a esta mezcla se le realizaron los ensayos correspondientes de proctor y C.B.R. para verificar su expansión. El número de ensayos a realizar en la presente investigación para cada muestra se presenta a continuación:

Cuadro 1: *Detalle de los ensayos a realizar en cada muestra*

MUESTRA	E N S A Y O S R E A L I Z A D O S						
	HUMEDAD	LIMITES	GRANULOMETRIA	PROCTOR	C.B.R.	EXPANSION	PESO UNITARIO
Suelo Plastico	√	√	√	√	√	√	
Cal							√
Mezcla 1	√	√	√				
Mezcla 2	√	√	√				
Mezcla 3	√	√	√				
Mezcla 4	√	√	√	√	√	√	
Ceramica Reciclada							√
Mezcla 1	√	√	√				
Mezcla 2	√	√	√				
Mezcla 3	√	√	√				
Mezcla 4	√	√	√	√	√	√	
Hormigòn Reciclada							√
Mezcla 1	√	√	√				
Mezcla 2	√	√	√				
Mezcla 3	√	√	√				
Mezcla 4	√	√	√	√	√	√	
TOTAL	13	13	13	4	4	4	3

Elaborado por: Mora (2022)

La muestra es no estadística, y fue tomada por el autor del presente trabajo por los altos costos de la realización de los ensayos. Dado que se realizarán 6 ensayos al suelo plástico, 1 a la cal y su mezcla 15, 1 a la cerámica y su mezcla 15, y al hormigón reciclado y su mezcla 15, se determina la necesidad de un total de 54 ensayos, especímenes del suelo y materiales innovadores.

3.5. Presentación y Análisis de Resultados

Se determinó cada ensayo en tablas comparativas, con los resultados que corresponden a las respectivas mezclas, cada procedimiento está detallado para su respectivo análisis, se incluyen también las fotos de los ensayos y procedimiento realizados. Así también, se realizó el análisis comparativo entre la estabilización del suelo con cal y la estabilización con los materiales innovadores, en este caso la cerámica y hormigón triturado, con la finalidad de estabilizar los suelos de baja capacidad portante.

Habiendo recogido las muestras de suelo plástico arcilloso en el suelo natural por donde se construirá el bypass de Babahoyo cerca del campamento de la Prefectura de los Ríos, en el sector Kimberly, se las trasladó al laboratorio, se trabajó con las muestras del material existente (arcilla limosa negra) y con los materiales innovadores propuestos (cerámica triturada y hormigón triturado), se comparará con la estabilización del material existente con cal.



Foto 1: arcilla limosa plástica
Elaborado por: Mora (2022)



Foto 2: Hormigón triturado
Elaborado por: Mora (2022)



Foto 3: Cerámica triturada
Elaborado por: Mora (2022)

Posterior a ello, se realizaron los ensayos sobre los materiales. Se comenzó por realizar el ensayo de peso unitario a la cal.



Foto 4: Peso unitario de la cal
Elaborado por: Mora (2022)

Seguidamente, se realizó el ensayo de peso unitario al otro material innovador, la cerámica triturada.



Foto 5: Peso unitario cerámica
Elaborado por: Mora (2022)

Seguido, se realizó el ensayo de peso unitario al otro material innovador, el hormigón triturado.



Foto 6: Peso unitario del hormigón
Elaborado por: Mora (2022)

Obtenidos los valores de peso unitario de los materiales innovadores y de la cal, y habiendo realizado los ensayos respectivos para conocer las características del suelo arcilloso. Se realizaron 4 mezclas a diferentes proporciones, cumpliendo la última con las normas especificadas por el MTOP.

A la cuarta y última muestra elaborada se le aplicaron los ensayos respectivos, incluidos el límite líquido, ensayo proctor y el C.B.R.



Foto 7: Ensayo de limite liquido
Elaborado por: Mora (2022)



Foto 8: Ensayo granulométrico
Elaborado por: Mora (2022)



Foto 9: Ensayo proctor
Elaborado por: Mora (2022)



Foto 10: Ensayo proctor
Elaborado por: Mora (2022)



Foto 11: Ensayo C.B.R. hinchamiento
Elaborado por: Mora (2022)



Foto 12: Ensayo C.B.R. penetración
Elaborado por: Mora (2022)

Habiendo realizado todos los ensayos planteados, es oportuna la presentación de sus resultados para análisis. Se presentan los ensayos realizados a la arcilla negra (clasificación, proctor y C.B.R.); los ensayos de clasificación a las mezclas realizadas con diversos porcentajes del material propuesto; y ensayos completos a la mezcla que cumple con las especificaciones de material de mejoramiento del MTOP

3.5.1. Ensayos de Clasificación, Proctor y C.B.R al Material Existente

Ensayo de clasificación)

Tabla 5:

Ensayo de clasificación del material existente (suelo arcilloso)

INSTITUTO VENEZOLANO CAROLINO ANÁLISIS CARB.		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						
PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"				CALICATA:	1
UBICACIÓN:					MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	29-nov-22			PROFUND (m):		
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:		Límite Líquido ≤ 36		Índice de Plasticidad ≤ 9		
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua		165,40	134,70	27,68	28,69	
	Goques					
	33	22,48	18,49	7,54	66,93	
	28	20,38	15,00	7,15	68,54	
2. Límite Líquido		21	19,73	14,81	70,49	
	16	22,88	16,65	8,05	72,44	
3. Límite Plástico		11,48	9,45	3,22	32,58	
		12,31	10,11	3,38	32,69	
		11,68	9,55	3,15	33,28	
4. Granulometría			5. Resumen			
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00		% de Grava = 18		
Peso inicial seco para cálculos =		466,25		% de Arena = 17		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 69	
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP = 33	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 36	
1"					% Humedad w = 29	
3/4"					6. Clasificación	
3/8"					SUCS: CH	
No. 4	82,00	17,6	82,4		AASHTO: A-7-5	
No. 10	34,00	24,9	75,1		IG(86): 24	
No. 40	40,25	33,5	66,5	2 - 20	IG(45): 17	
No. 200	6,36	34,9	65,1			
7. Descripción: Arcilla limosa con restos de grava residual y arena fina, color negra con pintas verdosas						
LÍMITE LÍQUIDO						
8. Observaciones:						
Emita:			Aprueba:			
Laboratorista			Jefe de Laboratorio			

Elaborado por: Mora (2022).

Ensayo proctor

Tabla 6:
Ensayo de proctor del material existente (suelo arcilloso)

**CARRASCO VILLARCO
INGENIEROS CIVILES**

**CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS
USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie² (2.700 kN/m²))**

ASTM D 1557

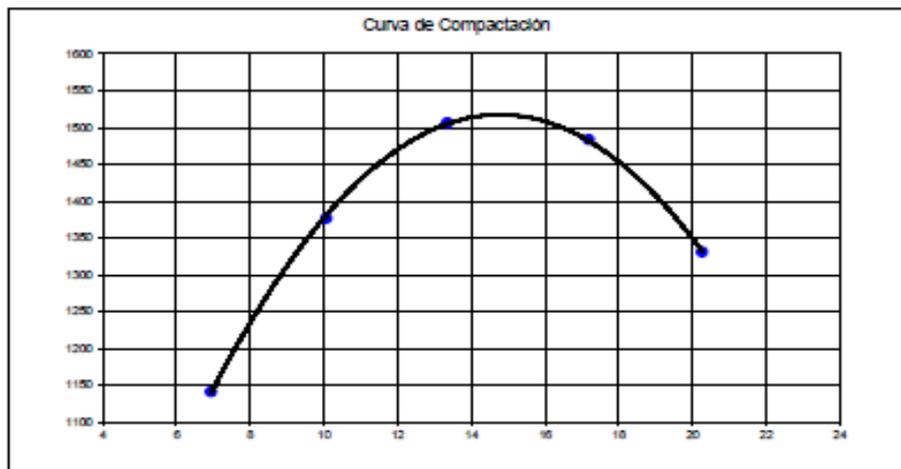
PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"	CALICATA:	1
UBICACIÓN:		MUESTRA:	1
FECHA TOMA:	29-nov-22	PROFUND (m):	
		FECHA ENSAYO:	1-dic-22

1. Norma y ensayo:	Procedimiento A	2. Datos del molde:	
Golpe/capa:	25	Dímetro:	10,18 cm.
No. De capas:	5	Volumen:	936 cm ³
Material pasa el tamiz:	#4	Peso:	4.215 gr
Peso del martillo:	4,5 kg.	3. Descripción/SUCS:	Arcilla limosa con restos de grava residual y arena fina, color negra con pintas verdosas, CH
Altura de caída:	45,7 cm.		

4. Datos para la curva:					
Punto No.	1	2	3	4	5
Peso suelo/molde	5.358	5.834	5.814	5.843	5.714
Peso suelo	1.143	1.419	1.599	1.628	1.499
Densidad húmeda	1.221	1.515	1.708	1.739	1.601

5. Contenidos de agua:										
P. Suelo hum/cap	118,22	118,22	128,90	128,90	108,38	108,38	112,89	112,89	98,34	98,34
P. Suelo seco/cap	111,48	111,48	118,36	118,36	97,33	97,33	98,25	98,25	84,06	84,06
P. Cápsula	14,27	14,27	13,62	13,62	14,52	14,52	14,22	14,22	13,58	13,58
w (%)	6,93	6,93	10,06	10,06	13,34	13,34	17,18	17,18	20,28	20,28
w Promedio (%)	6,93		10,06		13,34		17,18		20,28	
Peso Unit. Seco	1.141		1.377		1.507		1.484		1.331	

6. Resultados:	Peso unitario seco = 1.618 kg/m ³
	Contenido de agua óptimo = 14,8 %



Calculado por :

Verificado por : *[Firma]*

Elaborado por: Mora (2022).

Ensayo C.B.R.

Tabla 7:
Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA	4,54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 5,17%				
HUMEDAD OPTIMA:		14,80% Densidad Máxima Seca	1518 Kgr/m ³	Calicata N°:	1	Muestra No.: 1		
LL= 59	LP= 33	IP= 36	Profundidad:					
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.	R		V		Q			
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 húmeda + molde (gr)	11709	12067	11635	11806	11534	11616		
Peso del molde (gr)	7521		7764		7694			
Peso de muestra húmeda (gr)	4178	4536	3851	4024	3540	3622		
Volumen muestra (cm ³)	2401,46	2523,08	2383,17	2504,59	2384,73	2507,37		
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1,740	1,793	1,616	1,607	1,484	1,445		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.	G	G	H	H	K	L		
Peso muestra húmeda + tarro (gs)	122,56	132,71	129,06	127,53	133,82	109,45		
Peso de la muestra seca + tarro (gs)	106,43	107,43	114,32	103,26	118,76	87,98		
Peso del agua (gs)	14,13	25,28	14,74	24,27	15,16	21,47		
Peso del tarro (gs)	14,18	14,83	14,28	14,58	14,37	13,28		
Peso de la muestra seca (gs)	94,25	92,6	100,04	88,68	104,39	74,70		
Contenido de humedad promedio (%)	14,88%	27,30%	14,73%	27,71%	14,52%	28,74%		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1512,95	1412,25	1408,40	1256,06	1296,20	1122,04		
Porcentaje de Compactación:	99,67%	93,03%	92,78%	82,86%	85,39%	73,92%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. R		MOLDE No. V		MOLDE No. Q	
			ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
2/12/2022	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%
3/12/2022	09H00	24		0,0%		0,0%		0,0%
	21H00	36		0,0%		0,0%		0,0%
4/12/2022	09H00	48		0,0%		0,0%		0,0%
5/12/2022	09H00	72		0,0%		0,0%		0,0%
6/12/2022	09H00	96	0,2321	5,1%	0,2335	5,1%	0,2357	5,1%

Calculado por :

Verificado por : 

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 8:
Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso

**C.B.R.
PENETRACION**

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 2/12/2022

Localización: _____ Callosa: 1 Muestra: 1 _____

MOLDE No :	R	Peso del Molde:	7,53 Kg.	Volumen del Molde (V):	2401,46 cm ³		
No Golpes por Capa: 56	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.	Altura de caída:	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")	16,89			7,68		
1.27 mm.	(0.05")	30,91			14,05		
2.54 mm.	(0.10")	60,59			27,54		
3.81 mm.	(0.15")	90,28			41,04		
5.08 mm.	(0.20")	111,72			50,78		
7.62 mm.	(0.30")	138,11			62,78		
10.16 mm.	(0.40")	151,31			68,78		
12.70 mm.	(0.50")	160,38			72,90		
		CARGA UNITARIA EN Lbs/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	5,63			0,40		
1.27 mm.	(0.05")	10,30			0,72		
2.54 mm.	(0.10")	20,20			1,42		
3.81 mm.	(0.15")	30,09			2,12		
5.08 mm.	(0.20")	37,24			2,62		
7.62 mm.	(0.30")	46,04			3,24		
10.16 mm.	(0.40")	50,44			3,55		
12.70 mm.	(0.50")	53,46			3,76		

Penetration (inches)	CBR (%)
0.1	2.14
0.2	2.48
0.5	5.06

C.B.R.: 2,48 %

HINCHAMIENTO 5,06 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: *Gonzalo Velasco*

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 9:
 Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso

**C.B.R.
PENETRACION**

GONZALO YÉLASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 2/12/2022

Localización: _____ Callosa: 1 Muestra: 1

MOLDE No:	V	Peso del Molde:	7,78 Kg.	Volumen del Molde (V):	2383,17 cm ³	
No Golpes por Capa:	25	No. Capas:	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.	
				Altura de caída:	45,7 cm	
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	
		2	3		3	
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.	
0.635 mm.	(0.025")	12,77			5,80	
1.27 mm.	(0.05")	21,01			9,55	
2.54 mm.	(0.10")	39,15			17,80	
3.81 mm.	(0.15")	58,12			26,42	
5.08 mm.	(0.20")	75,43			34,29	
7.62 mm.	(0.30")	100,17			45,53	
10.16 mm.	(0.40")	118,32			53,78	
12.70 mm.	(0.50")	128,22			58,28	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²	
0.635 mm.	(0.025")	4,26			0,30	
1.27 mm.	(0.05")	7,00			0,49	
2.54 mm.	(0.10")	13,05			0,92	
3.81 mm.	(0.15")	19,37			1,36	
5.08 mm.	(0.20")	25,14			1,77	
7.62 mm.	(0.30")	33,39			2,35	
10.16 mm.	(0.40")	39,44			2,77	
12.70 mm.	(0.50")	42,74			3,00	

The graph plots CBR (%) on the y-axis (0 to 45) against Penetration (mm) on the x-axis (0 to 0.6). A smooth curve starts at the origin and rises. Two points are marked on the curve: one at approximately 0.1 mm penetration and 14.3% CBR (labeled 1.40%), and another at approximately 0.2 mm penetration and 26.1% CBR (labeled 1.74%).

