



**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 DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS
EXPANSIVOS UTILIZANDO HORMIGON ASFALTICO
RECICLADO, CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR
PARA LA SUB RASANTE DE LOS PAVIMENTOS**

TUTOR

MSC MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

AUTORES

JUAN FRANCISCO GALLO VACA

GUAYAQUIL

2022



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS UTILIZANDO HORMIGÓN ASFÁLTICO RECICLADO, CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA SUBRASANTE DE LOS PAVIMENTOS

AUTOR/ES:

Juan Francisco Gallo Vaca

REVISORES O TUTORES:

MSC MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería, Industria y
construcción

CARRERA:

Ingeniero Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS:

83

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Hormigón, suelo, arcilla, mejora, estabilidad, subrasante

RESUMEN:

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. 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 bastante completo para obtener la mejor gradación y obtener una mezcla homogénea. De tal manera se espera que esta mezcla arcilla-hormigón asfáltico y ceniza de bagazo presente mayores porcentajes de estabilización, que el suelo mejore sus características. 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.

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: Gallo Vaca Juan Francisco	Teléfono: 0989875978	E-mail: Jfcv_gallo@hotmail.com jgallov@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MSC. Ing. Miltón Andrade Laborda Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Teléfono (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

GALLO JUAN FRANCISCO

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	7 %	2 %	0 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	myslide.es Fuente de Internet	2 %
2	biloor.blogspot.com Fuente de Internet	2 %
3	www.munayi.ulead.edu.ec Fuente de Internet	1 %
4	roxicarpio.blogspot.com Fuente de Internet	1 %
5	peruvias.pe Fuente de Internet	1 %
6	doku.pub Fuente de Internet	1 %

Juan Francisco Gallo

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El(Los) estudiante(s) egresado(s) JUAN FRANCISCO GALLO VACA , declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, 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, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor:



Firma:

JUAN FRANCISCO GALLO VACA

C.I.: 1804492468

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación 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, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de ING. 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 DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS UTILIZANDO HORMIGON ASFALTICO RECICLADO, CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA LA SUB RASANTE DE LOS PAVIMENTOS presentado por el estudiante JUAN FRANCISCO GALLO VACA como requisito previo para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MSC MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

C.C. 0906706981

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme tener a mis Padres con vida y Abuela que son pilar fundamental en mi vida. Gracias por apoyarme en cada decisión, y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutarlos día a día.

Finalmente agradezco a la universidad a las autoridades de Ing. Civil que ayudaron en mi formación como profesional.

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada a mi Padre Juan Carlos Gallo Centeno mi Abuela Evelina Georgina Centeno Marzana, quienes con su amor paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir un objetivo más en mi vida.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi futura familia, hijos, para que mi trabajo de titulación sirva de ejemplo e inspiración de que puede cumplir todo lo que se propongan.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema.....	2
Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos.....	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.....	4
1.7. Línea de investigación Institución/Facultad.....	5
CAPITULO II	6
2. MARCO TEORICO	6
2.1.1. Referencial	6
2.1.2. Suelo.....	12
2.1.3. Clasificación de suelos	13
2.1.4. Suelo arcilloso.....	14
2.1.5. Propiedades de las arcillas	14
2.1.6. Arcillas expansivas.....	15
2.1.7. Estabilizadores Comerciales	15
2.1.8. Como Utilizar los Estabilizadores.....	15
2.1.9. Caña de azúcar	16
2.1.10. Bagazo de la caña de azúcar.....	17
2.1.11. Caracterización de la Ceniza del Bagazo de Caña.....	17
2.1.12. Propiedades Físicas	18
2.1.13. Propiedades Químicas.....	19
2.1.14. Usos de la ceniza de bagazo de caña (CBC) en la Construcción.....	20
2.1.15. Como Agregado Fino	20
2.1.16. Como reemplazo de Cemento	22
2.1.17. Efecto en las propiedades en Estado Fresco	24
2.1.18. Efecto en las Propiedades Mecánicas del Concreto.....	25

2.1.19. Efecto en la Durabilidad del Concreto	25
2.1.20. Uso de la CBC para la construcción en Colombia.....	26
2.1.21. Asfalto reciclado	28
2.1.22. California Bearing Ratio (CBR)	35
2.2. MARCO LEGAL	36
2.2.1. Normas de los ensayos a estudiar	39
CAPÍTULO III	40
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.1. Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto).....	40
3.2. Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional.....	41
3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos	42
3.3.1. Técnica.	42
3.3.2. Instrumento	42
3.4. Población y muestra	43
3.4.1. Población.....	43
3.4.2. Muestra.....	43
3.5. Presentación y análisis de resultados.....	44
Bibliografía	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 línea de Investigación Institucional.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ceniza de bagazo.....	18
Figura 2: Composición química.....	19
Figura 3: Resistencia a la compresión	21
Figura 4: Resistencia a la compresión	21
Figura 5: Parámetro de la puzolana	23
Figura 6: Resultado de los ensayos.....	24
Figura 7: Modulo de rotura a la compresión.....	25
Figura 8: Material reciclado.....	29
Figura 9: Reciclado de material en planta	30
Figura 10: Fresadora de pavimento asfaltico.....	32
<i>Figura 11:</i> Ensayo de clasificación	45
<i>Figura 12:</i> Ensayo Proctor	46
<i>Figura 13:</i> Ensayo C.B.R.	47
<i>Figura 14:</i> Ensayo C.B.R.	48
<i>Figura 15:</i> Ensayo C.B.R.	49
Figura 16: Ensayo C.B.R.	50
Figura 17: Ensayo C.B.R. diseño.....	50
Figura 18: Ensayo de clasificación	51
<i>Figura 19:</i> Ensayo de clasificación	52
<i>Figura 20:</i> Ensayo de clasificación	53
Figura 21: Ensayo de clasificación	54
<i>Figura 22:</i> Ensayo Proctor	55
Figura 23: Ensayo C.B.R.	56
<i>Figura 24:</i> Ensayo C.B.R.	57
Figura 25: Ensayo C.B.R.	58
Figura 26: Ensayo C.B.R.	59
Figura 27: Ensayo C.B.R. diseño.....	51

INTRODUCCIÓN

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.

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 bastante completo para obtener la mejor gradación y obtener una mezcla homogénea. De tal manera se espera que esta mezcla arcilla-hormigón asfáltico y ceniza de bagazo presente mayores porcentajes de estabilización, que el suelo mejore sus características. 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.

CAPÍTULO I

1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos

1.2. Planteamiento del Problema

El pavimento se clasifica en pavimento rígido, pavimento flexible, pavimento articulado la estructura está formada por diversos estratos como son la capa de rodadura la cual puede ser de concreto asfáltico o concreto hidráulico, la base, sub base que son de material granular en la parte inferior y como base de la estructura esta la sub rasante

Cuando se analiza por medio de ensayos el suelo en la sub rasante y se encuentra con suelo arcilloso expansivo se puede conceptualizar como la capacidad de un suelo de experimentar cambios volumétricos o de generar presiones al modificarse con la humedad modifican su estructura al absorber agua teniendo una baja capacidad portante el cual genera un problema en la parte constructiva teniendo a la mano dos consideraciones removerlo del sitio o estabilizarlo

Los suelos expansivos presentan las siguientes características, colores verdosos, azulados, barro pegajoso, se puede moldear fácilmente en forma de rollos resistentes al tacto en condiciones secas, grietas poligonales abiertas y profundas ,se los puede identificar por medio de los ensayos de laboratorios como es el de los límites de Atterberg ,limite liquido o índice de plasticidad Igualmente el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la clasificación AASHTO permiten una primera aproximación puesto que los suelos expansivos suelen clasificarse como CH o MH en la primera clasificación y como los A-6 y A.7 en la segunda.

Algunos autores consideran la estabilización de suelo por medio de estabilizadores Pueden ser naturales como la arena, fibras, estabilizadores manufacturados cal, cemento, yeso, resinas generando

De acuerdo a la Federación Nacional de Azucareros - FENAZUCAR, existen más de 110.000 hectáreas de caña de azúcar en Ecuador, de las cuales entre 80.000 y 85.000 hectáreas se destinan a la producción de azúcar y, lo restante se utiliza para la producción de etanol y otros derivados como la panela.

El bagazo es procedente de la materia seca vegetal fibroso de los tallos de caña, conseguido por moliendas de fábricas que tienen partículas chicas en promedio de doce a 20 milímetros mostrando también físicamente unidades celulósicas con fibras soluble e insolubles y químicamente 46.6% de celulosa, 25.2% de hemicelulosa y 20.7% de lignina. (CORNE, 2019)

Se considera a la ceniza de bagazo de caña de azúcar como un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. La utilización de estas cenizas en diversos campos como en la construcción, será de gran aprovechamiento. Ya que contiene gran porcentaje de sílice que podría ser utilizado como material cementante en nuestro proyecto de titulación como estabilizador

El reciclado de pavimentos asfálticos consiste en la disgregación del material que proviene del hormigón asfáltico envejecido retirado del mismo como carpeta asfáltica para ser reutilizado en otras áreas de la construcción considerando su agregado grueso y fino sin alteración de sus características físicas iniciales.

En el Ecuador se construyen pavimentos flexibles por medio de las instituciones públicas como son la MTOP –prefectura-GAD los cuales tiene un registro de más de 18.000 km de carpeta asfáltica

Nuestro proyecto de titulación propone analizar el desempeño de hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para mejorar las propiedades de los suelos expansivos por medio de los ensayos de compactación AASHTO estándar, resistencia a la compresión simple y CBR contrastando la arcilla expansiva con la arcilla

mezclada en porcentajes controlados de hormigón asfáltico reciclado y la ceniza del bagazo de la caña de azúcar como estabilizador.

1.3. Formulación del Problema

¿Cuál será la influencia del hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar en la estabilización de suelos expansivos?

1.4. Objetivo General

Analizar la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar

1.5. Objetivos Específicos

- 1.- Identificar las características técnicas de los suelos expansivos.
- 2.- Definir las características técnicas del hormigón asfáltico reciclado.
- 3.- Determinar las características técnicas de la ceniza del bagazo de la caña.
- 4.- Realizar una mezcla de suelo utilizando hormigón asfáltico reciclado y ceniza del bagazo de la caña de azúcar.
- 5.- Determinar las propiedades mecánicas de los suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña.

1.6. Hipótesis

El uso del hormigón asfáltico reciclado y ceniza del bagazo de la caña de azúcar mejorara la capacidad portante del suelo expansivo

1.7. Línea de investigación Institución/Facultad

Tabla 1:

Línea de Investigación Institucional/Facultad

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

Fuente: (ULVR, 2020)

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1.1. Referencial

Según Génesis Gabriela Ayala Avellan (2017), autor ecuatoriano, de la tesis “Estabilización y control de suelos expansivos utilizando polímeros” de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, la tesis mencionada tiene por objetivo realizar a partir de información existente en el Ecuador de suelos expansivos, con la finalidad de poder determinar parámetros óptimos de utilización de polímeros para su correcta estabilización.