C.B.R.: 1,74 %

HINCHAMIENTO 5,1 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: *Gonzalo Yélasco*

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 10:
 Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		C.B.R. PENETRACION					
		PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"					
FECHA: 2/12/2022							
Localización:	Calleata: 1	Muestra: 1					
MOLDE No :	Q	Peso del Molde:	7,99 Kg.	Volumen del Molde (V):	2384,73 cm ³		
No Golpes por Capa:	12	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.	Altura de caída:	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")	3,70			1,68		
1.27 mm.	(0.05")	11,12			5,05		
2.54 mm.	(0.10")	21,84			9,93		
3.81 mm.	(0.15")	35,85			16,30		
5.08 mm.	(0.20")	47,40			21,54		
7.62 mm.	(0.30")	57,29			26,04		
10.16 mm.	(0.40")	62,24			28,29		
12.70 mm.	(0.50")	64,71			29,42		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	1,23			0,09		
1.27 mm.	(0.05")	3,71			0,26		
2.54 mm.	(0.10")	7,28			0,51		
3.81 mm.	(0.15")	11,95			0,84		
5.08 mm.	(0.20")	15,80			1,11		
7.62 mm.	(0.30")	19,10			1,34		
10.16 mm.	(0.40")	20,75			1,46		
12.70 mm.	(0.50")	21,57			1,52		

The graph plots CBR (%) on the y-axis (0 to 30) against Penetration (mm) on the x-axis (0 to 0.6). A smooth curve starts at the origin and rises to approximately 22% CBR at 0.5 mm penetration. Two points are marked on the curve: one at approximately 7.8 mm penetration (0.78% CBR) and another at approximately 16.2 mm penetration (1.08% CBR).

C.B.R.: 1,08 %

HINCHAMIENTO 5,1 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: *Gonzalo Velasco*

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 11:
Ensayo de C.B.R. Diseño

GONZALO YÉLASCOS
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

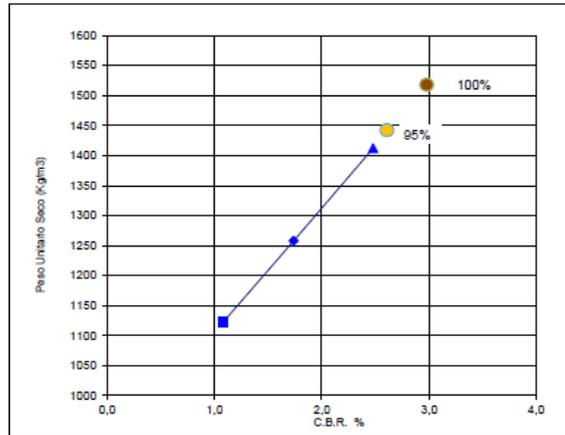
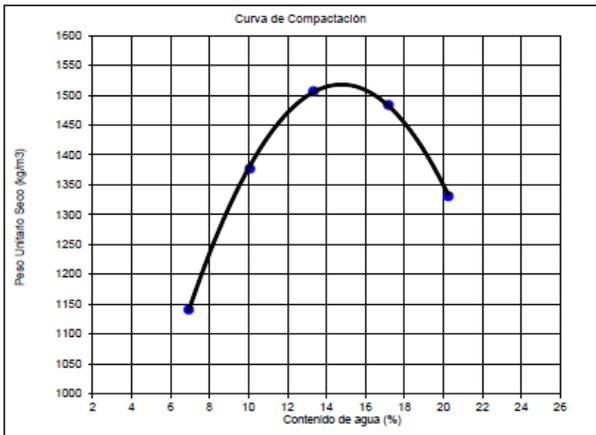
Calicata : 1
 Muestra : 1

Fecha : 7/12/2022

w Promedio (%)	6,93	10,06	13,34	17,18	20,26
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.141	1.377	1.507	1.484	1.331

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.122	1.298	1.412	1.442	1.518
C.B.R. (%)	1,08	1,74	2,48	2,61	2,98

Resultados: ASTM D 1557 Peso unitario seco = 1.518 kg/m³
 Contenido de agua óptimo = 14,8 %



Calculado por : *Gonzalo Yélasco*

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.2. Ensayos de Peso Unitario de la Cal

Tabla 12:

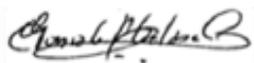
Ensayo Peso Unitario Cal

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO	
NORMA ASTM C 29			
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y	Muestra:	Cal
Para:		Ensayado:	
Fecha:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
	29 de noviembre del 2022	Informe N°	

Descripción: Cal

V: volumen del recipiente, ver tabla	936	cm ³
T: masa del recipiente	3.732	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente	4.488	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	4.568	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T	756	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	836	g
Peso unitario suelto	808	kg/m ³
Peso unitario compactado	893	kg/m ³

Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (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: Mora (2022).

3.5.3. Ensayos de Peso Unitario de la Cerámica triturado

Tabla 13:

Ensayo Peso Unitario Cerámica triturada

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL	PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO		
NORMA ASTM C 29			
Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y	Muestra:	Ceramica triturada
		Ensayado:	
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	29 de noviembre del 2022	Informe N°	

Descripción: Ceramica triturada

V: volumen del recipiente, ver tabla	2.795	cm ³
T: masa del recipiente	1.867	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente	5.305	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	5.410	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T	3.438	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	3.543	g
Peso unitario suelto	1.230	kg/m ³
Peso unitario compactado	1.268	kg/m ³

Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (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: Mora (2022).

3.5.4. Ensayos de Peso Unitario del hormigón triturado

Tabla 14:

Ensayo Peso Unitario Hormigón triturado

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL	PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO
------------------------------------	--

NORMA ASTM C 29

Proyecto:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y	Muestra:	Hormigon triturado
		Ensayado:	
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	29 de noviembre del 2022	Informe N°	

Descripción: Hormigon triturado

V: volumen del recipiente, ver tabla	936	cm ³
T: masa del recipiente	3.732	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente	4.770	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	4.827	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T	1.038	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	1.095	g
Peso unitario suelto	1.109	kg/m ³
Peso unitario compactado	1.170	kg/m ³

Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (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)



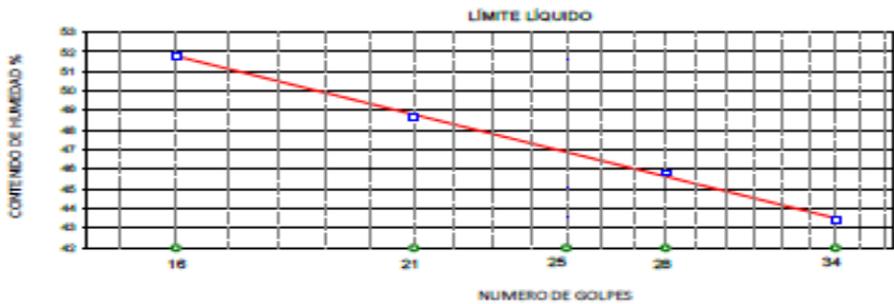
Laboratorista

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.5. Ensayos de Clasificación, Mezcla #1: Arcilla 95% y Cal 5%.

Tabla 15:
Ensayo de clasificación

CÓDIGO Y ELABORADOR		REGISTRO DE ENSAYOS				
ANÁLISIS DE SUELO		ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS				
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422						
PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"			CALICATA:	1	
UBICACIÓN:	MEZCLA 95% DE ARCILLA Y 5% DE CAL			MUESTRA:	1	
FECHA DE TOMA:	2-dic-22			PROFUND (m):		
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido \leq 36 Índice de Plasticidad \leq 9				FECHA ENSAYO:	2-dic-22	
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua		153,76	136,08	26,73	16,17	
	Golpes					
	34	23,45	18,57	7,33	43,42	
	28	21,56	17,16	7,56	45,83	
2. Límite Líquido	21	22,77	17,74	7,41	48,69	
	16	19,58	15,44	7,45	51,81	
3. Límite Plástico		12,23	10,32	4,07	30,56	
		12,71	10,56	3,76	31,82	
		11,49	9,65	3,79	31,40	
4. Granulometría					5. Resumen	
Peso inicial húmedo para cálculos =	600,00				% de Grava =	9
Peso inicial seco para cálculos =	516,49				% de Arena =	13
					% de Finos =	78
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL =	47
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP =	31
1 1/2"					Índice Plástico IP =	16
1"					% Humedad w =	16
3/4"					6. Clasificación	
3/8"					SUCS:	ML
No. 4	47,00	9,1	90,9		AASHTO:	A-7-5
No. 10	22,00	13,4	86,6		IG(86):	14
No. 40	35,00	20,1	79,9		IG(45):	12
No. 200	8,43	21,8	78,2	2 - 20		
7. Descripción:	Limo arcilloso con restos de arena fina, color negra con pintas blancas					



8. Observaciones:

Emita:
Laboratorista

Aproba:
Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.6. Ensayos de Clasificación, Mezcla #2: Arcilla 90% y Cal 10%.

Tabla 16:
Ensayo de clasificación

DIRECCIÓN VIAL DEL CANTÓN ANALIZADO		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						
PROYECTO:	*ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO*			CALICATA:	1	
UBICACIÓN:	MEZCLA 90% DE ARCILLA Y 10% DE CAL			MUESTRA:	1	
FECHA DE TOMA:	5-dic-22			PROFUND (m):		
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:		Límite Líquido ≤ 36		Índice de Plasticidad ≤ 9		
Valor de:		P. Húmedo + c/peula	P. Seco + c/peula	Peso c/peula	W%	
1. Contenido de agua		122,58	109,54	22,37	14,96	
	Golpes					
	33	22,17	18,07	7,22	37,79	
2. Límite Líquido		27	20,17	7,84	39,80	
	21	23,64	18,66	6,93	42,46	
	16	18,56	15,16	7,66	45,33	
3. Límite Plástico		11,76	10,04	3,65	26,92	
		11,98	10,21	3,72	27,27	
		11,32	9,80	3,29	27,26	
4. Granulometría				5. Resumen		
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00		% de Grava = 6		
Peso inicial seco para cálculos =		521,92		% de Arena = 9		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	ESPECIFICACIONES MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 41	
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP = 27	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 13	
1"					% Humedad w = 15	
3/4"					6. Clasificación	
3/8"					SUCS: ML	
No. 4	33,61	6,4	93,6		AASHTO: A-7-6	
No. 10	12,76	8,9	91,1		IG(86): 12	
No. 40	23,76	13,4	86,6	2 - 20	IG(45): 10	
No. 200	11,22	15,6	84,4			

7. Descripción: Limo arcilloso con restos de arena fina, color negro con pintas blancas



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aproba:

Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.7. Ensayos de Clasificación, Mezcla #3: Arcilla 85% y Cal 15%.

Tabla 17:
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 4322

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVAQUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO

UBICACIÓN: MEZCLA 85% DE ARCILLA Y 15% DE CAL

FECHA DE TOMA: 6-dic-22

CALICATA: 1

MUESTRA: 1

PROFUND (m): _____

FECHA ENSAYO: 6-dic-22

ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	133,87	121,72	25,12	12,58
	Golpes			
	35	23,41	19,34	7,52
	28	20,45	16,92	7,39
2. Límite Líquido	22	21,39	17,61	7,92
	16	23,61	19,00	8,11
		12,34	10,27	3,41
		12,76	10,62	3,47
3. Límite Plástico		11,48	9,65	3,62
				30,17
				29,93
				30,35

4. Granulometría					5. Resumen	
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00			% de Grava = 4	
Peso inicial seco para cálculos =		532,97			% de Arena = 10	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 38	% de Finos = 85
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP = 30	Límite Líquido LL = 38
1 1/2"					Índice Plástico IP = 8	% Humedad w = 13
1"					6. Clasificación	
3/4"					SUCS: ML	
3/8"					AASHTO: A-4	
No. 4	22,76	4,3	95,7		IG(86): 10	
No. 10	11,78	6,5	93,5		IG(45): 8	
No. 40	27,87	11,7	88,3	2 - 20		
No. 200	15,76	14,7	85,3			

7. Descripción: Limo arcilloso con restos de arena fina, color negra con pintas blancas

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	43.5
22	38.5
28	36.5

8. Observaciones:

Emite: _____
Laboratorista

Aproba: _____
Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.8. Ensayos de Clasificación, Mezcla #4: Arcilla 80% y Cal 20%.