(Ayala, 2017), Como lo mencionan varios Autores, entre ellos Márquez, 2006, los suelos expansivos están formados por muchos minerales de arcilla que tienen propiedades de gran absorción de agua y retención de la misma, produciendo un incremento de volumen en el mineral que disminuye drásticamente cuando se seca (retracción). Este fenómeno puede ser perjudicial para la construcción porque no es constante el incremento de volumen, originando distintos empujes relativos, por hundimiento y generan asentamientos importantes cuando se produce la retracción (p.3).

Como complemento con lo anterior dicen Patrone & Prefumo, s.f. que muchos fenómenos atribuidos a asentamientos del suelo u otros problemas en realidad eran debidos a procesos de hinchamiento por parte de los suelos expansivos (p.1). Se realizó un procedimiento completo para la obtención de resultados comenzando por el muestreo de suelos y clasificación, para de esta manera tener definidas las características del mismo. Adicionalmente, después de haber caracterizado al material expansivo se procedió a estabilizarlo químicamente con polímeros, realizando una vez más ensayos de clasificación y caracterización con suelo mezclado con estos elementos. Finalmente, se llegó a obtener las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos para el correcto uso y dosificación del polímero con la finalidad de obtener resultados técnicos y económicos favorables.

Según Fernández Neiser (2018), autor de nacionalidad peruana, de la tesis “Estabilización de sub rasante con material de demolición en avenida Malecón Checa de la Universidad Cesar Vallejo”. La tesis mencionada tiene por objetivo de mejorar la estabilización de la subrasante con material de demoliciones en la avenida malecón checa, en san juan de Lurigancho, de tal manera que donde las teorías relacionadas al tema nos habla de los tipos de suelos, propiedades física y mecánicas de la estabilización, de tal manera enmarcar los ensayos de laboratorio que delimita el proyecto de investigación como es el caso del análisis granulométrico, límite de Atterberg, clasificación de suelos por SUCS Y AASHTO, coeficientes de curvatura y uniformidad, ensayo de Proctor modificado, ensayo de CBR.

(Fernandez N. , 2018), El método a utilizar es científico, el tipo de investigación aplicada, el nivel descriptiva- explicativa, en cuanto al diseño es no experimental de corte transversal. La población y la muestra son consideradas el área del terreno a investigar en la zona de brisas de Campoy del distrito de san juan de Lurigancho. Los instrumentos para tal caso son protocolos estandarizados de manera directa y confiable para recoger los resultados el cual se detalla en los siguientes ensayos: Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422, MTC E1090 – 200), límites de consistencia (ASTM D 4318, MTC E115 – 2000), contenido de humedad (ASTM D 2216), Proctor modificado (ASTMD 1557, MTC E132-2000), y ensayo de CBR (ASTM D 1883), de esta manera se concluye que si es posible estabilizar la subrasante del suelo, arena limosa con grava y mal graduado, aplicando la dosificación de materiales reciclados de demoliciones, ya que mediante los ensayos realizados en laboratorio y gabinete con las muestras del suelo del tramo de un kilómetro en la Avenida Malecón Checa. Concluyendo de esta manera que la estabilización de subrasante ha mejorado obteniendo buenos resultados.

Según Jenny Constanza Perez Rojas y John Alexander Orjuela Ortiz (2018), autores colombianos de la tesis “Análisis experimental de la expansividad en suelos bentónicos” de la Universidad Católica de Colombia Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Civil, la tesis mencionada tiene por objetivo el estudio de la actividad fisicoquímica de las arcillas es esencial para determinar su comportamiento en una masa de suelo ya que este

puede influir de forma eficaz o inadecuada de acuerdo al uso ingenieril que se le vaya a dar al suelo, información indispensable para los estudios geotécnicos en cualquier proyecto de construcción civil. La presente investigación, basada en estudios bibliográficos analiza experimentalmente la expansividad de suelos con diferente contenido de montmorillonita conocida comercialmente como Bentonita. Para esto se realizaron ensayos petrográficos, ensayos índices y microestructura mediante imágenes SEM, (Scanning Electron Microscope). De los cuales se obtuvieron importantes resultados del potencial de expansión de este tipo de suelos con un alto porcentaje en contenido de la partícula de la montmorillonita. Los ensayos índices, indican que, a mayor índice plástico y límite de contracción, el suelo posee un potencial de expansión alto. El potencial de cambio de volumen arroja un peligro de expansión crítico, cuando este es mayor a seis. De ahí la importancia en este tipo de estudios para lograr una detección a tiempo de la presencia de este tipo de suelos en los estudios previos a un proyecto de ingeniería

Según : Landa Alarcón, Jacques Yitzhak; Torres Montesinos, Sergio Feliciano (2019), autor de nacionalidad peruana, de la tesis “Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Programa académico de Ingeniería Civil .

(Landa & Torres, 2019). La tesis mencionada tiene por objetivo la rehabilitación o construcción de una carretera, en general, conlleva la implementación de múltiples etapas de trabajo. Estas se pueden clasificar desde la propia producción de la vía, como el perfilado, compactación y asfaltado; hasta la estabilización del suelo de soporte o subrasante, por deficiencias geotécnicas; los cuales suelen ser incidentes en zonas con alta presencia de arcilla. El criterio más directo de aceptación de un suelo como subrasante de carretera suele elaborarse a partir del ensayo de Relación de Soporte de California (CBR por sus siglas en inglés). Así pues, si el material posee un CBR mayor al 6%, puede aceptarse; caso contrario se hará necesario la aplicación de un método de estabilización efectivo que mejore esta condición desfavorable.

El método de estabilización convencional suele ser la físico mecánica, por su simplicidad, pues consiste en el reemplazo del material natural de la subrasante por uno granular como la grava.

Habitualmente, la obtención de grava en zonas con presencia de suelos finos se realiza en canteras ubicadas en los cauces de ríos. La extracción de material en estos espacios provoca impactos negativos en el ecosistema, pues ocasionan la aniquilación de la flora y fauna existente alrededor del río y la belleza del paisaje, así como la erosión del suelo.

Por tal motivo, se hace evidente la necesidad de implementar métodos no convencionales de estabilización, que más allá de su efectividad geotécnica, posibilite el mínimo impacto ambiental posible. La estabilización con Cal es una de las técnicas químicas más adoptadas para el mejoramiento de suelos arcillosos. Sin embargo, la producción comercial de este material involucra la calcinación a altas temperaturas de Carbonato de Calcio (CaCO_3), produciendo la liberación de altas concentraciones de CO_2 al ambiente; por lo que es necesario reducir su incidencia de uso para desacelerar su producción masiva.

Según Aquino (2020) en la tesis titulada ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA SU USO EN SUBRASANTES EN EL DISTRITO DE LAREDO - TRUJILLO, LA LIBERTAD 2018 **de la universidad privada de Trujillo** expresa lo siguiente, el costo creciente de los agentes estabilizadores tradicionales y la necesidad de contar con la utilización de desechos industriales y agrícolas con fines de ingeniería beneficiosos en La Libertad impulsó la presente investigación sobre el potencial de estabilización de la ceniza de bagazo (CBCA) en suelos arcillosos altamente expansivos. Este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la adición de CBCA en la estabilización de suelos a nivel de subrasante en el distrito de Laredo. El trabajo de laboratorio implicó la caracterización del suelo, así como la caracterización de CBCA con Difracción de Rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido. La investigación preliminar del suelo muestra que pertenece a la clase A-6 según clasificación AASHTO. Los suelos en esta clase generalmente son pobremente usados en ingeniería. Límites de Atterberg, esponjamiento libre, índice de esponjamiento libre, índice de hinchamiento libre, proctor modificado y CBR se usaron para evaluar las propiedades del suelo estabilizado. La tierra se estabilizó con CBCA en una concentración escalonada de 5%, 10%, 15%, en peso seco del suelo. El análisis de los resultados muestra una mejora en las propiedades geotécnicas de suelo estabilizado con CBCA, debido a que reduce el índice de plasticidad, hinchazón y MDD con un aumento en OMC y CBR con todos los contenidos de CBCA más altos. Partiendo de la mezcla con el porcentaje de mejor comportamiento ingenieril se diseñó secciones de pavimento típico, realizando un posterior análisis económico comparativo demostrando el ahorro en construcción y mantenimiento de pavimentos con

subrasantes estabilizadas con CBCA. De este estudio se descubrió que el suelo estabilizado con CBCA cumple con los requisitos mínimos establecidos en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC para su uso como material de subrasante en construcción vial.

Según Capuñay (2020) en la tesis titulada ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA SU USO COMO SUBRASANTE MEJORADA EN LOS PAVIMENTOS DE CHIMBOTE de la universidad Nacional del Santa expresa ¿En qué medida influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en la estabilización de suelos como subrasante mejorada en los pavimentos de Chimbote y que tan viable es su uso tanto técnica como económicamente?, como objetivos: Determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo a estabilizar en diferentes puntos. Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos estabilizadas con ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de: 25%, 35% y 45%. (CBCA). Evaluar como alternativa técnica y económica al incorporar la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en el mejoramiento de la subrasante para pavimentos en Chimbote; como Hipótesis: El uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) estabiliza los suelos, y mejora las propiedades de la subrasante, optimizando de esta manera las estructuras de pavimentos de Chimbote. Por lo que se concluye en: Luego de aplicar la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes de 25%,35% y 45% a los diferentes suelos ensayos se ha logrado estabilizar la subrasante para su uso en los pavimentos de Chimbote mejorando las propiedades tanto físicas como mecánicas entre estas; la reducción de la plasticidad y el aumento de la capacidad de soporte hallándose el mejor comportamiento al utilizar la proporción de 35% cuyo valor de CBR fue de 17.91% (suelo estabilizado) en comparación con el sin estabilizar (CBR 11.50%) incrementando en 6.41% reduciendo de esta manera las estructuras de pavimentos de Chimbote (espesores más delgados) debido a las propiedades de la CBCA . Se ha logrado determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) encontrándose la presencia de sílice con un porcentaje de 38.99%, óxido de calcio el 4.869% y óxido de aluminio con 7.954% cuyos elementos permiten reducir el contenido de humedad por consiguiente disminuye la eflorescencia, así como la permeabilidad en el suelo natural, así como aumentar las resistencias del suelo. Se determinó las propiedades

mecánicas y físicas del suelo a estabilizar en diferentes puntos para el CBR que varían de 6.94 a 16.63%, la calidad en cuanto a su resistencia es buena, el contenido de humedad tiene 0.343% como el valor más bajo y 9.848% el más alto correspondiente a una arena limosa, el índice de plasticidad es 6.59% como el valor más alto y 1.70% como el más bajo y con respecto a las características físicas y mecánicas de los suelos estabilizados con ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de: 25% 35% y 45% de CBCA se ha determinado que para una ARENA MAL GRADUADA alcanzo el máximo valor con el 35% de CBCA para un CBR de 17.91 con el OCH de 8.07% y MDS de 1752kg/m³, para una ARENA LIMNOSA se logró el valor más alto de CBR con el 45% siendo éste valor de CBR 15.80 , y para un LIMO ORGANICO alcanza su mejor comportamiento en cuanto 45% de CBCA obteniéndose un CBR de 12.59 %.