Tabla 18:
Ensayo de clasificación

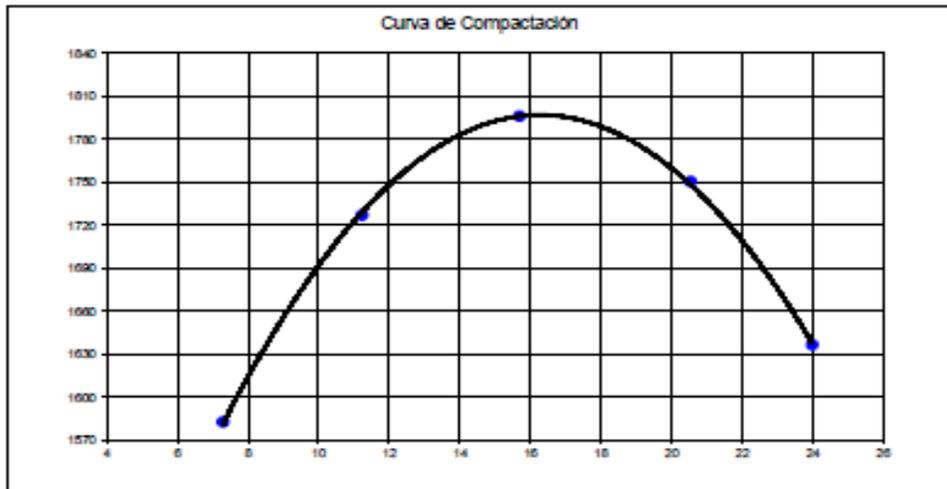
CÍRCULO VELAZCO GEREZO INGENIEROS CIA S.		REGISTRO DE ENSAYOS				
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS						
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422						
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO				CALICATA:	1
UBICACIÓN:	MEZCLA 80% DE ARCILLA Y 20% DE CAL				MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	7-dic-22				PROFUND (m):	
					FECHA ENSAYO:	7-dic-22
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9						
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua		119,23	111,67	26,73	8,90	
	Golpes					
	33	22,76	19,11	7,23	30,72	
	27	19,28	16,38	7,61	33,07	
2. Límite Líquido		22,76	18,76	7,39	35,18	
	16	21,78	18,00	8,12	38,26	
3. Límite Plástico		11,23	9,62	3,65	26,97	
		12,45	10,70	4,38	27,69	
		11,68	9,88	3,16	26,79	
4. Granulometría				5. Resumen		
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00		% de Grava = 4		
Peso inicial seco para cálculos =		550,96		% de Arena = 13		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	% de Finos = 83	
4"		0,0	100,0	100	Límite Líquido LL = 34	
1 1/2"					Límite Plástico LP = 27	
1"					Índice Plástico IP = 7	
3/4"					% Humedad w = 9	
3/8"						
No. 4	23,67	4,3	95,7			
No. 10	16,87	7,4	92,6			
No. 40	33,71	13,5	86,5			
No. 200	18,38	16,8	83,2	2 - 20		
6. Clasificación						
				SUCS:	ML	
				AASHTO:	A-4	
				IG(86):	10	
				IG(45):	8	
7. Descripción: Limo arcilloso con restos de arena fina, color plomo claro						
LÍMITE LÍQUIDO						
8. Observaciones:						
Emite:			Aprueba:			
Laboratorista			 Jefe de Laboratorio			

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.9. Ensayos de Proctor, Mezcla #4: Arcilla 80% y Cal 20%

Tabla 19:
Ensayo proctor

RODRIGO VELAZO INGENIERO CIVIL		CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie ² (2.700 kN/m ²))								
ASTM D 1557										
PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"			CALICATA:	1					
UBICACIÓN:	MEZCLA 80% DE ARCILLA Y 20% DE CAL			MUESTRA:	1					
FECHA TOMA:	7-dic-22			PROFUND (m):						
				FECHA ENSAYO:	13-dic-22					
1. Norma y ensayo:		Procedimiento A		2. Datos del molde:						
Golpe/capa:	25			Díámetro:	10,18 cm.					
No. De capas:	5			Volumen:	938 cm ³					
Material pasa el tamiz:	#4			Peso:	3.752 gr					
Peso del martillo:	4,5 kg.		3. Descripción/SUCS:	Limo arcilloso con restos de arena fina, color plomo claro						
Altura de caída:	45,7 cm.			ML						
4. Datos para la curva:										
Punto No.	1	2	3	4	5					
Peso suelo+molde	5.322	5.531	5.878	5.708	5.832					
Peso suelo	1.590	1.799	1.948	1.978	1.900					
Densidad húmeda	1.898	1.921	2.078	2.110	2.029					
E. Contenido de agua:										
P. Suelo húmedo/cap	101,14	101,14	83,82	83,82	91,83	91,83	80,80	80,80	74,54	74,54
P. Suelo seco/cap	95,21	95,21	78,58	78,58	81,11	81,11	69,21	69,21	62,81	62,81
P. Cápsula	13,87	13,87	13,92	13,92	14,07	14,07	13,75	13,75	13,90	13,90
w (%)	7,29	7,29	11,24	11,24	15,89	15,89	20,54	20,54	23,98	23,98
w Promedio (%)	7,29		11,24		15,89		20,54		23,98	
Peso Unit. Seco	1.583		1.727		1.798		1.751		1.637	
6. Resultados:				Peso unitario seco = 1.787 kg/m ³						
				Contenido de agua óptimo = 18,3 %						



Calculado por :

Verificado por : *[Firma]*

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.10. Ensayos de C.B.R., Mezcla: Arcilla 80% y Cal 20%

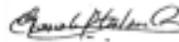
Tabla 20:
Ensayo C.B.R.

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

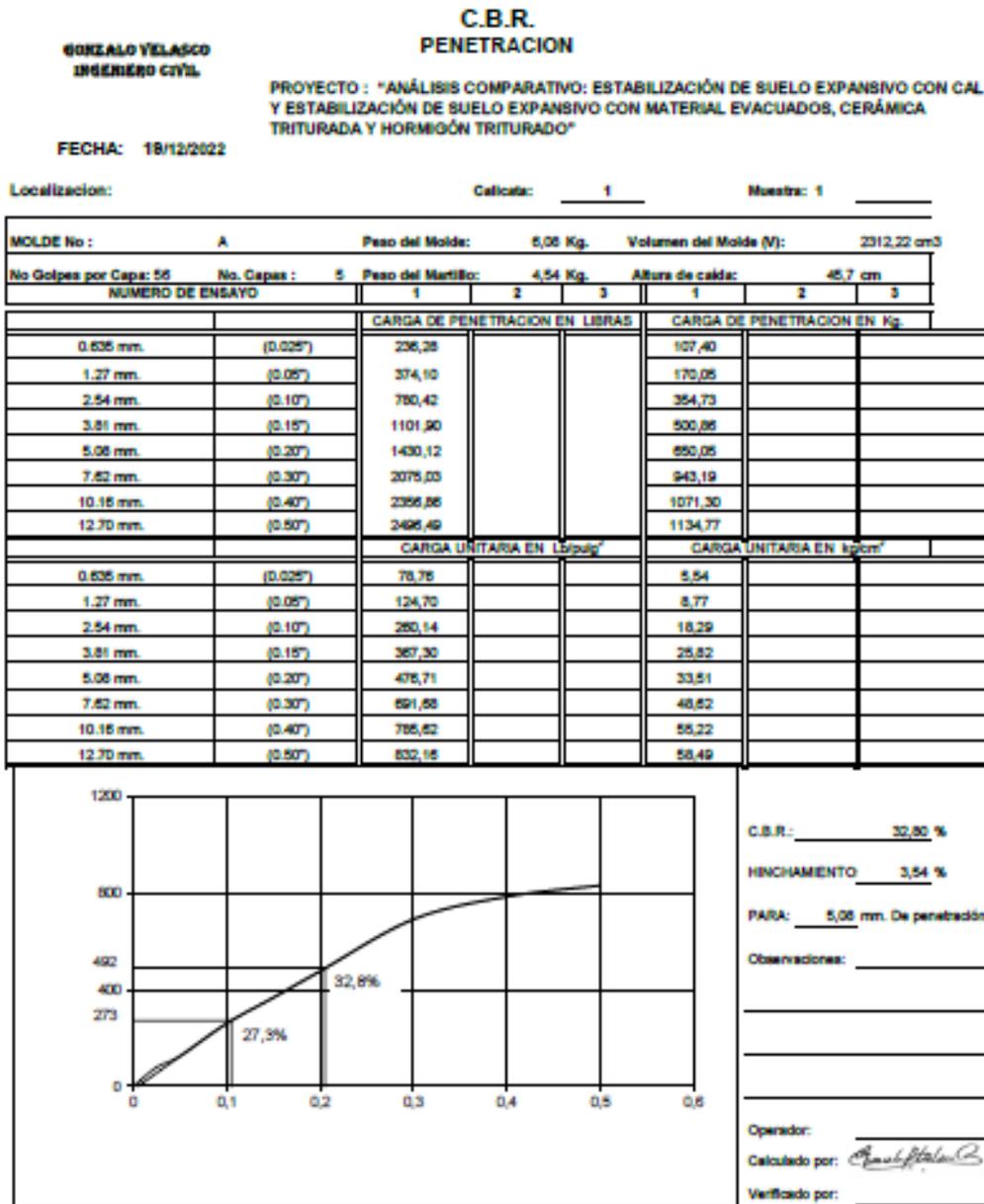
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA	4,54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 6,79%				
HUMEDAD OPTIMA:	15,30% Densidad Máxima Seca	1727	Kgr/m ³	Calicata N°:	1	Muestra No.: 1		
LL= 34	LP= 27	IP= 7	Profundidad:					
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.	A		T		U			
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 húmeda + molde (gr)	10661	11122	11895	12011	11572	11848		
Peso del molde (gr)	6077		7233		7533			
Peso de muestra húmeda (gr)	4784	5045	4662	4778	4139	4313		
Volumen muestra (cm ³)	2312,22	2394,00	2343,21	2430,23	2274,93	2357,18		
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2,069	2,107	1,990	1,966	1,819	1,830		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.	G	G	C	D	E	S		
Peso muestra húmeda + tarro (gr)	88,84	74,82	118,58	132,93	122,84	132,78		
Peso de la muestra seca + tarro (gr)	78,13	64,82	103,66	113,32	107,82	112,68		
Peso del agua (gr)	10,71	10,20	14,92	19,61	15,02	20,08		
Peso del tarro (gr)	13,77	14,36	13,72	13,87	14,52	13,72		
Peso de la muestra seca (gr)	64,36	50,26	89,94	99,45	93,30	98,96		
Contenido de humedad promedio (%)	16,64%	20,29%	16,59%	19,72%	16,10%	20,29%		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1773,83	1751,83	1706,49	1642,34	1567,11	1521,08		
Porcentaje de Compactación:	98,71%	97,49%	94,98%	91,39%	87,21%	84,68%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. A ESPONJAMIENTO		MOLDE No. T ESPONJAMIENTO		MOLDE No. U ESPONJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
15/12/2022	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%
16/12/2022	17H00	8		0,0%		0,0%		0,0%
	09H00	24		0,0%		0,0%		0,0%
17/12/2022	21H00	36		0,0%		0,0%		0,0%
	09H00	48		0,0%		0,0%		0,0%
18/12/2022	09H00	72		0,0%		0,0%		0,0%
19/12/2022	09H00	96	0,1621	3,6%	0,1702	3,7%	0,1657	3,6%

Calculado por :

Verificado por : 

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 21:
Ensayo C.B.R.



Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 22:
Ensayo C.B.R.

**C.B.R.
PENETRACION**

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 19/12/2022

Localización: _____ Calleata: 1 Muestra: 1 _____

MOLDE No :	T	Peso del Molde:	7,23 Kg.	Volumen del Molde (V):	2343,21 cm ³
No Golpes por Capa:	25	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.
				Altura de caída:	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")	119,97			54,53
1.27 mm.	(0.05")	301,47			137,03
2.54 mm.	(0.10")	606,94			275,88
3.81 mm.	(0.15")	887,83			403,56
5.08 mm.	(0.20")	1185,39			538,81
7.62 mm.	(0.30")	1516,11			689,14
10.16 mm.	(0.40")	1714,55			779,34
12.70 mm.	(0.50")	1797,24			816,93
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²		CARGA UNITARIA EN kg/cm ²	
0.635 mm.	(0.025")	39,99			2,81
1.27 mm.	(0.05")	100,49			7,06
2.54 mm.	(0.10")	202,31			14,22
3.81 mm.	(0.15")	295,94			20,80
5.08 mm.	(0.20")	395,13			27,77
7.62 mm.	(0.30")	505,37			35,52
10.16 mm.	(0.40")	571,52			40,17
12.70 mm.	(0.50")	599,08			42,11

C.B.R.: 27,20 %

HINCHAMIENTO 3,7 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

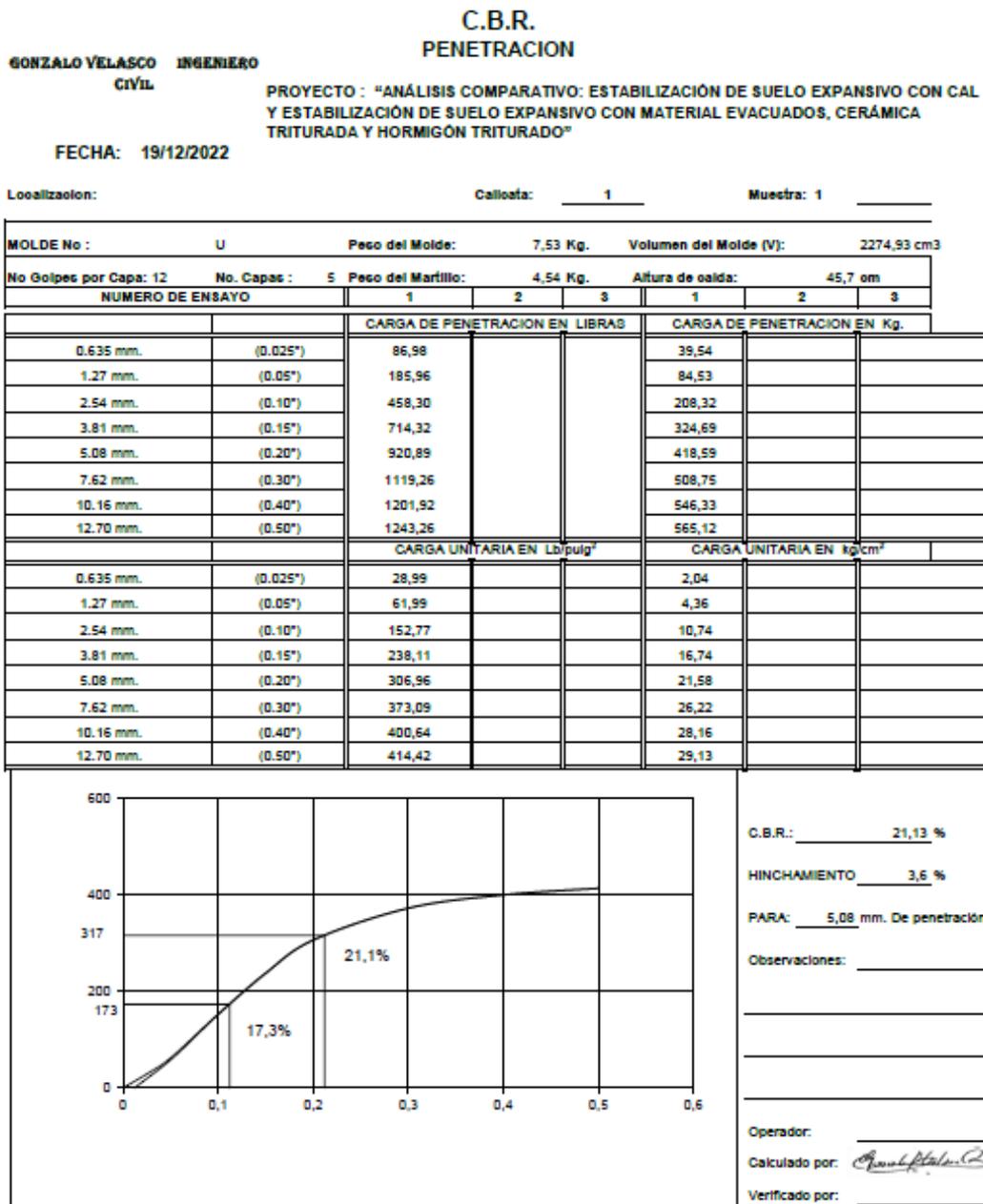
Operador: _____

Calculado por: *Gonzalo Velasco*

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 23:
Ensayo C.B.R.



Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 24:
Ensayo C.B.R. Diseño

GONZALO VELASCO
 INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

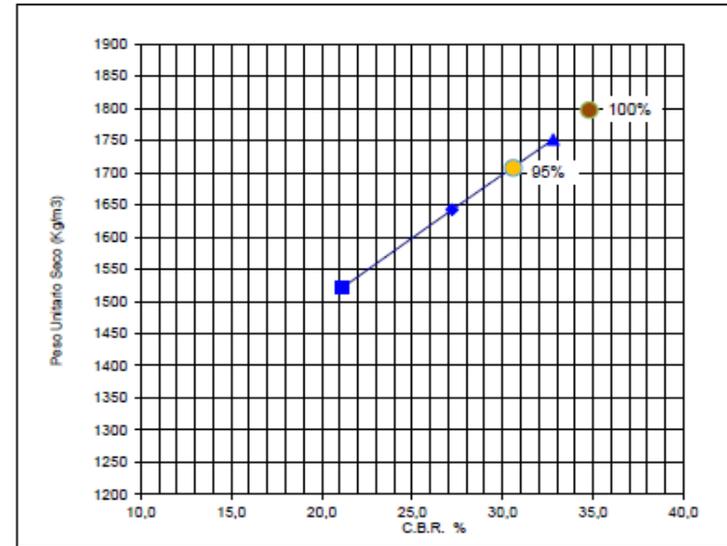
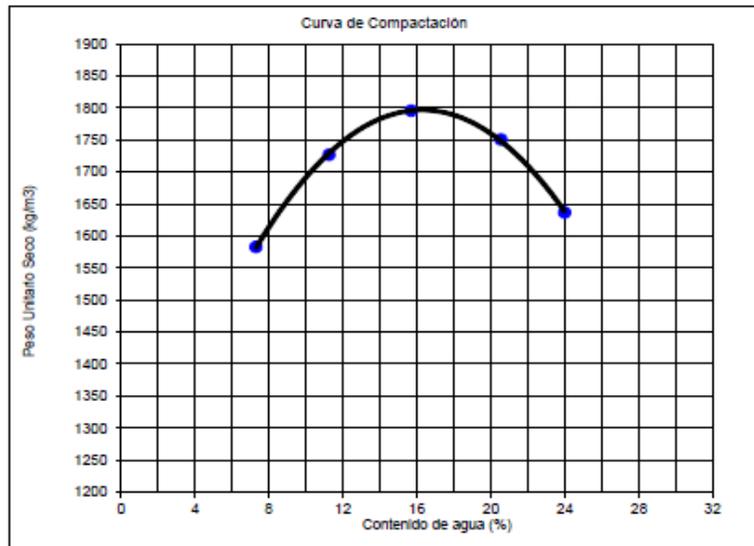
Calicata : 1
 Muestra : 1

Fecha : 20/12/2022

w Promedio (%)	7,29	11,24	15,69	20,54	23,98
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.583	1.727	1.796	1.751	1.637

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.521	1.642	1.752	1.707	1.797
C.B.R. (%)	21,13	27,20	32,80	30,60	34,80

Resultados: ASTM D 1557
 Peso unitario seco = 1.797 kg/m³
 Contenido de agua óptimo = 16,3 %



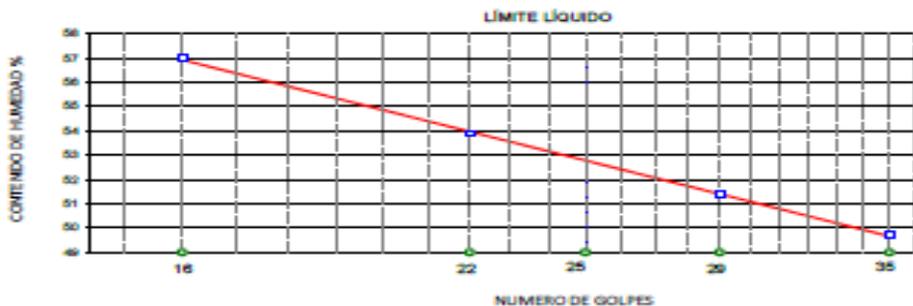
Calculado por : *Gonzalo Velasco*

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.11. Ensayos de Clasificación, Mezcla #1: Arcilla 95% y Cerámica triturada 5%.

Tabla 25:
Ensayo clasificación

CINCELO YOLACCO CERRILLO Ingeniero Civil		REGISTRO DE ENSAYOS				
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS						
NORMAS ASTM D 2487, D 2276, D 4318, D 422						
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO			CALICATA:	1	
UBICACIÓN:	MEZCLA 95% DE ARCILLA Y 5% DE CERÁMICA			MUESTRA:	1	
FECHA DE TOMA:	2-dic-22			PROFUND (m):		
				FECHA ENSAYO:	2-dic-22	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9						
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua		132,78	112,83	27,13	23,28	
	Golpes					
	35	22,49	17,49	7,43	49,70	
	29	18,74	14,82	7,19	51,38	
2. Límite Líquido	22	22,33	17,34	8,08	53,89	
	16	21,83	16,64	7,53	56,97	
3. Límite Plástico		12,75	10,57	3,56	31,10	
		11,68	9,86	3,82	30,13	
		12,24	10,29	4,11	31,55	
4. Granulometría				5. Resumen		
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00		% de Grava = 9		
Peso inicial seco para cálculos =		486,70		% de Arena = 23		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 53	
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP = 31	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 22	
1"					% Humedad w = 23	
3/4"					6. Clasificación	
3/8"					SUCS: MH	
No. 4	43,70	9,0	91,0		AASHTO: A-7-5	
No. 10	38,40	16,9	83,1		IG(86): 15	
No. 40	53,27	27,8	72,2	2 - 20	IG(45): 14	
No. 200	18,45	31,6	68,4			
7. Descripción: Limo arcilloso con restos de arena fina, color negra con pintas café						



8. Observaciones:

Emitir:

Laboratorista

Aprobar:

Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.12. Ensayos de Clasificación, Mezcla #2: Arcilla 75% y Cerámica triturada 25%

Tabla 26:
Ensayo clasificación

PROYECTO:		ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS				
UBICACIÓN:		NORMAS ASTM D 2487, D 2276, D 4318, D 422				
FECHA DE TOMA:		MEZCLA 75% DE ARCILLA Y 25% DE CERÁMICA		CALICATA:	1	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:		Límite Líquido ≤ 36		MUESTRA:	1	
		Índice de Plasticidad ≤ 9		PROFUND (m):		
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua		127,48	113,78	26,82	15,75	
		Golpes				
		34	23,73	18,93	7,41	
		28	21,83	17,32	6,98	
2. Límite Líquido		21	19,78	15,92	7,45	
		16	22,56	17,88	8,07	
3. Límite Plástico		11,56	9,93	4,11	28,01	
		11,83	9,99	3,45	28,13	
		12,78	10,76	3,72	28,69	
4. Granulometría				5. Resumen		
Peso inicial húmedo para cálculos =		500,00		% de Grava = 15		
Peso inicial seco para cálculos =		431,95		% de Arena = 36		
				% de Finos = 49		
Tamiz	Pes. Ref. parcial	% Retenido acumulado	% que pesa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 44	
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP = 28	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 16	
1"					% Humedad w = 16	
3/4"					6. Clasificación	
3/8"					SUCS: SM	
No. 4	64,33	14,9	85,1		AASHTO: A-7-6	
No. 10	53,85	27,4	72,6		IG(86): 5	
No. 40	66,92	42,9	57,1	2 - 20	IG(45): 5	
No. 200	36,84	51,4	48,6			
7. Descripción: Arena limosa, color café clara con pintas negras						
LÍMITE LÍQUIDO						
8. Observaciones:						
Emita:			Aprueba:			
Laboratorista			Jefe de Laboratorio			

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.13. Ensayos de Clasificación, Mezcla #3: Arcilla 55% y Cerámica triturada 45%

Tabla 27:
Ensayo 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

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO

UBICACIÓN: MEZCLA 55% DE ARCILLA Y 45% DE CERÁMICA

FECHA DE TOMA: 5-dic-22

CALICATA: 1

MUESTRA: 1

PROFUND (m):

FECHA ENSAYO: 5-dic-22

ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua				
	128,93	118,72	27,34	11,17
	<i>Golpes</i>			
	33	22,67	18,83	7,45
	27	20,74	17,26	7,82
2. Límite Líquido	21	18,96	15,63	7,16
	16	21,84	17,72	7,94
3. Límite Plástico		12,65	10,63	3,34
		12,19	10,38	3,73
		11,64	9,93	3,59

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"		0,0	100,0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	73,42	16,3	83,7	
No. 10	93,45	37,1	62,9	
No. 40	87,34	56,5	43,5	
No. 200	64,58	70,9	29,1	2 - 20

5. Resumen

% de Grava = 18
 % de Arena = 55
 % de Finos = 29
 Límite Líquido LL = 37
 Límite Plástico LP = 27
 Índice Plástico IP = 10
 % Humedad w = 11

6. Clasificación

SUCS: SM
 AASHTO: A-2-4
 IG(86): 0
 IG(45): 0

7. Descripción: Arena limosa, color café clara con pintas negras

LÍMITE LÍQUIDO

8. Observaciones:

Emite: _____
Laboratorista

Aproba: _____
Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.14. Ensayos de Clasificación, Mezcla #4: Arcilla 45% y Cerámica triturada 55%

Tabla 28:
Ensayo 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 4322

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO	CALICATA: 1
UBICACIÓN: MEZCLA 45% DE ARCILLA Y 55% DE CERÁMICA	MUESTRA: 1
FECHA DE TOMA: 7-dic-22	PROFUND (m):
	FECHA ENSAYO: 7-dic-22

ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	116,73	109,48	27,84	8,88
	Golpes			
	34	23,45	19,51	7,53
	27	21,86	18,36	7,49
2. Límite Líquido	20	22,78	18,76	7,27
	16	22,11	18,29	7,85
		11,56	9,92	3,25
3. Límite Plástico		11,93	10,23	3,45
		12,18	10,53	3,76

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 500,00	% de Grava = 21
Peso inicial seco para cálculos = 459,22	% de Arena = 64
	% de Finos = 15
	Límite Líquido LL = 33
	Límite Plástico LP = 25
	Índice Plástico IP = 8
	% Humedad w = 9
	6. Clasificación
	SUCS: SM
	AASHTO: A-2-4
	IG(86): 0
	IG(45): 0

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"		0,0	100,0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	94,32	20,5	79,5	
No. 10	105,89	43,6	56,4	
No. 40	109,55	67,4	32,6	
No. 200	78,40	84,5	15,5	2 - 20

7. Descripción: Arena limosa con gravilla, color café clara con pintas negras

LÍMITE LÍQUIDO

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	36,5
20	35,5
34	30,5

8. Observaciones:

Emite: _____
Laboratorista

Aproba: _____
Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.15. Ensayos de Proctor, Mezcla #4: Arcilla 45% y Cerámica triturada 55%

Tabla 29:
Ensayo proctor

INVESTIGACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES CIVILES

**CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS
USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie² (2.700 kN/m²))**

ASTM D 1557

PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"	CALICATA:	1
UBICACIÓN:	MEZCLA 45% DE ARCILLA Y 55% DE CERÁMICA	MUESTRA:	1
FECHA TOMA:	13-dic-22	PROFUND (m):	
		FECHA ENSAYO:	13-dic-22

1. Norma y ensayo:	Procedimiento A	2. Datos del molde:	
Golpe/capa:	25	Díámetro:	10,16 cm.
No. De capas:	5	Volumen:	998 cm ³
Material pasa el tamiz:	# 4	Peso:	3.732 gr
Peso del martillo:	4,5 kg.	3. Descripción/SUCS:	Arena limosa con grava, color café claro con pintas negras
Altura de caída:	45,7 cm.		SM
4. Datos para la curva:			

Punto No.	1	2	3	4	5
Peso suelo+molde	5.314	5.488	5.818	5.735	5.891
Peso suelo	1.582	1.758	1.888	2.003	1.959
Densidad húmeda	1.889	1.875	2.014	2.139	2.092

E. Contenidos de agua:

P. Suelo húmedo cap	105,22	105,22	85,14	85,14	85,23	85,23	77,17	77,17	95,74	95,74
P. Suelo seco cap	101,32	101,32	80,14	80,14	78,31	78,31	87,85	87,85	81,25	81,25
P. Cápsula	14,15	14,15	13,97	13,97	14,03	14,03	14,03	14,03	14,24	14,24
w (%)	4,47	4,47	7,58	7,58	10,77	10,77	17,75	17,75	21,82	21,82
w Promedio (%)	4,47		7,58		10,77		17,75		21,82	
Peso Unit. Seco	1.817		1.744		1.818		1.817		1.720	

8. Resultados:

	Peso unitario seco = 1.848 kg/m ³
	Contenido de agua óptimo = 14,3 %

Curva de Compactación

Calculado por :

Verificado por : *[Firma]*

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.16. Ensayos de C.B.R., Mezcla #4: Arcilla 45% y Cerámica triturada 55%

Tabla 30.
Ensayo C.B.R.