Según Neyra (2020) en la tesis titulada Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasante areno-limosas **de la universidad de Piura** En múltiples investigaciones se ha determinado que el contenido de sílice de las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas puede tener características puzolánicas. Cordeiro et al. (2008) estudió las cenizas de bagazo producidas en las calderas de una fábrica de alcohol brasileña. Calcinadas a temperaturas que varían entre 700–900°C, en dependencia del contenido de humedad del bagazo, después de ser molidas en un molino vibratorio presentan una buena actividad puzolánica y mejoran la resistencia a la compresión de los morteros. Nuntachai Chusilp et al. (2009) encontró que las cenizas de bagazo de caña de azúcar pueden reemplazar parcialmente el clínker Portland hasta un 30%, siendo la sustitución del 20% la proporción óptima para obtener un concreto con mayor resistencia a la compresión y una menor permeabilidad al agua que el concreto con 100% de cemento Portland. Sin embargo, en el Perú es muy escasa la investigación en torno a la utilización de cenizas de bagazo de caña de azúcar. Jiménez (2016) estudió la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² añadiéndole diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar como puzolana, obteniendo resistencias mayores a las del concreto convencional, evidenciándose que el rango más adecuado es entre 8% y 10%. Delgado y Mendoza (2018) analizaron el efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente con disoluciones de NaOH 10M sobre la tensión efectiva en suelos

susceptibles a licuación, encontrando que el suelo adquiere un comportamiento denso y rígido, de tal manera que reduce el riesgo de licuación. En todos estos casos se intenta aprovechar su capacidad puzolánica, pero requiere una molienda previa. El aprovechamiento de estas cenizas en subrasantes sin un tratamiento previo de molienda o similar permitiría reducir el impacto ambiental del residuo y ofrecería una alternativa ecológica. En Piura, el suelo predominante es areno-limoso, por lo que su falta de cohesión requiere incluir un agente aglomerante; en este caso se usó el cemento por ser el de más fácil acceso. El efecto de la ceniza se midió usando como parámetro de control los parámetros de compactación y el CBR.

2.1.2. Suelo

La tierra o suelo se define como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos. El tamaño máximo de las partículas que pueden clasificarse como suelo no es fijo, pero determina la función en que ellas están implicadas. Los suelos pueden ser mezclas bien definidas de unos cuantos minerales específicos o mezclas heterogéneas de cualquier cosa. (García T, 2019)

El suelo contiene una amplia variedad de materiales tales como la grava, la arena y las mezclas arcillosas depositadas por glaciares, las arenas aluviales y limos y arcillas de los depósitos aluviales de los ríos, las arcillas marinas blandas y las arenas de las playas de la costa, las rocas muy meteorizadas de los trópicos, y hasta las escorias, los bastidores de camas, las latas y las cenizas de los vertederos de las ciudades. (García T, 2019)

Se denomina suelo o tierra a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él. Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes: Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes,

musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico. Esta es la fase más significativa, con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos. Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato. Mezcla de todos estos elementos entre sí, y con agua y aire intersticiales. Inicialmente, se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada, fundamentalmente, por la acción geológica del agua y otros agentes geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación.

Se desarrolla así una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida. Las características locales de los sistemas implicados, litología y relieve, clima y biota y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo.

Los procesos de alteración mecánica y meteorización química de las rocas, determinan la formación de un manto de alteración o aluvión que cuando, por la acción de los mecanismos de transporte de laderas, es desplazado de su posición de origen, se denomina coluvión.

Sobre los materiales del coluvión puede desarrollarse lo que comúnmente se conoce como suelo; el suelo es el resultado de la dinámica física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión, originándose en su seno una diferenciación vertical en niveles horizontales. En estos procesos, los de carácter biológico y bioquímico llegan a adquirir una gran importancia, ya sea por la descomposición de los productos vegetales y su metabolismo, por los microorganismos y los animales zapadores.

2.1.3. Clasificación de suelos

Un sistema de clasificación de suelos proporciona un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada; consiste en categorizar y agrupar a los suelos junto con otros que posean características semejantes en cuanto a propiedades físicas, mecánicas e

hidráulicas similares. Según el tamaño de las partículas, podemos distinguir los siguientes tipos de suelos: (Zapata, 2018)

- Gravas - Arenas - Limos - Arcillas

2.1.4. Suelo arcilloso.

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

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

2.1.5. Propiedades de las arcillas

La gran superficie activa y la alta capacidad de intercambio de las arcillas son sus propiedades más relevantes desde el punto de vista edafológico. Estas propiedades vienen dadas por su pequeño tamaño, su carga eléctrica negativa y por su conductividad eléctrica.

Las arcillas confieren al suelo baja permeabilidad, alta capacidad de retención de agua y de almacenamiento de nutrientes. Esto hace que su fertilidad potencial sea alta. Por otra parte, confieren una pobre aireación y tienen una susceptibilidad de baja a media a la erosión. Las propiedades físico-químicas del suelo arcilloso dependen de la composición mineralógica del mismo, particularmente del tipo de arcilla predominante. Así, por

ejemplo, la alofana favorece la capacidad de intercambio catiónico, la porosidad, la retención de humedad y la estructura. Mientras que la caolinita tiene una baja capacidad de intercambio catiónico, baja retención de elementos y una estructuración regular.

2.1.6. Arcillas expansivas.

Las arcillas pueden presentar distintos grados de expansividad, dependiendo su respuesta a las variaciones de humedad a las que se vean sometidas. Al ganar humedad, presentan un incremento de volumen o hinchamiento según su grado de expansividad y al desecarse, justo lo contrario, el volumen disminuye produciéndose un agrietamiento del suelo. Hay que tener en cuenta que las variaciones de humedad del terreno se producen en los primeros metros. A esto se le llama profundidad activa. (Boixader, 2016)

2.1.7. Estabilizadores Comerciales

- Principalmente son productos químicos manufacturados, desarrollados en un principio para estabilizar la tierra empleada en la construcción de carreteras.
- Estos estabilizadores químicos trabajan esencialmente como impermeabilizantes. En general, no mejoran la resistencia a compresión del suelo.
- Las cantidades requeridas de estos estabilizadores varían entre 0.01 y 1% por peso, por ello para obtener una distribución uniforme se necesita un mezclado bastante completo.

2.1.8. Como Utilizar los Estabilizadores

Aunque ya se mencionó el uso de cada estabilizador, resumiremos algunas reglas generales:

- El beneficio completo de emplear un estabilizador se alcanza sólo si éste hace contacto con cada partícula del suelo, por ello, se necesita un mezclado bastante completo.

- Para encontrar la mejor combinación y las mejores proporciones de estabilizadores para un suelo determinado se necesita mucha preparación y muchos ensayos. Vale la pena gastar tiempo y esfuerzo, incluso si se toma uno o dos meses de preparación.
- La única manera de determinar la proporción correcta de estabilizador es hacer de 5 a 7 bloques de prueba por cada mezcla y someterlos a una serie de ensayos, tales como los ensayos de resistencia a compresión después de diferentes períodos de secado, ensayos de secado y humedecimiento prolongado, e inmersión en agua.
- Los bloques estabilizados con cal y cemento portland necesitan ser curados en húmedo por lo menos 7 días para que obtengan resistencia.
- Los programas de ensayos deben tomar en cuenta las condiciones climáticas locales, la posibilidad de heladas, y similares. La elección del estabilizador también diferirá entre las regiones áridas y húmedas.
- Debe recordarse que los bloques de prueba sólo necesitan una pequeña cantidad de suelo, la cual es fácil de mezclar. Durante la construcción real o la producción de bloques en serie, el mezclado de grandes cantidades de suelo es más difícil, de modo que debería añadirse una proporción ligeramente mayor de estabilizador (excepto en el caso del cemento).
- El propósito de estos ensayos siempre es encontrar la menor cantidad de estabilizador que satisfaga los requerimientos. Muy a menudo los requerimientos específicos son injustificablemente altos originando elevados costos innecesariamente.

2.1.9. Caña de azúcar

La caña de azúcar se siembra muchas regiones tropicales y subtropicales de todo el planeta por el azúcar que sujeta en los tallos, formados por cuantiosos nudos. Es un pasto grande emparentado con el sorgo y el maíz. La caña alcanza entre 3 y 6 m de altura y entre 2 y 5 cm de diámetro.

Es uno de los cultivos de importancia mundial tanto para la alimentación como para la industria. – FAO (por sus siglas en inglés), se estiman alrededor de 30 000000 de hectáreas plantadas en la tierra, y se predice un incremento en muchas zonas, debido a la ventaja que se menciona ya que contiene y accede a los molinos cambiar la elaboración de azúcar y la de etanol, también se puede adquirir derivados como electricidad del bagazo de la caña y bioplásticos, por lo cual existe 86 por ciento de cultivos de caña en el planeta pero los países pioneros en la producción son Brasil, India, China y Tailandia. (SANCHES, VAYAS, MAYORGA, & FREIRE, 2020)

2.1.10. Bagazo de la caña de azúcar

El bagazo es procedente de la materia seca vegetal fibroso de los tallos de caña, conseguido por moliendas de fábricas que tienen partículas chicas en promedio de doce a 20 milímetros mostrando también físicamente unidades celulósicas con fibras soluble e insolubles y químicamente 46.6% de celulosa, 25.2% de hemicelulosa y 20.7% de lignina. (CORNE, 2019)

La planta es también conocida como (CBCA) y ámbito de la construcción está teniendo mayor fuerza, ya que propone ser un subproducto industrial capaz de sustituir parcialmente al cemento y de esta manera se logrará disminuir los gases que son la consecuencia de los invernaderos (CO₂) son producidos por las industrias del cemento y además presentara otros aspectos importantes como son mejorar el ámbito tanto económico como medioambiental. (CÓRDOVA & SIMÓN, 2018)

2.1.11. Caracterización de la Ceniza del Bagazo de Caña

La CBC en la actualidad es poco utilizada, pues en algunos países como en Colombia, puede ser considerada como un desecho. En Brasil, se han venido desarrollando e implementando, diferentes usos para este material, pues el área sembrada según la agencia EFE (2016) supera los nueve millones de hectáreas, generando consigo una generación

considerable de residuos de la industria. En la Figura se puede observar el bagazo de la caña y la CBC obtenida después del proceso de incineración (Rojas M. , 2019).