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA	4,54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 7,19%				
HUMEDAD OPTIMA:	14,30%	Densidad Máxima Seca	1540 Kgr/m ³	Calicata N°:	1	Muestra No.: 1		
LL= 33	LP= 25	IP= 8	Profundidad:					
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.	B	G	H					
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 húmeda + molde (gr)	11231	11429	11714	11868	11974	12136		
Peso del molde (gr)	6159		7218		7623			
Peso de muestra húmeda (gr)	5072	5270	4496	4650	4351	4513		
Volumen muestra (cm ³)	2422,73	2451,38	2293,37	2326,05	2403,27	2437,98		
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2,094	2,150	1,960	1,999	1,810	1,851		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.	K	W	F	II	S	X		
Peso muestra húmeda + tarro (gr)	81,83	94,14	123,84	113,08	132,76	121,83		
Peso de la muestra seca + tarro (gr)	73,28	80,76	110,23	96,72	118,24	102,74		
Peso del agua (gr)	8,55	13,38	13,61	16,36	14,52	19,09		
Peso del tarro (gr)	14,11	14,03	14,62	14,23	14,26	14,72		
Peso de la muestra seca (gr)	59,17	66,73	95,61	82,49	103,98	88,02		
Contenido de humedad promedio (%)	14,45%	20,05%	14,23%	19,83%	13,96%	21,59%		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1829,19	1790,75	1715,14	1868,24	1588,61	1521,20		
Porcentaje de Compactación:	98,96%	96,90%	92,86%	90,27%	85,96%	82,32%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. B		MOLDE No. G		MOLDE No. H	
			ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
15/12/2022	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%
16/12/2022	09H00	24		0,0%		0,0%		0,0%
	21H00	36		0,0%		0,0%		0,0%
17/12/2022	09H00	48		0,0%		0,0%		0,0%
18/12/2022	09H00	72		0,0%		0,0%		0,0%
19/12/2022	09H00	96	0,0542	1,2%	0,0653	1,4%	0,0662	1,4%

Calculado por :

Verificado por : 

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 31.
Ensayo C.B.R.

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

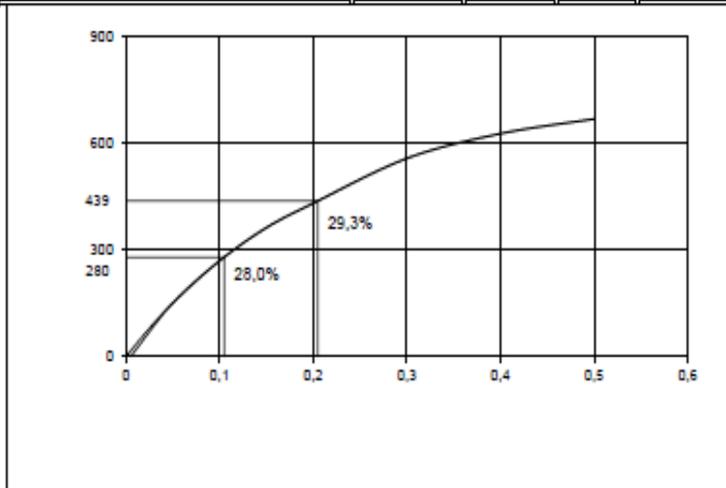
C.B.R.
PENETRACION

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 19/12/2022

Localizacion: _____ Calzeta: 1 Muestra: 1

MOLDE No :	B	Peso del Molde:	6,16 Kg.	Volumen del Molde (V):	2422,73 cm ³		
No Golpes por Capa: 56	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.	Altura de caída:	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")	237,93			108,15		
1.27 mm.	(0.05")	452,52			205,69		
2.54 mm.	(0.10")	809,33			367,88		
3.81 mm.	(0.15")	1089,50			495,23		
5.08 mm.	(0.20")	1296,17			589,17		
7.62 mm.	(0.30")	1675,69			761,68		
10.16 mm.	(0.40")	1884,88			856,76		
12.70 mm.	(0.50")	2008,89			913,13		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	79,31			5,57		
1.27 mm.	(0.05")	150,84			10,60		
2.54 mm.	(0.10")	269,78			18,96		
3.81 mm.	(0.15")	363,17			25,53		
5.08 mm.	(0.20")	432,06			30,37		
7.62 mm.	(0.30")	558,56			39,26		
10.16 mm.	(0.40")	628,29			44,16		
12.70 mm.	(0.50")	669,63			47,07		



C.B.R.: 29,27 %
 HINCHAMIENTO 1,18 %
 PARA: 5,08 mm. De penetración
 Observaciones: _____

 Operador: _____
 Calculado por: *Gonzalo Velasco*
 Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 32:
Ensayo C.B.R.

**C.B.R.
PENETRACION**

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 19/12/2022

Localización: _____ Calloata: 1 Muestra: 1

MOLDE No : <u>G</u>		Peso del Molde: <u>7,22 Kg.</u>		Volumen del Molde (V): <u>2293,37 cm³</u>			
No Golpes por Capa: <u>25</u>		No. Capas : <u>5</u>		Peso del Martillo: <u>4,54 Kg.</u>			
				Altura de caída: <u>45,7 cm</u>			
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	103,47			47,03		
1.27 mm.	(0.05")	268,46			122,03		
2.54 mm.	(0.10")	540,87			245,85		
3.81 mm.	(0.15")	796,94			362,25		
5.08 mm.	(0.20")	1053,13			478,70		
7.62 mm.	(0.30")	1334,21			606,46		
10.16 mm.	(0.40")	1524,38			692,90		
12.70 mm.	(0.50")	1664,94			756,79		
		CARGA UNITARIA EN Lib/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	34,49			2,42		
1.27 mm.	(0.05")	89,49			6,29		
2.54 mm.	(0.10")	180,29			12,67		
3.81 mm.	(0.15")	265,65			18,67		
5.08 mm.	(0.20")	351,04			24,67		
7.62 mm.	(0.30")	444,74			31,26		
10.16 mm.	(0.40")	508,13			35,72		
12.70 mm.	(0.50")	554,98			39,01		

The graph plots CBR (%) on the y-axis (0 to 750) against penetration (mm) on the x-axis (0 to 0.6). A curve starts at (0,0) and passes through points (0.1, 19.2) and (0.2, 24.2). The curve continues to rise, reaching approximately 500% at 0.5 mm penetration.

C.B.R.: 24,20 %

HINCHAMIENTO 1,4 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: *Gonzalo Velasco*

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 33.
Ensayo C.B.R.

C.B.R.
PENETRACION

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

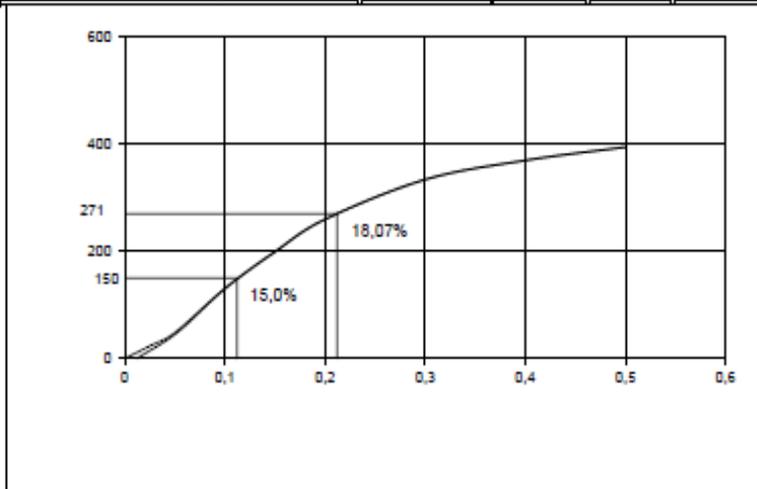
FECHA: 19/12/2022

Localización: _____ Calicata: 1 Muestra: 1 _____

MOLDE No : H Peso del Molde: 7,62 Kg. Volumen del Molde (V): 2403,27 cm³

No Golpes por Capa: 12 No. Capas : 5 Peso del Martillo: 4,54 Kg. Altura de caída: 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")	70,49			32,04		
1.27 mm.	(0.05")	144,71			65,78		
2.54 mm.	(0.10")	392,26			178,30		
3.81 mm.	(0.15")	598,68			272,13		
5.08 mm.	(0.20")	780,42			354,73		
7.62 mm.	(0.30")	1003,54			456,15		
10.16 mm.	(0.40")	1110,99			505,00		
12.70 mm.	(0.50")	1185,39			538,81		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	23,50			1,65		
1.27 mm.	(0.05")	48,24			3,39		
2.54 mm.	(0.10")	130,75			9,19		
3.81 mm.	(0.15")	199,56			14,03		
5.08 mm.	(0.20")	260,14			18,29		
7.62 mm.	(0.30")	334,51			23,51		
10.16 mm.	(0.40")	370,33			26,03		
12.70 mm.	(0.50")	395,13			27,77		



C.B.R.: 18,07 %

HINCHAMIENTO 1,4 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: Gonzalo Velasco

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 34:

Ensayo C.B.R. Diseño

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

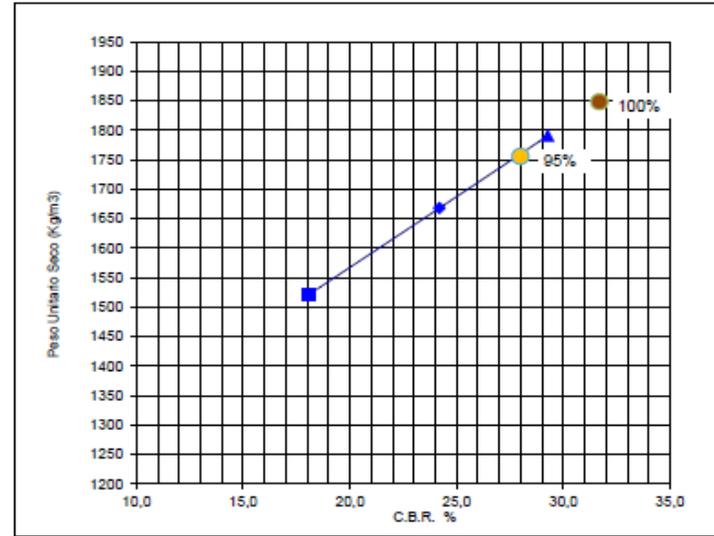
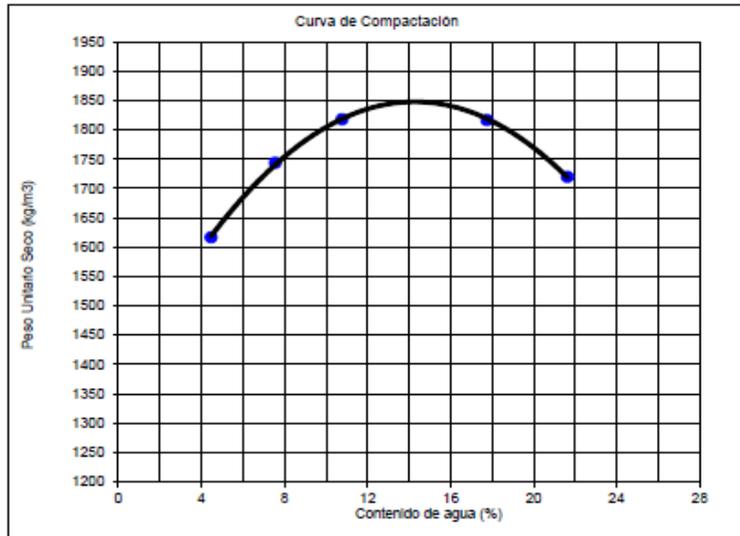
Calicata : 1
Muestra : 1

Fecha : 20/12/2022

w Promedio (%)	4,47	7,56	10,77	17,75	21,62
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.617	1.744	1.818	1.817	1.720

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.521	1.668	1.791	1.756	1.848
C.B.R. (%)	18,07	24,20	29,27	28,00	31,70

Resultados: ASTM D 1557 **Peso unitario seco = 1.848 kg/m³**
Contenido de agua óptimo = 14,3 %



Calculado por : *Gonzalo Velasco*

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.17. Ensayos de Clasificación, Mezcla #1: Arcilla 95% y Hormigón triturada 5%.

Tabla 35:
Ensayo de clasificación

GERARDO VELAZCO GÓMEZ INGENIERO CIVIL		REGISTRO DE ENSAYOS			
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS					
NORMAS ASTM D 3487, D 2218, D 4318, D 4322					
PROYECTO:	*ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO*			CALICATA:	1
UBICACIÓN:	MEZCLA 95% DE ARCILLA Y 5% DE HORMIGÓN TRITURADO			MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	2-dic-22			PROFUND (m):	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido \leq 36				Índice de Plasticidad \leq 9	
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua		121,78	101,82	28,73	26,58
	Golpes				
	34	21,45	16,48	7,34	54,71
	28	23,74	17,71	7,13	58,99
2. Límite Líquido		21	14,77	7,62	60,14
	16	21,75	16,49	8,13	62,92
3. Límite Plástico		11,56	9,61	3,62	33,68
		12,52	10,12	3,18	34,58
		12,78	10,36	3,29	34,23
4. Granulometría				5. Resumen	
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00		% de Grava = 16	
Peso inicial seco para cálculos =		474,00		% de Arena = 33	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pesa	Especificaciones MEJORAMIENTO	
4"		0,0	100,0	100	
1 1/2"				Límite Líquido LL = 58	
1"				Límite Plástico LP = 34	
3/4"				Índice Plástico IP = 24	
3/8"				% Humedad w = 27	
No. 4	75,34	15,9	84,1	6. Clasificación	
No. 10	54,89	27,5	72,5	SUCS: MH	
No. 40	66,82	41,6	58,4	AASHTO: A-7-5	
No. 200	33,87	48,7	51,3	IG(86): 10	
			2 - 20	IG(45): 10	
7. Descripción: Limo arcilloso con restos de arena fina, color negra con pintas gris					
LÍMITE LÍQUIDO					
8. Observaciones:					
Emite:			Aprueba:		
Laboratorista			 Jefe de Laboratorio		

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.18. Ensayos de Clasificación, Mezcla #2: Arcilla 75% y Hormigón triturado 25%

Tabla 36:
Clasificación

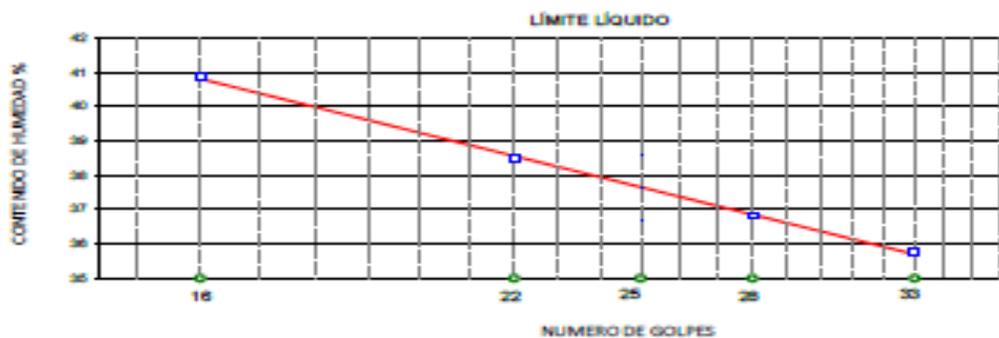
REGISTRO DE ENSAYOS						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS						
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422						
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO				CALICATA:	1
UBICACIÓN:	MEZCLA 75% DE ARCILLA Y 25% DE HORMIGÓN TRITURADO				MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	5-dic-22				PROFUND (m):	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:		Límite Líquido ≤ 38		Índice de Plasticidad ≤ 9		
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua		132,78	113,87	27,84	21,98	
	Goques					
	33	23,87	18,80	7,45	44,67	
	27	19,23	15,58	7,69	46,26	
2. Límite Líquido		22	17,73	7,23	47,90	
	16	20,56	16,38	8,12	50,61	
		12,45	10,27	3,17	30,70	
3. Límite Plástico		13,72	11,35	3,56	30,42	
		12,73	10,78	4,26	29,91	
4. Granulometría				5. Resumen		
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00		% de Grava = 20		
Peso inicial seco para cálculos =		491,88		% de Arena = 38		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 47	
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP = 30	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 17	
1"					% Humedad w = 22	
3/4"					6. Clasificación	
3/8"					SUCS: SM	
No. 4	98,34	20,0	80,0		AASHTO: A-7-5	
No. 10	53,81	30,9	69,1		IG(86): 4	
No. 40	77,83	46,8	53,2		IG(45): 4	
No. 200	46,72	56,3	43,7	2 - 20		
7. Descripción: Arena limosa con gravilla, color gris con pintas negras						
LÍMITE LÍQUIDO						
8. Observaciones:						
Emite:			Aprueba:			
Laboratorista			Jefe de Laboratorio			

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.19. Ensayos de Clasificación, Mezcla #3: Arcilla 50% y Hormigón triturada 50%

Tabla 37:
Clasificación

CIVILIA VELAZCO CEBED INGENIERO CIVIL		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						
PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO			CALICATA:	1	
UBICACIÓN:	MEZCLA 50% DE ARCILLA Y 50% DE HORMIGÓN TRITURADO			MUESTRA:	1	
FECHA DE TOMA:	5-dic-22			PROFUND (m):		
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9				FECHA ENSAYO:	5-dic-22	
Valor de:		P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua		112,79	100,52	26,83	16,65	
	Golpes					
	33	22,76	18,83	7,84	35,76	
	28	21,66	17,73	7,33	36,83	
2. Límite Líquido		22	22,98	8,15	38,47	
	16	19,09	15,66	7,27	40,88	
3. Límite Plástico		12,23	10,35	3,82	28,79	
		12,75	10,60	3,17	28,94	
		11,64	9,82	3,26	27,74	
4. Granulometría				5. Resumen		
Peso inicial húmedo para cálculos =		600,00		% de Grava = 26		
Peso inicial seco para cálculos =		514,36		% de Arena = 44		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 38	
4"		0,0	100,0	100	Límite Plástico LP = 28	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 9	
1"					% Humedad w = 17	
3/4"					6. Clasificación	
3/8"					SUCS: SM	
No. 4	133,87	26,0	74,0		AASHTO: A-2-4	
No. 10	48,32	35,4	64,6		IG(86): 0	
No. 40	94,78	53,8	46,2		IG(45): 0	
No. 200	82,79	69,9	30,1	2 - 20		
7. Descripción: Arena limosa con gravilla, color gris con pintas negras						



8. Observaciones:

Emita:

Laboratorista

Aproba:

Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.20. *Ensayos de Clasificación, Mezcla #4: Arcilla 30% y Hormigón triturada 70%*

Tabla 38:
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 4322

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO

UBICACIÓN: MEZCLA 30% DE ARCILLA Y 70% DE HORMIGÓN TRITURADO

FECHA DE TOMA: 7-dic-22

ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9

CALICATA: 1

MUESTRA: 1

PROFUND (m): 7-dic-22

FECHA ENSAYO: 7-dic-22

Valor de:	F. Húmedo + cápsula	F. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua				
	118,94	110,76	26,73	9,73
	Golpes			
	34	21,76	18,52	7,83
	28	19,47	16,40	6,88
2. Límite Líquido	21	21,84	18,14	7,34
	16	20,06	16,50	6,95
		11,67	10,08	4,11
3. Límite Plástico		12,84	11,12	4,32
		12,38	10,56	3,62
4. Granulometría				
Peso inicial húmedo para cálculos =	600,00			
Peso inicial seco para cálculos =	546,77			
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pesa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"		0,0	100,0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	162,50	29,7	70,3	
No. 10	66,72	41,9	58,1	
No. 40	115,78	63,1	36,9	
No. 200	130,85	87,0	13,0	2 - 20
5. Resumen				
% de Grava = 30				
% de Arena = 57				
% de Finos = 13				
Límite Líquido LL = 33				
Límite Plástico LP = 26				
Índice Plástico IP = 7				
% Humedad w = 10				
6. Clasificación				
SUCS: SM				
AASHTO: A-2-4				
IG(86): 0				
IG(45): 0				
7. Descripción: Arena limosa con gravilla, color gris con pintas negras				

LÍMITE LÍQUIDO

Numero de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	36.2
21	34.2
25	32.8
28	31.2
34	30.2

8. Observaciones:

Emite: _____
Laboratorista

Aproba: _____
Jefe de Laboratorio

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.21. *Ensayos de Proctor, Mezcla #4: Arcilla 30% y Hormigón triturada 70%*

Tabla 39:
Ensayo proctor

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

ANÁLISIS DE SUELOS

ASTM D 1557

**CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS
USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie³ (2.700 kN/m³))**

PROYECTO: 'ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO'

UBICACIÓN: MEZCLA 30% DE ARCILLA Y 70% DE HORMIGÓN TRITURADO

FECHA TOMA: 7-dic-22

CALICATA: 1

MUESTRA: 1

PROFUND (m):

FECHA ENSAYO: 7-dic-22

1. Norma y ensayo: Procedimiento A

Golpes/capa: 25

No. De capas: 5

Material pasa el tamiz: #4

Peso del martillo: 4,5 kg

Altura de caída: 45,7 cm.

2. Datos del molde:

Dámetro: 10,18 cm.

Volumen: 938 cm³

Peso: 3.732 gr

3. Descripción/SUCS: Arena limosa con grava, color gris con pintas negras SM

4. Datos para la curva:

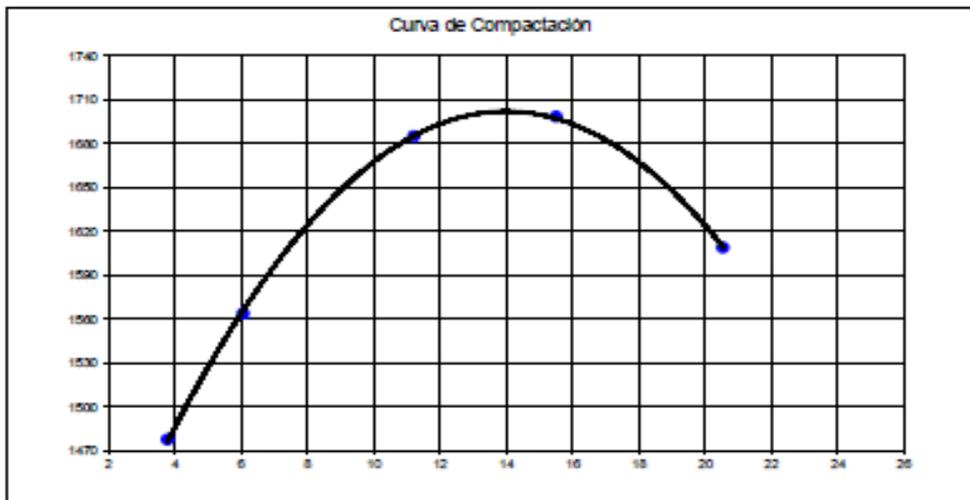
Punto No.	1	2	3	4	5
Peso suelo+molde	5.168	5.285	5.487	5.569	5.548
Peso suelo	1.438	1.553	1.755	1.837	1.816
Densidad húmeda	1.534	1.858	1.874	1.962	1.939

5. Contenidos de agua:

	96,03	96,03	81,74	81,74	76,74	76,74	72,92	72,92	69,63	69,63
P. Suelo húmedo/cap	96,03	96,03	81,74	81,74	76,74	76,74	72,92	72,92	69,63	69,63
P. Suelo seco/cap	93,04	93,04	77,87	77,87	70,42	70,42	65,02	65,02	78,77	78,77
P. Cápsula	13,85	13,85	13,97	13,97	14,03	14,03	14,03	14,03	14,13	14,13
w (%)	3,78	3,78	6,08	6,08	11,21	11,21	15,49	15,49	20,53	20,53
w Promedio (%)	3,78		6,08		11,21		15,49		20,53	
Peso Unit. Seco	1.478		1.564		1.685		1.899		1.809	

6. Resultados:

Peso unitario seco = 1.702 kg/m³
Contenido de agua óptimo = 14,0 %



Calculado por :

Verificado por : *[Firma]*

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.22. Ensayos de C.B.R., Mezcla #4: Arcilla 30% y Hormigón triturada 70%

Tabla 40:
Ensayo C.B.R.

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA	4.54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 5,72%				
HUMEDAD OPTIMA:	14,00%	Densidad Máxima Seca	1702 Kgr/m ³	Calicata N°:	1	Muestra No.:	1	
LL=	33	LP=	26	IP=	7	Profundidad:		
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.	C		S		F			
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	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR
Peso muestra húmeda + molde (gr)	10367	10622	11783	11964	11358	11580		
Peso del molde (gr)	6114		7632		7456			
Peso de muestra húmeda (gr)	4273	4908	4151	4332	3900	4122		
Volumen muestra (cm ³)	2234,53	2296,21	2321,73	2390,32	2378,18	2448,13		
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1,912	1,963	1,788	1,812	1,640	1,684		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL
Recipiente No.	A	I	G	Z	E	V		
Peso muestra húmeda + tarro (ga)	89,54	87,92	129,54	128,45	121,66	116,83		
Peso de la muestra seca + tarro (ga)	62,66	75,59	115,51	109,82	106,16	96,75		
Peso del agua (ga)	6,88	12,33	14,03	18,63	13,50	18,08		
Peso del tarro (ga)	14,01	14,26	14,23	13,74	13,67	14,17		
Peso de la muestra seca (ga)	48,65	61,33	101,28	96,08	94,29	84,58		
Contenido de humedad promedio (%)	14,14%	20,10%	13,86%	19,39%	14,32%	21,38%		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1675,34	1634,61	1570,35	1517,97	1434,52	1387,20		
Porcentaje de Compactación:	98,43%	96,04%	92,27%	89,19%	84,28%	81,50%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. C		MOLDE No. S		MOLDE No. F	
			ESPORJAMIENTO		ESPORJAMIENTO		ESPORJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
15/12/2022	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%
16/12/2022	09H00	24		0,0%		0,0%		0,0%
	21H00	36		0,0%		0,0%		0,0%
17/12/2022	09H00	48		0,0%		0,0%		0,0%
18/12/2022	09H00	72		0,0%		0,0%		0,0%
19/12/2022	09H00	96	0,1265	2,8%	0,1354	3,0%	0,1348	2,9%

Calculado por :

Verificado por :



Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 41:
Ensayo de C.B.R.