Figura 1: *Ceniza de bagazo*

Fuente: (Rojas M. , 2019)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

2.1.12. Propiedades Físicas

Cordeiro (2009) en su estudio encontró los siguientes valores representativos para la CBC evaluada: densidad de 2,530 kg/m³ , superficie específica Blaine 196 m² /kg, diámetro promedio de partícula (D50) de 76.3 μ m y porcentaje pasa por el tamiz 45 μ m de 67.4%. Otros autores como Zareei et al. (2018) también caracterizaron dicho material encontrando los siguientes resultados: densidad 1,510 kg/m³ , superficie específica Blaine 260 m² /kg, módulo de finura 1.04 y absorción de 0.8% (Rojas M. , 2019).

2.1.13. Propiedades Químicas

De acuerdo con varios estudios, la ceniza se produce a una temperatura entre los 700 y 900°C. Según lo encontrado por Cordeiro (2009), se puede notar que el porcentaje de sílice en la muestra es del 78.3% y al compararse con las investigaciones realizadas recientemente por la Universidad Nacional de Colombia (2012), Ali et al. (2017) y Vidal et al. (2012), entre otros, se encuentra que estos datos oscilan entre 60% y 70%. A continuación, se presenta un cuadro comparativo de la composición química de la CBC realizada por diferentes autores.

Composición Química	Vidal et al. (2012)	Ali (2017)	Giraldo (2012)	Cordeiro (2009)
SiO ₂	67.05%	72.00%	60.07%	78.34%
Al ₂ O ₃	6.00%	4.98%	8.7%	8.55%
Fe ₂ O ₃	5.55%	2.96%	5.57%	3.61%
CaO	3.85%	6.50%	3.4%	2.15%
MgO	2.75%	1.98%	2.90%	1.65%
K ₂ O	3.85%	1.93%	4.5%	3.46%
Na ₂ O	1.05%	0.61%	1.17%	0.12%
So ₃	-	-	-	-
MnO	-	-	-	0.13%
P ₂ O ₅	-	-	-	1.07%
Pérdidas por ignición	7.35%	-	4.37%	0.42%
Tamaño de partícula (µm)	60.50	-	-	-

Figura 2: Composición química

Fuente: (Rojas M. , 2019)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Como se puede observar en la Tabla, la CBC posee un alto contenido de sílice, trascendental para que puede clasificarse como una adición puzolánica, por lo que tendrá un efecto positivo en las propiedades mecánicas y asociadas a la durabilidad del concreto. Cabe aclarar que existe una variación en la composición presentada entre los autores, esto puede ser debido a diferentes factores como el tipo de caña, la zona geográfica en la que se encuentre, las variaciones del clima, la existencia o no de un proceso de quema controlada, la temperatura de incineración, entre otras

2.1.14. Usos de la ceniza de bagazo de caña (CBC) en la Construcción

Diversas investigaciones se han desarrollado para viabilizar el uso de la CBC en actividades referentes a la construcción. Faria, Gurgel y Holanda (2012), sugieren que la ceniza de bagazo de caña puede ser utilizada en ladrillos de arcilla, pues concluyen en su trabajo que es un material rico en sílice, el cual se cristaliza y ayuda a reducir la plasticidad de la mezcla arcillosa, siempre y cuando se garantiza máximo un 10% de remplazo. Cabe indicar que según la revisión del estado del arte se determinó que el uso de la CBC tiene gran potencial cuando se aplica en materiales a base de cemento. Principalmente, como agregado y como reemplazo o adición al cemento (Rojas M. , 2019).

2.1.15. Como Agregado Fino

Algunos estudios fueron realizados para viabilizar el uso de la CBC como remplazo parcial del agregado fino. Sin embargo, como lo indica Giraldo (2012) debido a sus características químicas y sus altos contenidos de sílice y alúmina, tiene un uso muy amplio como remplazo parcial del cemento Portland. Modani y Vyawahare (2013) investigaron el posible uso de la CBC como remplazo del agregado fino, encontrando que con un porcentaje de remplazo de entre 10% y 20% la resistencia a los 28 días aumenta sin afectar la trabajabilidad, como se muestra en la Figura 4. Al mismo tiempo, analizan que este aumento puede ser debido a la reacción puzolánica. Por su parte concluyen que reemplazos superiores al 30% incrementan la porosidad el concreto.

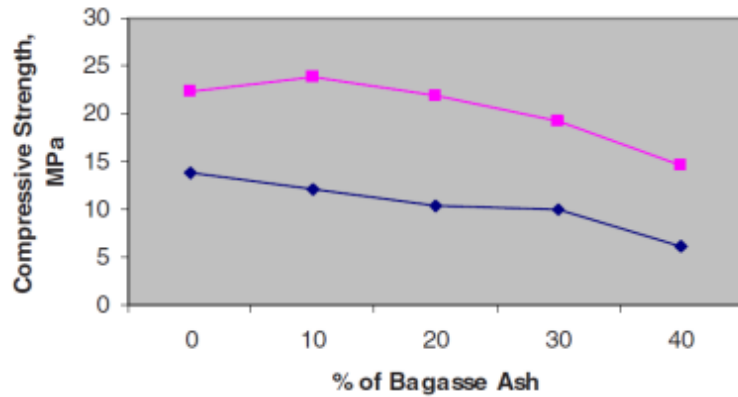


Figura 3: Resistencia a la compresión

Fuente: (Rojas M. , 2019)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Sales y Araujo (2010) evaluaron diferentes tipos de CBC como sustitución del agregado fino en concretos y morteros. Los resultados de este estudio indicaron que las muestras de ceniza presentaban propiedades físicas similares a las de la arena natural. Los morteros producidos con CBC en lugar de arena mostraron mejores resultados en las propiedades mecánicas que las muestras de referencia, como se puede observar en la Figura

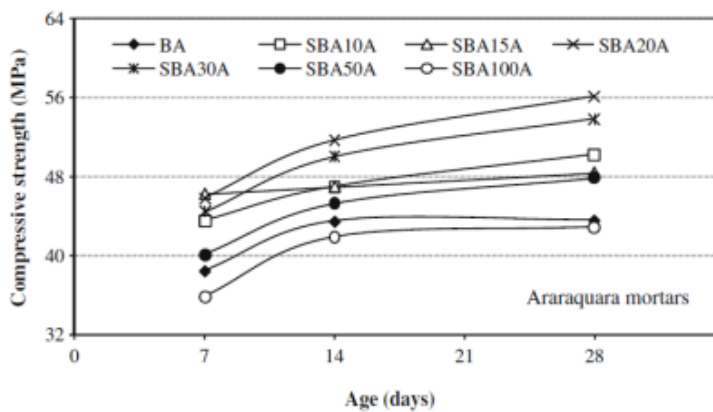


Figura 4: Resistencia a la compresión

Fuente: (Rojas M. , 2019)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Macedo et al. (2014) determinaron que el uso de la ceniza como remplazo parcial del agregado fino en morteros es positiva, pues aumenta la resistencia de estos. Concluyen que, debido al efecto físico de mayor empaquetamiento promovido por el tamaño de partículas, se disminuye el tamaño de los poros, evitando así el ingreso de agentes agresivos (Rojas M. , 2019).

2.1.16. Como reemplazo de Cemento

Debido a la alta presencia de sílice y el grado de reacción puzolánica que posee la ceniza de bagazo de caña cuando es finamente molida, su uso como adición puzolánica para el cemento Portland ha venido en aumento, siendo una adición mineral muy útil para zonas productoras como Brasil y Colombia. Varios autores han investigado el comportamiento de los concretos con esta clase de puzolana, tanto en estado fresco como en endurecido y además en varios ámbitos, no solo como concreto sino como mortero y adoquín para pavimento. Ali et al. (2017) encontraron que el uso de la CBC es viable pues mejora las propiedades físicas y mecánicas del material cementicio, debido a los posibles efectos que tiene por sus componentes químicos.

También determinaron que el porcentaje de remplazo ideal es del 5%. Además, concluyen que la utilización de este material no es solo una estrategia para la disminución de desperdicios, sino una opción viable para realizar concretos verdes y construcciones sostenibles. Los distintos estudios que se han realizado cuentan con múltiples variables como el tipo de cemento a utilizar, la relación agua/cemento, el porcentaje de remplazo del cemento, el tipo de agregado, entre otros.

Sin embargo, para evaluar la efectividad de la CBC como adición mineral del cemento Portland es fundamental analizar la actividad puzolánica, varios autores coinciden en que, a los 28 días, este parámetro debe estar por encima del mínimo que dictamina la ASTM C618 que es del 75%, estando entre los valores de 90% y 100%, como se presenta en la Figuras (Rojas M. , 2019).

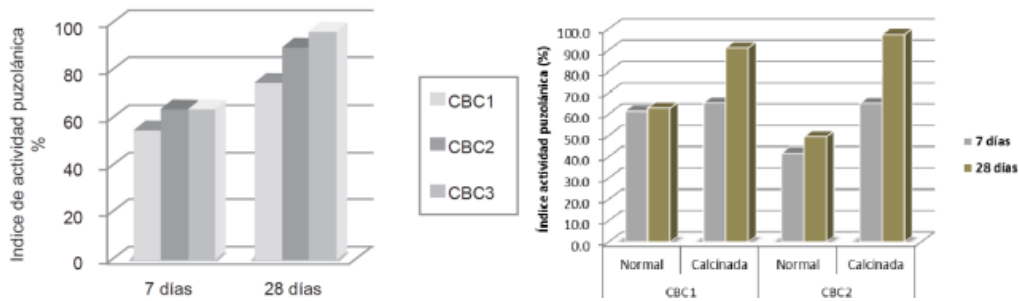


Figura 5: *Parámetro de la puzolana*

Fuente: (Rojas M. , 2019)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Vidal et al. (2012) investigaron la actividad puzolánica de este residuo encontrando que fue superior al 91%, pero al mismo tiempo sugiere que se debe hacer un estudio detallado de la cantidad necesaria para que el concreto se desempeñe de la mejor manera a largo plazo. Cordeiro (2009) analizó el comportamiento puzolánico de la CBC, uno de los resultados más importantes de su investigación, es que la reacción puzolánica aumenta a medida que el tamaño de partícula disminuye. Mansaneira et al. (2017) evaluaron dos tipos de CBC como reemplazo de cemento, una natural o cruda, y otra producida en laboratorio (calcinada a una temperatura de 600oC durante 6 horas). Encontraron que la ceniza calcinada posee mayor fase amorfa y, por lo tanto, mayor reactividad.