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

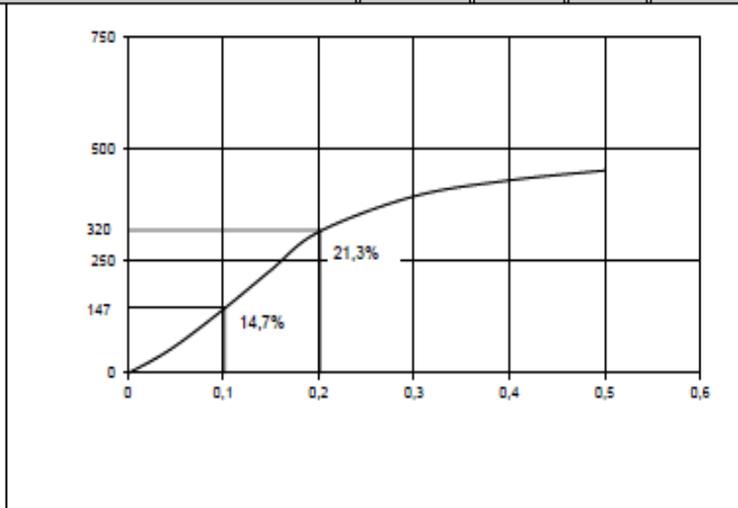
C.B.R.
PENETRACION

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 19/12/2022

Localización: _____ Calleota: 1 Muestra: 1 _____

MOLDE No :	C	Peso del Molde:	6,11 Kg.	Volumen del Molde (V):	2234,53 cm ³	
No Golpes por Capa:	56	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.	
				Altura de caída:	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")	79,56			36,16	
1.27 mm.	(0.05")	181,01			82,28	
2.54 mm.	(0.10")	425,28			193,31	
3.81 mm.	(0.15")	689,54			313,43	
5.08 mm.	(0.20")	945,68			429,86	
7.62 mm.	(0.30")	1185,39			538,81	
10.16 mm.	(0.40")	1292,87			587,67	
12.70 mm.	(0.50")	1359,01			617,73	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²	
0.635 mm.	(0.025")	26,52			1,86	
1.27 mm.	(0.05")	60,34			4,24	
2.54 mm.	(0.10")	141,76			9,96	
3.81 mm.	(0.15")	229,85			16,16	
5.08 mm.	(0.20")	315,23			22,16	
7.62 mm.	(0.30")	395,13			27,77	
10.16 mm.	(0.40")	430,96			30,29	
12.70 mm.	(0.50")	453,00			31,84	



C.B.R.: 21,33 %
HINCHAMIENTO 2,76 %
PARA: 5,08 mm. De penetración
Observaciones: _____

Operador: _____
Calculado por: Gonzalo Velasco
Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 42:
Ensayo de C.B.R.

C.B.R.
PENETRACION

GONZALO VELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 19/12/2022

Localización: _____ Calicata: 1 Muestra: 1

MOLDE No :	8	Peso del Molde:	7,63 Kg.	Volumen del Molde (V):	2321,73 cm ³	
No Golpes por Capa:	25	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.	
				Altura de caída:	45,7 cm	
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	
		2	3		2	
		3			3	
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.	
0.635 mm.	(0.025")	62,24			28,29	
1.27 mm.	(0.05")	144,71			65,78	
2.54 mm.	(0.10")	326,23			148,29	
3.81 mm.	(0.15")	499,59			227,08	
5.08 mm.	(0.20")	664,76			302,16	
7.62 mm.	(0.30")	912,63			414,83	
10.16 mm.	(0.40")	1086,19			493,72	
12.70 mm.	(0.50")	1185,39			538,81	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²	
0.635 mm.	(0.025")	20,75			1,46	
1.27 mm.	(0.05")	48,24			3,39	
2.54 mm.	(0.10")	108,74			7,64	
3.81 mm.	(0.15")	166,53			11,71	
5.08 mm.	(0.20")	221,59			15,58	
7.62 mm.	(0.30")	304,21			21,38	
10.16 mm.	(0.40")	362,06			25,45	
12.70 mm.	(0.50")	395,13			27,77	

The graph plots CBR (%) on the y-axis (0 to 600) against penetration (mm) on the x-axis (0 to 0.6). A curve starts at the origin and passes through two points: (0.1, 11.4) and (0.2, 15.4). The y-axis has major ticks at 0, 114, 200, 231, 400, and 600. The x-axis has major ticks at 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, and 0.6.

C.B.R.: 15,40 %

HINCHAMIENTO: 3,0 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: Amalberto B.

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 43:
Ensayo de C.B.R.

C.B.R.
PENETRACION

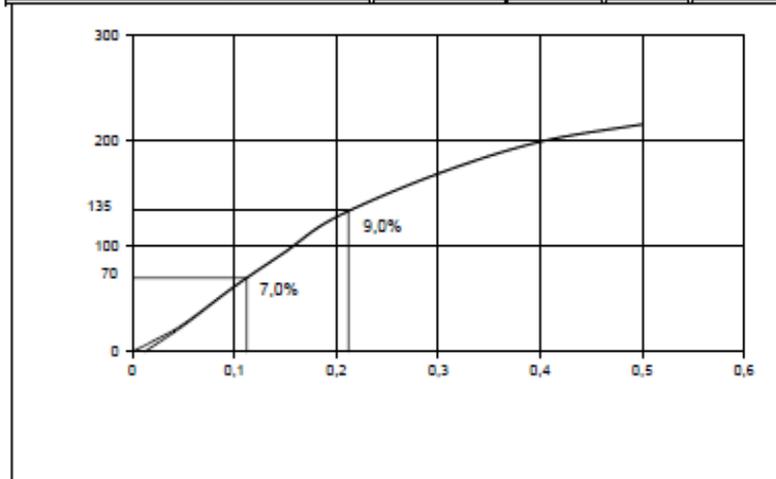
GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

FECHA: 19/12/2022

Localización: _____ Calicata: 1 Muestra: 1 _____

MOLDE No :	F	Peso del Molde:	7,45 Kg.	Volumen del Molde (V):	2378,18 cm ³	
No Golpes por Capa:	12	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4,54 Kg.	
				Altura de caída:	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")	37,50			17,05	
1.27 mm.	(0.05")	78,73			35,79	
2.54 mm.	(0.10")	185,96			84,53	
3.81 mm.	(0.15")	284,97			129,53	
5.08 mm.	(0.20")	384,00			174,55	
7.62 mm.	(0.30")	507,84			230,84	
10.16 mm.	(0.40")	598,68			272,13	
12.70 mm.	(0.50")	648,24			294,65	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²	
0.635 mm.	(0.025")	12,50			0,88	
1.27 mm.	(0.05")	26,24			1,84	
2.54 mm.	(0.10")	61,99			4,36	
3.81 mm.	(0.15")	94,99			6,68	
5.08 mm.	(0.20")	128,00			9,00	
7.62 mm.	(0.30")	169,28			11,90	
10.16 mm.	(0.40")	199,56			14,03	
12.70 mm.	(0.50")	216,08			15,19	



C.B.R.: 9,00 %

HINCHAMIENTO 2,9 %

PARA: 5,08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: Gonzalo Velasco

Verificado por: _____

Elaborado por: Mora (2022).

Tabla 44:
Ensayo de C.B.R. Diseño

GONZALO YELASCO
INGENIERO CIVIL

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO: ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON CAL Y ESTABILIZACIÓN DE SUELO EXPANSIVO CON MATERIAL EVACUADOS, CERÁMICA TRITURADA Y HORMIGÓN TRITURADO"

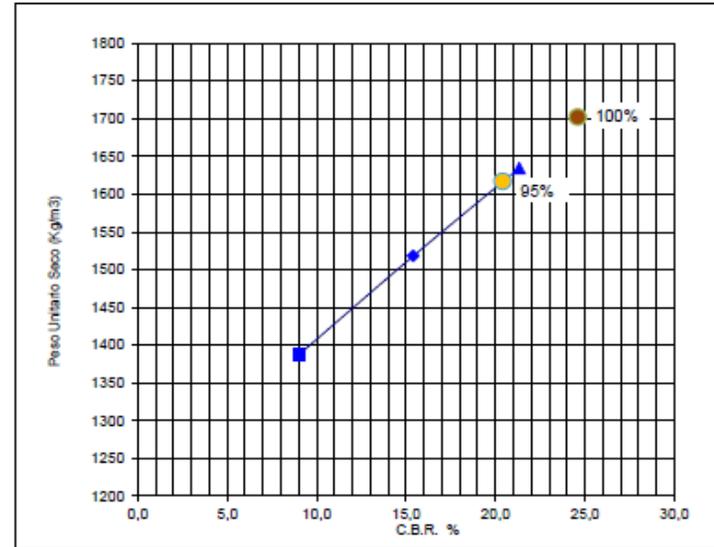
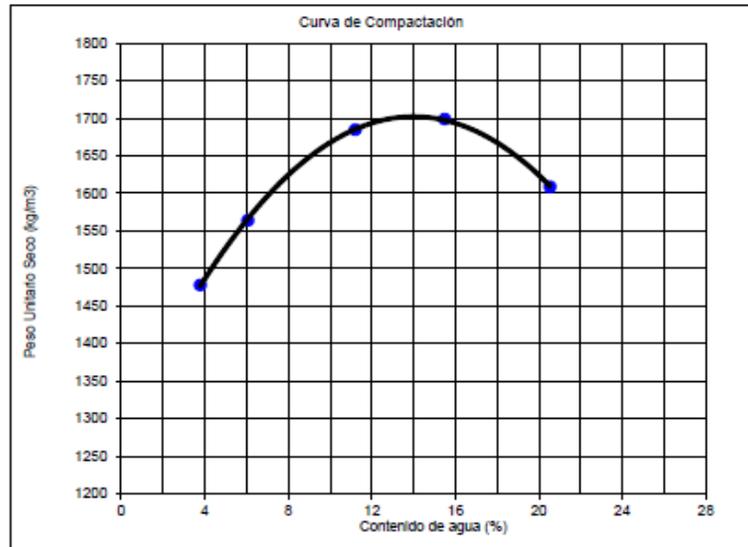
Calicata : 1
 Muestra : 1

Fecha : 20/12/2022

w Promedio (%)	3,78	6,06	11,21	15,49	20,53
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.478	1.564	1.685	1.699	1.609

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1.387	1.518	1.635	1.617	1.702
C.B.R. (%)	9,00	15,40	21,33	20,40	24,60

Resultados: ASTM D 1557 **Peso unitario seco = 1.702 kg/m³**
Contenido de agua óptimo = 14,0 %



Calculado por : *[Firma manuscrita]*

Elaborado por: Mora (2022).

3.5.23. Análisis de Resultados

De acuerdo al primer objetivo específico planteado “Identificar las características técnicas de los suelos plásticos expansivos”, se realizaron los ensayos respectivos para determinar las características de las muestras del suelo arcilloso plástico. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Resultados de los ensayos aplicados al material existente (suelo arcilloso)

MUESTRA	E N S A Y O S						
	HUMEDAD %	LIMITES		GRANULOMETRIA pasante #200	PROCTOR Kg/m3	C.B.R. %	EXPANSION %
		LIQUIDO %	INDICE DE PLASTICIDAD %				
Suelo Plastico	28,69	69	36	65,1	1518	2,98	5,1

Elaborado por: Mora (2022).

De acuerdo al segundo objetivo específico planteado “Determinar las características técnicas de la cerámica triturada”, se realizaron los ensayos para determinar el Peso Unitario. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 3: Resultados de los ensayos aplicados a la cerámica reciclada

MUESTRA	ENSAYO
	PESO UNITARIO Kg/m3
Ceramica Reciclada	1,230

Elaborado por: Mora (2022).

De acuerdo al tercer objetivo específico planteado “Definir las características técnicas del hormigón triturado”, se realizaron los ensayos respectivos para determinar el Peso Unitario. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 4: Resultados de los ensayos aplicados al hormigón reciclada

MUESTRA	ENSAYO
	PESO UNITARIO Kg/m ³
hormigon triturado	1,170

Elaborado por: Mora (2022).

De acuerdo al cuarto objetivo específico planteado “Determinar las características técnicas de la cal”, se realizaron los ensayos respectivos para determinar el Peso Unitario. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro

Cuadro 5: Resultados de los ensayos de Peso Unitario a la cal

MUESTRA	ENSAYO
	PESO UNITARIO Kg/m ³
Cal	0,893

Elaborado por: Mora (2022).

Para nuestro quinto y sexto objetivo específico planteado “Elaborar las mezclas del suelo plástico expansivo con cal para mejorar su plasticidad y Realizar las mezclas de suelo plástico expansivo utilizando, utilizando los materiales evacuados (cerámica y hormigón) triturada para mejorar su plasticidad”, se realizaron los ensayos para determinar las características de las distintas mezclas diseñadas. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 6: Resumen de los ensayos de clasificación a las mezclas realizadas

MUESTRA	E N S A Y O S			
	HUMEDAD %	LIMITES		GRANULOMETRIA pasante #200
		LIQUIDO %	INDICE PLASTICIDAD %	
Mezcla Arcilla - Cal				
Mezcla 1	16,17	47	16	78,20
Mezcla 2	14,96	41	13	84,40
Mezcla 3	12,58	38	8	85,30
Mezcla Arcilla - Ceramica				
Mezcla 1	23,28	53	22	68,40
Mezcla 2	15,75	44	16	48,60
Mezcla 3	11,17	37	10	29,10
Mezcla Arcilla - Hormigon triturado				
Mezcla 1	26,58	58	24	51,30
Mezcla 2	21,98	47	17	43,70
Mezcla 3	16,65	38	9	30,10

Elaborado por: Mora (2022).

Para determinar el séptimo objetivo “Determinar las propiedades mecánicas de la mezcla optima que mejore su plasticidad. Expansión y C.B.R.”. se realizaron 3 mezclas a diferentes proporciones previo a hallar una que cumpliera los límites del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para materiales de mejoramiento, las cuales no cumplieron. Realizamos una cuarta mezcla la cual cumple con los valores normativos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para materiales de mejoramiento, los materiales innovadores la mezcla con cal nos ayuda a bajar la plasticidad, mejorar el C.B.R. y dar una mejor estabilidad en la estructura, presentamos cuadro con los resultados de clasificación, proctor y C.B.R. de la cuarta mezcla realizada:

Cuadro 7: Resultados de los ensayos realizados a la mezcla que cumple con las especificaciones MTOP

MUESTRA	E N S A Y O S						
	HUMEDAD %	LIMITES		GRANULOMETRIA pasante #200	PROCTOR Kg/m3	C.B.R. %	EXPANSION %
		LIQUIDO %	INDICE PLASTICIDAD %				
Mezcla Arcilla 80% - Cal 20%							
Mezcla 4 final	8,9	34	7	83,20	1797	34,8	3,7
Mezcla Arcilla 45% - Ceramica 55%							
Mezcla 4 final	8,88	33	8	15,50	1848	31,7	1,4
Mezcla Arcilla 30% - Hormigon triturado 70%							
Mezcla 4 final	9,73	33	7	13,00	1702	24,6	3

Elaborado por: Mora (2022).

Para nuestro octavo objetivo específico “Realizar el análisis comparativo entre la estabilización con cal y la estabilización con los materiales innovadores”, en el cuadro presentado podemos observar la variación que hay en sus resultados y a esto hay que considerar que la cuarta mezcla que se realizó fueron con los siguientes porcentajes: la arcilla con cal tiene un porcentaje de 80 – 20 %, la arcilla con cerámica triturada 45 – 55 % y la arcilla con hormigón triturado el porcentaje es de 30 - 70 %, podemos observar que a nivel de clasificación la mezcla con cal no cumple en su granulometría pero tiene un mejor comportamiento en los demás ensayos y solo se utilizó el 20% de Cal en su mezcla, la mezcla con arcilla 45% y cerámica triturada 55% cumple con las normas en todos los ensayos pero el porcentaje a utilizar es alto para mejorar la capacidad de carga de estos suelos plásticos y la arcilla 30% y hormigón triturado 70% también cumple con las normas del M.T.O.P. pero así mismo el porcentaje a utilizar es muy alto para su mejoramiento.

4. CONCLUSIONES

- Se determinó mediante ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. que el suelo del que se tomaron las muestras tenía características muy plásticas, con un porcentaje de expansión 5,1% mayor que el permitido en las especificaciones del MTOP que tiene que ser menor al 4% para ser utilizado como parte de la estructura de un pavimento y que por su pobre capacidad portante afectaría la estructura vial.
- En cuanto a las características técnicas de la cerámica triturada, se determinó que este material resultó ser no plástico, información obtenida al ser triturado y tamizado por el tamiz #40. De igual manera, se realizó el ensayo de peso unitario para determinar qué porcentaje se utilizaría de esta cerámica reciclada en las mezclas; dado que este material innovador resultó ser no plástico.
- Así mismo, se definieron las características técnicas del hormigón triturado, determinándose que este material por ser parte de los escombros de la demolición de una estructura resultó ser no plástico. De igual manera, se realizó el ensayo de peso unitario para determinar qué porcentaje se utilizaría para elaborar las mezclas; ya que este material también resultó ser no plástico, es fundamental para este tema investigativo porque también nos ayuda a mejorar este material expansivo.
- La determinación del peso específico de la cal, nos sirvió para decidir el porcentaje a utilizar para mejorar el suelo y posibilitar su uso en la estructura del pavimento.
- En el proceso para elaborar las mezclas del suelo plástico expansivo con cal para mejorar su plasticidad”, se diseñó metódicamente las mezclas y se determinó que lo ideal fue mantener porcentajes que aseguraran bajar la plasticidad del material existente. Para esto, se realizaron mezclas en cuatro proporciones diferentes, obteniendo en la cuarta mezcla valores que disminuyen la plasticidad, haciendo posible que estos porcentajes cumplan con las Especificaciones, estos porcentajes son 80% de arcilla y 20% de Cal.
- Las mezclas de suelo plástico expansivo, utilizando los materiales evacuados (cerámica y hormigón) triturada para mejorar su plasticidad, se diseñó varias mezclas siendo la cuarta mezcla la que cumplió con las especificaciones del MTOP, estas mezclas son: 45% de arcilla y 55% de cerámica triturada; 30% de arcilla y 70% de hormigón triturado, a estas mezclas se les realizó los ensayos respectivos: clasificación, proctor y C.B.R.

- Producto de la determinación de las propiedades mecánicas de la mezcla optima que mejore su plasticidad. Expansión y C.B.R, los resultados muestran que, de las 4 diferentes mezclas realizadas, la mezcla de suelo que representó una verdadera alternativa estabilizadora atendiendo a las normativas del MTOP, fue aquella que contó con una mejor clasificación y es la cuarta mezcla realizada con cada material innovador.
- En la mezcla de 80% de arcilla y 20% de Cal obtuvimos un límite líquido de 34%, un índice de plasticidad de 7%, una densidad máxima proctor de 1797 Kg/cm³, un C.B.R. de 34,8% al 100% de su densidad y una expansión del 3,7%.
 - En la mezcla de 45% de arcilla y 55% de Cerámica triturada obtuvimos un límite líquido de 33%, un índice de plasticidad de 8%, una densidad máxima proctor de 1848 Kg/cm³, un C.B.R. de 31,7% al 100% de su densidad y una expansión del 1,4%.
 - En la mezcla de 30% de arcilla y 70% de hormigón triturado obtuvimos un límite líquido de 33%, un índice de plasticidad de 7%, una densidad máxima proctor de 1702 Kg/cm³, un C.B.R. de 24,6% al 100% de su densidad y una expansión del 3,0
- Estas mezclas cumplen con las especificaciones del MTOP para ser utilizado como material de mejoramiento tanto en su plasticidad como en el porcentaje del tamiz #200, menos la mezcla con Cal que su porcentaje es mayor que el 20% requerido en las Especificaciones. Cumplidos estos parámetros se realizaron los ensayos de proctor y C.B.R. Deberá tener un índice de plasticidad no mayor de nueve (9) y límite líquido hasta 35% siempre que el valor del CBR sea mayor al 20%, tal como se determina en el ensayo AASHO-T-91 respectivos, de acuerdo a estos parámetros dieron resultados favorables en su expansión y C.B.R. como se indicó.
- Comparativamente la estabilización con cal y la estabilización con los materiales innovadores, demostraron que la base estabilizada con el 20% de cal en su mezcla da valores muy aceptables, cumpliendo así con lo requerido; mientras que la mezcla con cerámica triturada cumple pero con un porcentaje del 55% y la mezcla con hormigón triturado también cumple pero con un porcentaje del 70%, esto nos indica que estos materiales innovadores se lo puede utilizar como parte de la estabilización de suelos expansivos, pero la estabilización con Cal tiene un mejor comportamiento estructural y el porcentaje a utilizar es mínimo en comparación con los materiales innovadores.

- Habiendo cumpliendo con los objetivos específicos, resta atender la hipótesis del presente trabajo de investigación, que indica “La utilización de los materiales innovadores evacuados (cerámica y hormigón) triturada mejorara los suelos expansivos y con ello su capacidad portante, de la misma manera que la estabilización de los suelos expansivos con cal, y podrá ser considerada su uso como sub-rasante de la estructura de pavimento en las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Publicas 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 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 al Ministerio de Transporte y Obras Públicas elaborar normas para la estabilización de suelos con otros tipos de materiales, que nos indiquen los porcentajes adecuados para cada tipo de material innovador que se podría utilizar en una estabilización de suelos expansivos, para darle una mejor utilidad y evitar el deterioro ambiental.
- Se recomienda a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, implementar el laboratorio de suelos para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas y tener un mejor control en cada porcentaje de mezclas utilizada y así poder dar un mejor seguimiento del comportamiento de cada mezcla con estos materiales innovadores.
- Es necesario realizar estos análisis con otros materiales estabilizadores para mejorar los parámetros de control con los materiales innovadores utilizados, además es necesario verificar con otros tipos de ensayos, como, por ejemplo, la expansión controlada, que se realiza en un solo metro, pudiéndose determinar con más precisión el porcentaje real de su expansión controlada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alava, J. M. (mayo de 2017). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p12.pdf>. Recuperado el 2022, de revistaespacios.com Web site.
- Alvarado, P., Vega, L., & Porras, M. (Diciembre de 2018). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, 86-101. Recuperado el junio de 2022, de researchgate.net Web site: https://www.researchgate.net/publication/307631222_Caracterizacion_del_subproducto_cascarillas_de_arroz_en_busqueda_de_posibles_aplicaciones_como_materia_prima_en_procesos
- Andrade, O., & Jouve, A. (2021). <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/4528/1/T-ULVR-3684.pdf>. Recuperado el junio de 2022, de repositorio.ulvr.edu.ec.
- Arias, R., & Pro, R. (2017). *.dspace.uce.edu*. Recuperado el 2021, de dspace.uce.edu web site: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13131/1/T-UCE-011-308.pdf>
- Canaria, A., & Martinez, A. (junio de 2020). *repository.udistrital.edu.co*. Recuperado el 27 de marzo de 2022, de repository.udistrital.edu.co Web site: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25230/CanariaPinedaAngelaGynneth2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carro, H. (18 de Febrero de 2021). Revisión bibliográfica Estabilización de suelos con enzimas. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República de Uruguay*. Recuperado el Julio de 2022, de https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/323541/mod_resource/content/1/Estabilizaci%C3%B3n%20de%20Suelos%20con%20Enzimas.pdf
- chasquero, H. (28 de mayo de 2019). *repositorio.unj.edu*. Recuperado el 2021, de repositorio.unj.edu Web site: repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/141
- 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>
- coverlam. (17 de febrero de 2016). *ceramica en la construcción*. Recuperado el 2020, de ceramica en la construcción Web site: <https://www.promateriales.com/pdf/PM-95-6.pdf>
- Cueva del Ingeniero Civil. (3 de octubre de 2018). *Cueva del ingeniero civil*. Recuperado el junio de 2022, de Cueva del ingeniero civil Web site: <https://www.cuevadelcivil.com/2010/06/componentes-de-un-pavimento.html>
- decreto ejecutivo 742. (2019). *procuraduria.utpl.edu.ec*. Recuperado el 2021, de procuraduria.utpl.edu. web site: <https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLAMENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf>
- Ecuador, R. d. (2008). *Constitución Del Ecuador*. Quito: Republica del Ecuador.
- Gallo, J. (2022). <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/4985/1/T-ULVR-4020.pdf>. Recuperado el junio de 2022, de repositorio.ulvr.edu.ec.

- Galvez, P., & Santoyo, J. (junio de 2019). *core.ac.uk*. Recuperado el 27 de marzo de 2022, de core.ac.uk/ Web site: <https://core.ac.uk/download/pdf/270319034.pdf>
- 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
- Jarre, C., Zamora, C., Puig, R., & Zamora, E. (1 de Enero de 2021). Caracterización preliminar de la ceniza de cáscara de arroz de la provincia Manabí, Ecuador, para su empleo en hormigones. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia*, XLIV(1), 44-50. doi:<https://doi.org/10.22209/rt.v44n1a06>
- Lazaro, .. M. (abril de 2019). <https://www.vigilancer.es/index.php/2020/10/22/posicion-de-la-ceramica-espanola-en-el-mundo-en-2019/>. Recuperado el junio de 2022, de <https://www.vigilancer.es> web site.
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- Lobato, S. (26 de octubre de 2019). *Bibliografía Educación Secundaria*. Recuperado el 2020, de Bibliografía Educación Secundaria Web site: <http://le000004.ferozo.com/1ro/tecnologia.pdf>
- Marquez, D. (2019). <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2241/CIV-MAR-MAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Recuperado el junio de 2022, de repositorio.unp.edu.pe.
- Massenlli, G., & de Paiva, C. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos. *Revista chilena de ingeniería*, XXVII(4), 613-624. Recuperado el Junio de 2022, de [scielo.cl: https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v27n4/0718-3305-ingeniare-27-04-613.pdf](https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v27n4/0718-3305-ingeniare-27-04-613.pdf)
- 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/](https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/)
- Noriega, Y., Vives, J., & Muñoz, S. (8 de Marzo de 2022). Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento. *Avances Investigación En Ingeniería*, XIX(1), 1-14. doi:<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6856>
- Ortiz, G. (5 de noviembre de 2015). *Procesos industriales*. Recuperado el 2020, de Procesos industriales blogspot: <http://procesosindustrialesgloriaortiz.blogspot.com/2015/11/ceramicos-sin-duda-alguna-la-industria.html>
- Ramos Galarza, C. A. (21 de Octubre de 2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, IX(3). doi:<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- 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%E2%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%E2%80%9D%20(p.&text=poblaci%C3%B3n%20un%20conjunto%20finito%20)
- 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)

Yepez, V. (8 de febrero de 2021). <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>. Recuperado el diciembre de 2022, de victoryepes.blogs.upv.es web site.