Concluyen que independiente del tipo de ceniza, tiene que efectuarse previamente un proceso de molienda para promover la reacción puzolánica. Rajasekar et al. (2018), Evaluaron el uso de la CBC en la producción de concretos de ultraalto desempeño (UHPC) y determinaron que para una óptima reacción puzolánica se debe hacer un curado térmico con vapor, además de que al adicionar la ceniza se aumenta la velocidad de las reacciones de hidratación, por lo tanto, se alcanza una resistencia a la compresión mayor en menor tiempo. Caicedo (2016) en su trabajo, sugiere que la utilización de la CBC como adición mineral en concretos disminuye los costos de producción, lo que implicaría así un nuevo modelo económico para las distintas industrias. En el estudio realizado, se encontraron altos porcentajes de actividad puzolánica para las distintas muestras (Rojas M. , 2019).

2.1.17. Efecto en las propiedades en Estado Fresco

Según Cordeiro (2009) uno de los principales efectos de la CBC es que mejora la reología del concreto en estado fresco. Ali et al. (2017) estudiaron el efecto del reemplazo de CBC en el concreto, en la Figura 7 se presentan los resultados en estado fresco en función del contenido de ceniza (0%, 5% y 10%) con dos dosificaciones distintas

Sr.No.	Mix Proportion	OPC % Replacement with SCBA	Average slump value (mm)	Increase
1		0%	27.89	-
2	M20 (1:1 ½:3)	5%	42.50	34%
3		10%	51.12	45%
4		0%	31.94	-
5	M15 (1:2:4)	5%	37.48	15%
6		10%	44.64	28%

Figura 6: Resultado de los ensayos

Fuente: (Rojas M. , 2019)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Como se muestra en la figura, las propiedades en estado fresco se ven modificadas a medida que se adiciona la CBC, pues se ve un aumento en su trabajabilidad, lo que quiere decir que, tan solo al hacer el reemplazo ya se esta mejorando esta propiedad que es importante para la colocación correcta del concreto en obra. Bahurudeen et al. (2014) estudiaron la compatibilidad de aditivos superplastificantes con cementos con reemplazo de CBC por medio de ensayos como el cono march y el minislump.

Concluyen que la dosis de saturación del superplastificante se incrementó con el aumento del reemplazo de ceniza. Así mismo, el superplastificante a base de éter policarboxílico es más compatible con el cemento mezclado que el de base de naftaleno sulfonado.

2.1.18. Efecto en las Propiedades Mecánicas del Concreto.

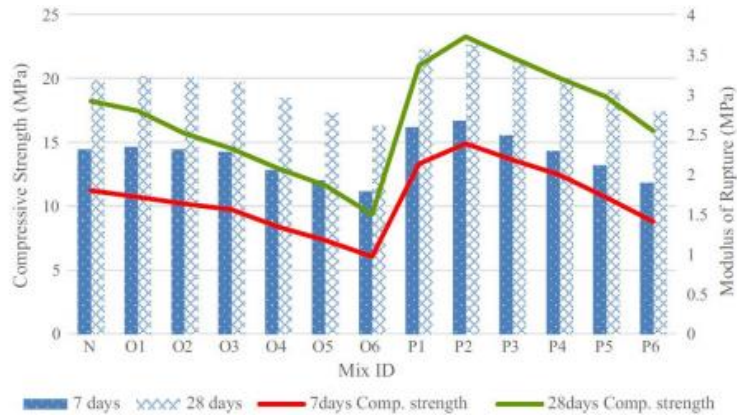


Figura 7: *Modulo de rotura a la compresión*

Fuente: (Rojas M. , 2019)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Otra aplicación de la CBC es en concretos de alta resistencia, los investigadores Rukzon y Chindaprasirt (2012) evaluaron reemplazos de hasta el 30%. Concluyen que el contenido óptimo, que produjo el mayor incremento de la resistencia a la compresión, fue el 10%. Por último, también Rajasekar et al. (2018) estudiaron el uso de la CBC como adición puzolánica en concretos de ultra-desempeño (UHPC). Determinaron que es posible fabricar concretos hasta de 310 MPa de resistencia a la compresión con un reemplazo de 15% de ceniza, valor superior a la mezcla de referencia sin CBC (Rojas M. , 2019).

2.1.19. Efecto en la Durabilidad del Concreto

La durabilidad del concreto es una propiedad que está íntimamente asociada con el ingreso de agentes agresivos y, por lo tanto, con la porosidad y la permeabilidad del material. De acuerdo con Cordeiro (2009), el uso de la CBC incrementa la resistencia a la penetración de iones de cloruro. Valencia et al. (2012) estudiaron la corrosión en morteros armados con CBC. Concluyen que hubo un mejor desempeño cuando se usó la ceniza y

que depende tanto de su composición, como de su morfología y tamaño de partícula. Rerkpiboon et al. (2015) evaluaron las propiedades asociadas a durabilidad en concretos con reemplazos hasta del 50% de CBC. Los autores encontraron que la incorporación de la ceniza causó una disminución en la profundidad de penetración de iones cloruro en el concreto. Lo anterior, demuestra el efecto positivo en la durabilidad del uso de la CBC en el concreto (Rojas M. , 2019).

2.1.20. Uso de la CBC para la construcción en Colombia

Hasta el momento en Colombia, el uso de la CBC como adición parcial del cemento Portland posee pocas investigaciones, las más reconocidas se han realizado en el departamento del Valle del Cauca debido a que es la región en donde más se produce el azúcar a base de caña. El uso de la CBC como adición del cemento Portland para la fabricación de adoquines para pavimentos fue estudiado por Caicedo (2016).

Esta investigación se encontró que el uso de este material ayuda a que la resistencia del concreto aumente superando incluso las resistencias de un concreto tradicional. Adicionalmente, se detalla en el proyecto el análisis de precios unitarios (APU) para la fabricación de estos y su viabilidad.

Este estudio se realizó para la construcción de una de las estaciones del sistema integrado de transporte masivo MIO y en conclusión es una metodología constructiva, ecológica y viable para una región productora. Otra investigación fue realizada por Giraldo et al. (2012), sobre la ceniza como adición mineral para el cemento Portland con el objetivo de fabricar elementos de construcción. En este trabajo se realizó la caracterización química y física, demostrando la reacción puzolánica a los 28 días, lo cual apoya las investigaciones de otros autores en el tema.

La utilización de la ceniza de bagazo de caña en morteros ha sido un tema de estudio para profesionales de las universidades de la región. Caicedo y Henao (2015), encontraron en su investigación, que los morteros con adiciones de ceniza de bagazo de caña aumentan su resistencia a los 56 días entre 2.5% y 5.0%, además la resistencia a flexión aumenta significativamente en aproximadamente 40%. Por su parte, concluyen que las

disminuciones en emisiones de CO₂ disminuyen sustancialmente si se empieza a utilizar este tipo de desechos industriales (Rojas M. , 2019).

La producción de caña de azúcar en Colombia va en aumento, generando mayor cantidad de desperdicios de industria; países como Brasil, han empezado a implementar el uso de la ceniza de bagazo de caña en el cemento, encontrando en ello una solución a la disposición final de estos residuos. Según la caracterización química de la CBC, esta posee un alto contenido de sílice, en promedio 70%. Otro parámetro importante es el tamaño de partícula, por lo que se hace necesario un proceso previo de molienda.

Lo anterior, hacen que este material tenga una elevada actividad puzolánica a los 28 días (cercana al 100%), lo que viabiliza su uso en la construcción como adición mineral para el cemento Portland, ya sea en concretos de resistencia normal o de mayores prestaciones. Las propiedades en estado fresco de los concretos con adición de CBC, se ven mejoradas por esta incorporación, aumentando la fluidez del concreto, haciéndolo más trabajable.

Se comprobó una mejora en las propiedades en estado endurecido del material cementicio, tanto mecánicas como de durabilidad, debido a la disminución de la porosidad promovida por la reacción puzolánica, aumentando la resistencia a distintos tipos de esfuerzos y el desempeño al ataque de agentes agresivos. En Colombia, la investigación sobre este tipo de adiciones puzolánicas es deficiente.

Debido a la importancia de este material para la industria azucarera, es primordial que se generen proyectos de investigación que busquen viabilizar el uso seguro y confiable de este subproducto. La posible utilización de la CBC como material de construcción significaría un impacto económico positivo para regiones productoras como el Valle del Cauca.

El uso de materiales cementantes alternativos conlleva una disminución del impacto ambiental, principalmente, porque se reduciría la extracción de recursos naturales no renovables y la emisión de gases efecto invernadero, así como se aprovecharía un desecho industrial reincorporándolo al ciclo y evitando su disposición final en rellenos sanitarios y la contaminación del suelo o del recurso hídrico (Rojas M. , 2019).

Para la construcción teórica de la variable Hormigón asfáltico reciclado, utilizamos el documento de sitio web “Que es una recicladora de asfalto”, publicado en octubre del año 2017 por el autor Víctor Yépez Piqueras y “Asfalto reciclado” publicado por Jesus Pablo Alonso García publicado en octubre del 2017.

2.1.21. Asfalto reciclado

2.1.21.1. Definición medioambiental de los contaminantes

En medioambiente se define contaminante a toda aquella sustancia que no puede ser asimilada por el sistema. Un contaminante es cualquier clase de materia ya sea artificial o natural que no hay manera de integrarla dentro del ciclo ecológico y biológico natural. Existen varias clases de contaminantes en forma de gas, líquido o en estado sólido que destacan por influir negativamente en el entorno (Alonso, 2017).

En la naturaleza existen contaminantes naturales como por ejemplo en las zonas volcánicas en donde se expulsan al entorno gases nocivos o en otros casos emanaciones de aguas contaminantes. Esto último ocurre en los fondos oceánicos en que dichos volcanes expulsan soluciones metálicas sobresaturadas con concentraciones letales para la vida. Tanto esos gases como esos líquidos tienen efectos devastadores sobre la vida cuando contaminan aguas subterráneas o tierras con vegetales y cultivos.

En el caso de los contaminantes artificiales y por tanto producidos por actividades humanas, destacan sobre todo los vertidos de petróleo en el mar sobre todo. En sí estos dos ejemplos mencionados no son ni malos ni buenos en sí, simplemente ocurre que en esas concentraciones y cantidades, no pueden ser asimilados por el entorno ya que estas sustancias no están donde deberían (Alonso, 2017).



Figura 8: *Material reciclado*

Fuente: (Alonso, 2017)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

2.1.21.2. En qué consiste el reciclaje.

En medioambiente todo se puede reciclar. Todas esas acumulaciones de metales nocivos para el medio, que se mencionaban en el ejemplo del volcán por emisiones muy concentradas de metales o el caso del vertido de petróleo, se deben tratar mediante unos pasos y protocolos (Alonso, 2017).

Por un lado se agrupan en un lugar para su contención. En este lugar son confinados en depósitos para su aprovechamiento. Todas las sustancias tienen alguna utilidad. Así en primer lugar se procesan y se separan, y en segundo lugar se destinan a un uso productivo dentro del sistema técnico e industrial que existe en la actualidad.

Nueva vida y usos que tiene el asfalto tras su proceso de reciclaje. El asfalto reciclado es eso mismo, secciones de asfalto que están envejecidas y cuya vida útil ha terminado. Mediante el proceso de reciclaje, este material pasa a tener un nuevo uso empleando sus mismos componentes. Así este asfalto proviene de carreteras que son sustituidas por

nuevos trazados de autopista, o bien de determinados tramos que han sido modificados o que proceden del fresado de superficies dañadas que necesitan una renovación



Figura 9: *Reciclado de material en planta*

Fuente: (Alonso, 2017)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Desde un punto de vista mecánico, el asfalto que se debe retirar en calles por obras, o modificación de trazados, se hace mediante maquinaria especial. En unos casos se perfora con martillos neumáticos y en otro con percutores excavadores. Para retirar los restos se emplean excavadoras que sitúan estos restos dentro de los remolques de los camiones para su posterior transporte hasta una planta de reciclado (Alonso, 2017).

Para realizar una limpieza y renovación del firme es necesario emplear máquinas fresadoras. El fresado consiste en cortar materiales mediante la acción mecánica de herramientas giratorias que incorporan dientes y muelas de gran dureza para arrancar dicho material. En el campo técnico existen muchísimas técnicas y máquinas especiales para aplicar distintas técnicas de fresado.

Estas máquinas fresadoras van desbastando el suelo arrancándole pedazos de distinta granulometría según se precise para las tareas de posterior reciclado.

Por un lado se pueden acumular en remolques para un uso posterior allí mismo, o bien en una planta de tratamiento. Hay muchas combinaciones para el uso de estas máquinas. De este modo se puede realizar una tarea muy sencilla y localizada o bien plantear un auténtico sistema de trenes mecanizados uno detrás de otro para realizar de una sola vez trabajos de asfaltado gigantescos (Alonso, 2017)

2.1.21.3. Recicladora de asfalto

El reciclado del asfalto no es algo nuevo. El pavimento de una carretera está sujeto a un envejecimiento progresivo debido a la acción del tráfico, la meteorología y del propio material. Sin embargo, volver a calentar el asfalto para regenerarlo producía un material seco y grumoso que conservaba poco de los aceites del hormigón asfáltico original (Yepez, 2017).

A menudo, el asfalto se volvía a calentar de forma estática, sin agitarlo ni mezclarlo durante el proceso. Esto daba como resultado temperaturas desiguales que producían resultados dispares; una parte estaba muy caliente, otra parte estaba demasiado fría y otra a la temperatura justa. Hoy día, donde los costos del petróleo crecen y los presupuestos son escasos, la recicladora de asfalto es una forma económica de mantener las superficies asfaltadas sin dañar el medioambiente, reciclando los productos de hidrocarburos en lugar de desecharlos y utilizar material nuevo en reemplazo. El reciclaje de asfalto tiene numerosas ventajas. Una de ellas es que permite utilizar el 100% del pavimento dañado, lo que disminuye los costos de mantenimiento vial en más de 40% (Yepez, 2017)

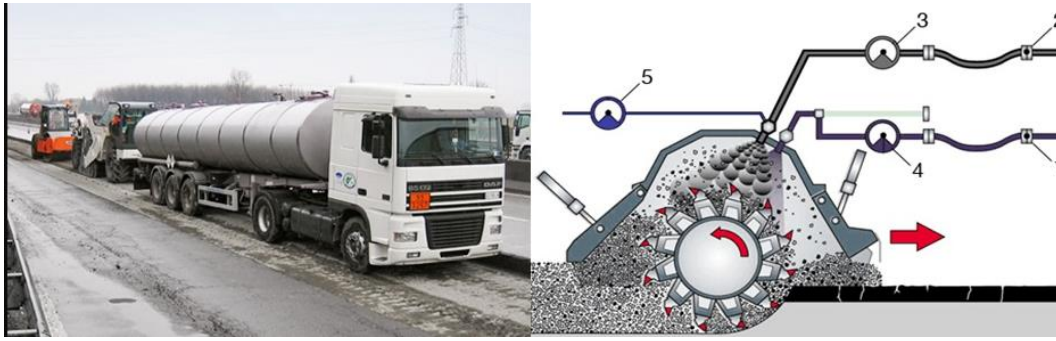


Figura 10: *Fresadora de pavimento asfáltico*

Fuente: (Yepez, 2017)

Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Para reciclar el asfalto, se pueden usar diversas técnicas. Todas ellas se basan en la reutilización de los materiales del firme defectuoso, a los que se pueden añadir otros materiales. Los tipos habituales, sin considerar el reciclado en planta, son los siguientes:

Reciclado “in situ” en caliente: Se reutilizan todos los materiales del firme mediante una aportación de calor que se realiza en la misma obra. El firme se calienta con unos quemadores y se fresa en un grosor determinado. A este material se añaden agentes rejuvenecedores. La nueva mezcla se extiende y compacta mediante medios convencionales (Yepez, 2017).

Reciclado templado “in situ”: En este caso la temperatura de fabricación se menor a la anterior, lo cual presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental. Se utilizan para ello emulsiones bituminosas.

Reciclado “in situ” en frío con cemento: Se fresa en frío un cierto espesor del firme y se mezcla con un conglomerante hidráulico (normalmente cemento). La mezcla se extiende y compacta.

Reciclado “in situ” en frío con emulsiones bituminosas (RFSE): Tras el fresado, se mezcla el material envejecido con emulsiones y otros aditivos. Se extiende, compacta y cura la capa (Yepez, 2017).

2.1.21.4. Pasas para la rehabilitación de un pavimento

Analizar los daños y anomalías producidas sobre el pavimento (Alonso, 2017).

. Limpieza general de todas las superficies antes de iniciar el proceso.

. Diseñar el espesor y mezcla asfáltica reciclada.

. Uso de la maquinaria adecuada para iniciar el fresado.

. Uso de la recicladora asfáltica en dicho pavimento, si se dispone de ella, si no, se emplearía el asfalto reciclado en planta con las máquinas convencionales.

Mediante las recicladoras de asfalto el reciclaje ahora es del 100%. Actualmente es posible lograr una mezcla asfáltica adecuada muy superior en prestaciones a los sistemas de reciclaje anteriores en donde se producían numerosos grumos y los materiales quedaban demasiado secos, no homogéneos y desprovistos de la mayoría de sus compuestos más valiosos. Ahora con estas máquinas eso ya no ocurre (Alonso, 2017).

Estas máquinas emplean distintas técnicas para la reutilización en donde se reciclan los mismos materiales que se extraen a la vez que es posible mezclarlos con otros materiales (Alonso, 2017).

2.1.21.5. Tipos de reciclaje

Las tecnologías de reciclado de estos pavimentos pueden ser, en función del lugar donde se lleva a cabo la mezcla, reciclado «in situ» o reciclado «en planta. También en función de la temperatura de elaboración y colocación de la mezcla podrá ser reciclado en frío o reciclado en caliente. Y por último en función del ligante que se añade, si es con cemento o betún asfáltico, con emulsiones asfálticas o bien con aglomerante hidráulico (Alonso, 2017).

Por lo general las tecnologías mencionadas anteriormente se suelen combinar:

- En la técnica de reciclado «in situ» en caliente se reutilizan todos los materiales del pavimento por el calor que se genera allí con la máquina mediante quemadores que calientan el firme. En este proceso son añadidos elementos para reforzar y renovar dicho firme de modo que la mezcla producida primero se extiende y después se compacta.
- En la técnica del reciclado templado «in situ», la temperatura es mucho menor y es necesario usar emulsiones bituminosas.
- Con la técnica del reciclado «in situ» en frío con cemento, se fresa en frío un espesor concreto del pavimento mezclándolo con un conglomerante hidráulico que suele ser cemento.

Esta técnica de reciclado es la que más popularidad ha ido adquiriendo por todo el mundo sobre todo para el refuerzo estructural de los firmes ya agotados. Se debe sobre todo a los grandes avances en las máquinas recicladoras, los distribuidores de conglomerante y los equipos de compactación, el comportamiento de muchos firmes reciclados con esta técnica, el cada vez mayor conocimiento sobre propiedades de

materiales reciclados con cemento, y los cada vez menores costes comparados con los otros tipos de rehabilitación.

Concretamente esta técnica de reciclado con cemento se emplea en cada vez más en países como Estados Unidos, Francia, España, y Australia (Alonso, 2017).

Además de sus usos en vías y autopistas se usa cada vez más en aeropuertos. En un principio estos pavimentos reciclados dieron buenos resultados con el tráfico rodado general, aunque siempre fue menos aconsejable para vías de vehículos de gran tonelaje, cosa que está cambiando con el mayor conocimiento y mejora de esta técnica.

Por último se emplea también la técnica del reciclado «in situ» en frío con emulsiones bituminosas (RFSE). Igual que en los casos anteriores, después del fresado, se mezcla el material más viejo con agentes químicos, y emulsiones. Finalmente, se distribuye por la superficie para su compactación posterior.

2.1.21.6. Proceso de repavimentación.

Al pavimentar una vía de nuevo, tras ese proceso de fresado y reciclaje se echa esa capa nueva reciclada sobre la base de pavimento fresada. A continuación sobre esa base se echa encima otra mezcla de asfalto nuevo. Su objetivo es subsanar deficiencias en la superficie de tipo grietas e irregularidades. Ambas capas quedan compactadas a la vez de manera que la capa reciclada proporciona una base firme y estructural, y la segunda capa presentará unas características superiores en adherencia y firmeza (Alonso, 2017).

2.1.22. California Bearing Ratio (CBR)

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” o 0.2” de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un

suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. (Fernandez M, 2017)

2.2. MARCO LEGAL

Normativa nacional

2.4.1.1. Constitución de la república del Ecuador (**Ecuador, Constitución Del Ecuador, 2008**), en los siguientes artículos nos habla del derecho que tienen todas las personas.

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

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

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

Reglamento general a la ley orgánica de educación superior.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Que el resultado final de esta unidad curricular es:

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

Que en ambas modalidades el estudiante deberá demostrar el manejo integral de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional, así como las destrezas

alcanzadas al término de la misma, sin que le sea permitido realizar otra unidad curricular distinta a las señaladas en la Ley (universidad laica vicente rocafuerte, 2019)

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

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

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida

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

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

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

En la presente investigación y trabajos a realizar, regirá la normativa establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de acuerdo MOP - 001-F 2002 ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES: Capítulo 400 (Estructura del pavimento): Sección 404 (Bases), en la que se establecen lineamientos

de uso, procedimientos y materiales, acorde a las consideraciones de diseño según lo remarcado para el presente estudio.

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

MTOP en sus capítulos.

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

2.2.1. Normas de los ensayos a estudiar

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

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

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

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

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

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

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

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

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

En esta investigación el enfoque es cuantitativo, dado que se realizará una amplia recolección, toma de información, datos (ensayos respectivos para el análisis de la estabilización de suelos expansivos y magnitudes numéricas entre las cuales podemos determinar el C.B.R. para determinar el porcentaje de hinchamiento que tendrá la muestra y este dentro de los parámetros determinados en las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas. 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, sin relajar la observancia de las mismas, siguiendo un rígido proceso en la toma de muestras.

3.2. Alcance de la investigación

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

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

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

El tema a investigar será de carácter Exploratorio y Descriptivo, exploratorio porque son materiales innovadores como es el hormigón asfáltico reciclado y la ceniza de bagazo de la caña de azúcar, y este estudio dejara la posibilidad de seguir estudiándolo a futura otras alternativas y descriptivo porque nos permite recolectar datos de los ensayos realizados utilizando los materiales propuestos en este estudio para estabilizar suelos expansivos.

3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos

3.3.1. Técnica.

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

Las técnicas que se utilizan en esta investigación son los ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. que este dentro de lo requerido. Una vez definida las proporciones adecuadas que permitan disminuir la expansión se realizará el análisis donde se tiene la siguiente etapa en la cual se obtendrán los datos necesarios, criterios o variables del muestreo.

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

3.3.2. Instrumento

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

Los instrumentos usados en el proyecto fueron:

- Prensa hidráulica
- Formatos realizados por Autores del Proyecto.
- Fichas de resultados.
- Equipos usados en el laboratorio RUFILIN

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

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

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

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

Para el tema investigativo la población será la realización de los ensayos de clasificación en diversos porcentajes utilizando asfalto reciclado y ceniza de bagazo de la caña de azúcar mezclada con la arcilla expansiva hasta que los ensayos de clasificación cumpla con las normas para ser utilizado como material de mejoramiento y a esta mezcla se le ara los ensayos de proctor y C.B.R. para verificar su expansión.

3.4.2. Muestra

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

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

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

En la investigación descriptiva se emplean muestras grandes y algunas veces se recomienda seleccionar de un 10 a un 20 por ciento de la población accesible.

Debido al alcance de la investigación, la muestra está plenamente delimitada. El conjunto de población de estudio responde a dos grupos de tres características:

3.5. Presentación y análisis de resultados

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

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

Ensayo proctor

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie ³ (2.700 kN/m ³))										
ASTM D 1557										
PROYECTO:	"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"					CALICATA:	1			
UBICACIÓN:						MUESTRA:	1			
FECHA TOMA:	14-Dic-21					PROFUND (m):	0,00 - 1,30			
						FECHA ENSAYO:	15-Dic-21			
1. Norma y ensayo:	Procedimiento A					2. Datos del molde:				
Golpe/capa:	25					Diámetro:	10.16 cm.			
No. De capas:	5					Volumen:	932 cm ³			
Material pasa el tamiz:	# 4					Peso:	3,080 gr			
Peso del martillo:	4.5 kg.					3. Descripción/SUCS:	Arcilla limosa negra			
Altura de caída:	45.7 cm.						CH			
4. Datos para la curva:										
Punto No.	1	2	3	4	5					
Peso suelo+molde	4,479	4,624	4,674	4,643						
Peso suelo	1,399	1,544	1,594	1,563						
Densidad húmeda	1,501	1,656	1,710	1,676						
5. Contenidos de agua:										
P. Suelo hum+cap	99.94	99.94	96.63	96.63	92.22	92.22	98.34	98.34		
P. Suelo seco+cap	87.81	87.81	83.51	83.51	78.35	78.35	82.56	82.56		
P. Cápsula	17.44	17.44	17.33	17.33	17.14	17.14	17.83	17.83		
w (%)	17.24	17.24	19.82	19.82	22.66	22.66	24.38	24.38		
w Promedio (%)	17.24		19.82		22.66		24.38			
Peso Unit. Seco	1,280		1,382		1,394		1,348			
6. Resultados:						Peso unitario seco =	1,402 kg/m ³			
						Contenido de agua óptimo =	21.5 %			
Curva de Compactación										
Emite:						Aprueba:				
	Laboratorista						Ing. Gonzalo Velasco Cerezo			

Figura 12: Ensayo Proctor
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

Ensayo C.B.R.

PROYECTO :		"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"							
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:									
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA		4.54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 17,32%				
HUMEDAD OPTIMA:		21.50%	Densidad Máxima Seca	1402 Kgr/m ³	Calicata Nº:	1	Muestra No.: 1		
LL= 91	LP= 38	IP= 53		Profundidad:			0,99 - 1,30		
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO									
Molde No.	5			V		L			
No. De Capas	5			5		5			
No. De Golpes por Capas	56			25		12			
ESTADO DE LA MUESTRA	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR			
Peso muestra humeda + molde (gr)	10997	11401	11654	11992	10416	10702			
Peso del molde (gr)	7026		7834		6945				
Peso de muestra humeda (gr)	3971	4375	3820	4158	3471	3757			
Volumen muestra (cm ³)	2362.19	2516.61	2374.57	2524.15	2332.81	2480.34			
Peso unitario humedo (gr/cm ³)	1.681	1.738	1.609	1.647	1.488	1.515			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL			
Recipiente No.	F	G	C	A	V	R			
Peso muestra humeda + tarro (gs)	83.46	84.54	76.56	74.65	77.45	85.02			
Peso de la muestra seca + tarro (gs)	71.87	69.59	66.07	61.92	66.95	70.07			
Peso del agua (gs)	11.59	14.95	10.49	12.73	10.50	14.95			
Peso del tarro (gs)	17.08	17.40	16.83	17.34	17.60	17.09			
Peso de la muestra seca (gs)	54.79	52.19	49.24	44.58	49.35	52.98			
Contenido de humedad promedio (%)	21.15%	28.65%	21.30%	28.56%	21.28%	28.22%			
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1387.55	1351.35	1326.18	1281.38	1226.87	1181.36			
Porcentaje de Compactación:	98.97%	96.39%	94.59%	91.40%	87.51%	84.26%			
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)									
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. 5 ESPONJAMIENTO		MOLDE No. V ESPONJAMIENTO		MOLDE No. L ESPONJAMIENTO		
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador	%	Lectura del Indicador (pulg)	%	
16/12/2021	09H00	0	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	
	10H00	1		0.0%		0.0%		0.0%	
	11H00	2		0.0%		0.0%		0.0%	
	13H00	4		0.0%		0.0%		0.0%	
	17H00	8		0.0%		0.0%		0.0%	
17/12/2021	09H00	24		0.0%		0.0%		0.0%	
	21H00	36		0.0%		0.0%		0.0%	
18/12/2021	09H00	48		0.0%		0.0%		0.0%	
19/12/2021	09H00	72		0.0%		0.0%		0.0%	
20/12/2021	09H00	96	0.2996	6.5%	0.2887	6.3%	0.2898	6.3%	
Emite:			Aprueba:						
Laboratorista			Ing. Gonzalo Velasco Cerezo						

Figura 13: Ensayo C.B.R.
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

C.B.R. PENETRACION

PROYECTO : "Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"

FECHA: 20/12/2021

Localización: _____ **Calicata:** 1 **Muestra:** 1

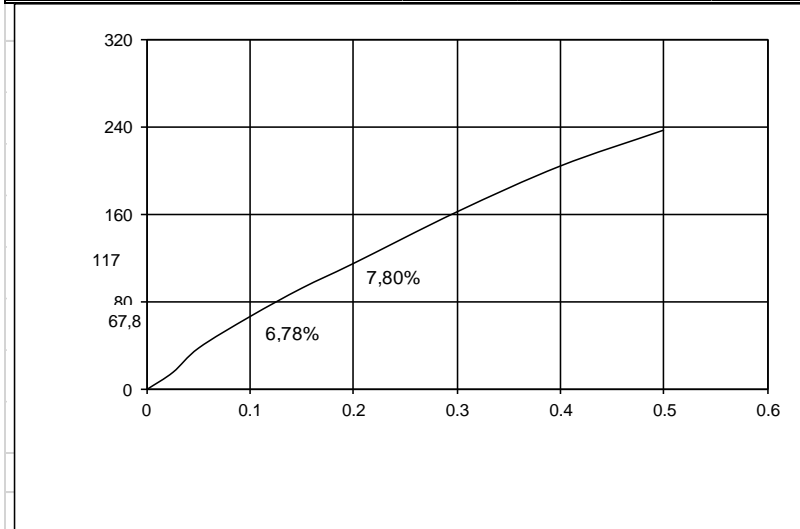
MOLDE No : 5 **Peso del Molde:** 7.03 Kg. **Volumen del Molde (V):** 2362,19 cm³

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")	46.57			21.17		
1.27 mm.	(0.05")	113.37			51.53		
2.54 mm.	(0.10")	199.98			90.90		
3.81 mm.	(0.15")	277.54			126.15		
5.08 mm.	(0.20")	345.21			156.91		
7.62 mm.	(0.30")	486.37			221.08		
10.16 mm.	(0.40")	611.90			278.13		
12.70 mm.	(0.50")	710.19			322.81		

		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	15.52			1.09		
1.27 mm.	(0.05")	37.79			2.66		
2.54 mm.	(0.10")	66.66			4.69		
3.81 mm.	(0.15")	92.51			6.50		
5.08 mm.	(0.20")	115.07			8.09		
7.62 mm.	(0.30")	162.12			11.40		
10.16 mm.	(0.40")	203.97			14.34		
12.70 mm.	(0.50")	236.73			16.64		



C.B.R.: 7.80 %

HINCHAMIENTO: 6.54 %

PARA: 2.54 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

Calculado por:

Verificado por:

Figura 14: Ensayo C.B.R.
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

C.B.R. PENETRACION						
PROYECTO : "Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"						
FECHA: 20/12/2021						
Localización: _____		Calicata: 1		Muestra: 1		
MOLDE No :	V	Peso del Molde:	7.85 Kg.	Volumen del Molde (V):	2374,57 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
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.	
0.635 mm.	(0.025")	33.38			15.17	
1.27 mm.	(0.05")	72.96			33.16	
2.54 mm.	(0.10")	134.81			61.28	
3.81 mm.	(0.15")	208.23			94.65	
5.08 mm.	(0.20")	270.11			122.78	
7.62 mm.	(0.30")	344.39			156.54	
10.16 mm.	(0.40")	399.69			181.68	
12.70 mm.	(0.50")	451.70			205.32	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg²			CARGA UNITARIA EN kg/cm²	
0.635 mm.	(0.025")	11.13			0.78	
1.27 mm.	(0.05")	24.32			1.71	
2.54 mm.	(0.10")	44.94			3.16	
3.81 mm.	(0.15")	69.41			4.88	
5.08 mm.	(0.20")	90.04			6.33	
7.62 mm.	(0.30")	114.80			8.07	
10.16 mm.	(0.40")	133.23			9.36	
12.70 mm.	(0.50")	150.57			10.58	

	C.B.R.: 6.27 % HINCHAMIENTO: 6.30 % PARA: 5.08 mm. De penetración Observaciones: _____ Operador: _____ Calculado por: _____ Verificado por: _____
--	--

Figura 15: Ensayo C.B.R.
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

**C.B.R.
PENETRACION**

PROYECTO : "Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"

FECHA: 20/12/2021

Localización: _____ **Calicata:** 1 **Muestra:** 1

MOLDE No : L **Peso del Molde:** 6.95 Kg. **Volumen del Molde (V):** 2332,81 cm³

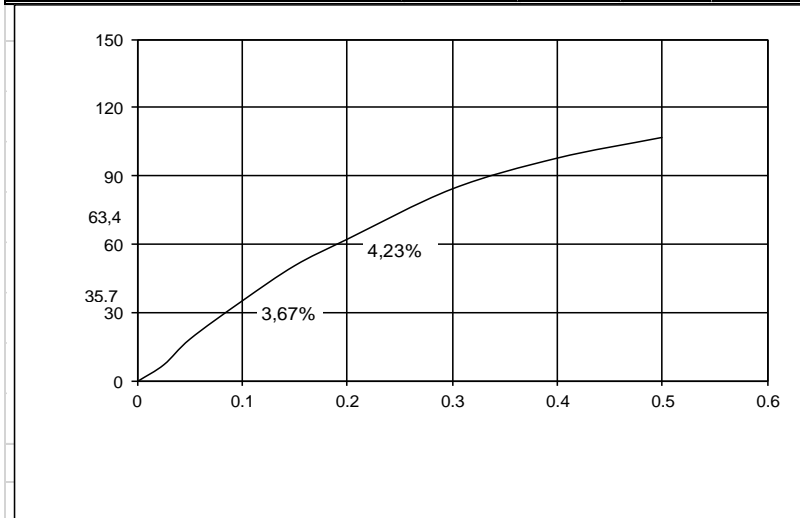
No Golpes por Capa: 12 **No. Capas :** 5 **Peso del Martillo:** 4.54 Kg. **Altura de caída:** 45.7 cm

NUMERO DE ENSAYO

	1	2	3	1	2	3
--	---	---	---	---	---	---

		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	21.84			9.93		
1.27 mm.	(0.05")	55.64			25.29		
2.54 mm.	(0.10")	105.95			48.16		
3.81 mm.	(0.15")	152.14			69.15		
5.08 mm.	(0.20")	186.78			84.90		
7.62 mm.	(0.30")	252.78			114.90		
10.16 mm.	(0.40")	293.22			133.28		
12.70 mm.	(0.50")	320.45			145.66		

		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	7.28			0.51		
1.27 mm.	(0.05")	18.55			1.30		
2.54 mm.	(0.10")	35.32			2.48		
3.81 mm.	(0.15")	50.71			3.56		
5.08 mm.	(0.20")	62.26			4.38		
7.62 mm.	(0.30")	84.26			5.92		
10.16 mm.	(0.40")	97.74			6.87		
12.70 mm.	(0.50")	106.82			7.51		



C.B.R.: 4.23 %

HINCHAMIENTO: 6.32 %

PARA: 5.08 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

Calculado por:

Verificado por:

Figura 16: Ensayo C.B.R.
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

PROYECTO : “Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos”

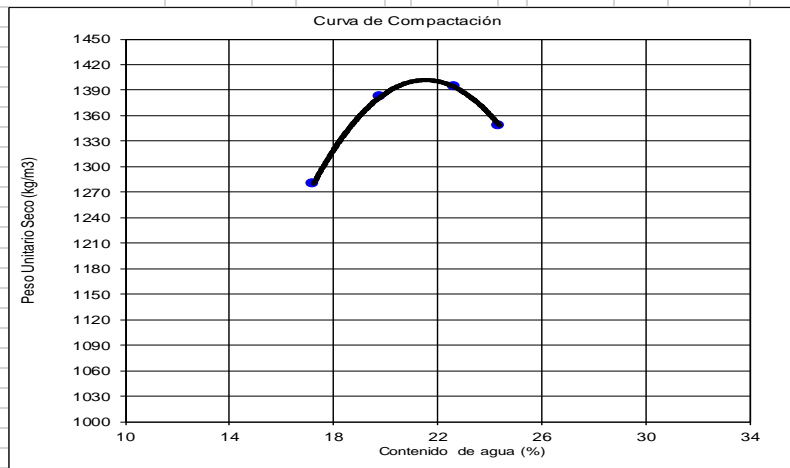
Calicata : 1
Muestra : 1

Fecha : 21/12/2021
Abcisa :

w Promedio (%)	17.24	19.82	22.66	24.38
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,280	1,382	1,394	1,348

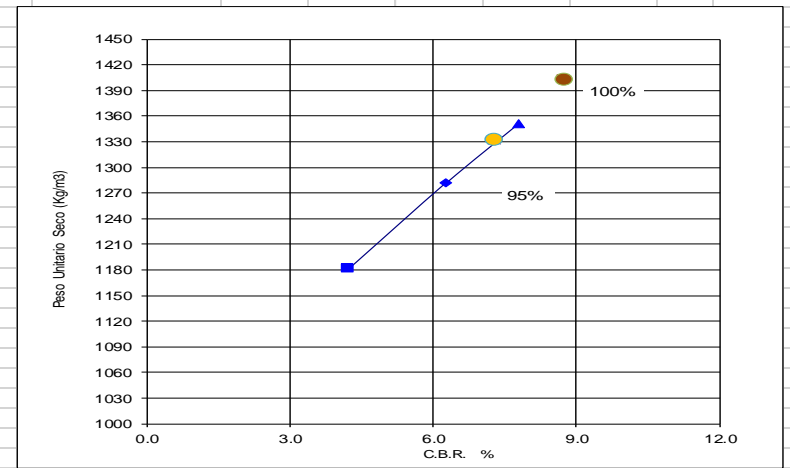
Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,181	1,281	1,351	1,332	1,402
C.B.R. (%)	4.23	6.27	7.80	7.30	8.76

Resultados: ASTM D 1557	Peso unitario seco = 1,402 kg/m³
	Contenido de agua óptimo = 21.5 %



Emite:

Laboratorista



Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 17: Ensayo C.B.R. diseño
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

3.5.2. Ensayos de clasificación, material hormigón asfáltico reciclado

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 **Marzo - 2008**

PROYECTO: "Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos" **CALICATA:** 1

UBICACIÓN: hormigón asfáltico reciclado fresado **MUESTRA:** 1

FECHA DE TOM: 14-Dic-21 **PROFUND (m):** _____

FECHA ENSAYO: 15-Dic-21

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	Resultados	
1. Contenido de agua	123.95	122.76	16.55	1.12	1	
2. Límite Líquido	NO PLASTICC				NP	
3. Límite Plástico	NO PLASTICC				NP	
4. Granulometría	5. Resumen					
Peso Inic. Húm. =	8,000.00			% de Grava =	67	
Peso inicial seco para cálculos:	7,911.36			% de Arena =	30	
				% de Finos =	3	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Mejoramiento rango %	L. Líquido LL = 0	
4"				100	L. Plástico LP = 0	
2"					Índice Plástico IP = 0	
1 1/2"					% Humedad w = 1	
1"					6. Clasificación	
3/4"					SUCS:	GP
3/8"					AASHTO:	A-1-a
No. 4	5,284.00	66.79	33.2		IG(86):	0
No. 10					IG(45):	0
No. 40						
No. 200	2,386.00	96.95	3.1	0 - 20		

7. Descripción: Grava arenosa limosa gris oscuro

8. Observacion:

Emite:

Aprueba:

Laboratorista

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 18: Ensayo de clasificación
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

3.5.3. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 70%, material reciclado 20% y ceniza de bagazo 10%

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

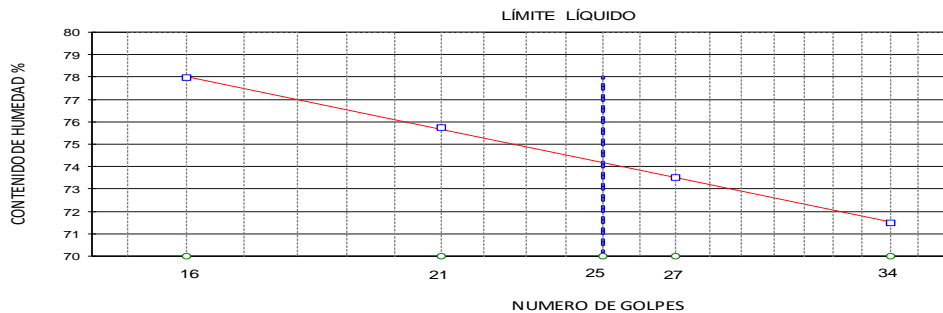
PROYECTO:	"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"	SONDEO:	1
UBICACIÓN:	Arcilla 70%, asfalto reciclado 20% y ceniza de bagazo 10%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	4-Ene-22	PROFUND (m):	
		FECHA ENSAYO:	4-Ene-22

ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:	Limite Líquido	≤ 36	Indice de Plasticidad	≤ 9
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	5,000.00	3,878.22	266.00	31.06
	Golpes			
	34	24.19	17.95	9.22
	27	22.56	17.34	10.24
2. Límite Líquido	21	23.18	17.31	9.56
	16	20.58	15.41	8.78
		17.54	15.44	9.35
3. Límite Plástico		17.68	15.54	9.18
		18.42	16.00	8.74

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 4,734.00	% de Grava = 29
Peso inicial seco para cálculos = 3,612.22	% de Arena = 13
	% de Finos = 58
	Límite Líquido LL = 74
	Límite Plástico LP = 34
	Índice Plástico IP = 40
	% Humedad w = 31
	6. Clasificación
	SUCS: CH
	AASHTO: A-7-5
	IG(86): 21
	IG(45): 15

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	1,057.23	29.3	70.7	
No. 10				
No. 40				
No. 200	467.18	42.2	57.8	2 - 20

7. Descripción: Arcilla limosa con fragmento de grava y arena color negra con pintas gris y restos de materia organica



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 19: Ensayo de clasificación
Elaborado por: Gallo, J. (2022)

3.5.4. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 60%, material reciclado 25% y ceniza de bagazo 15%

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

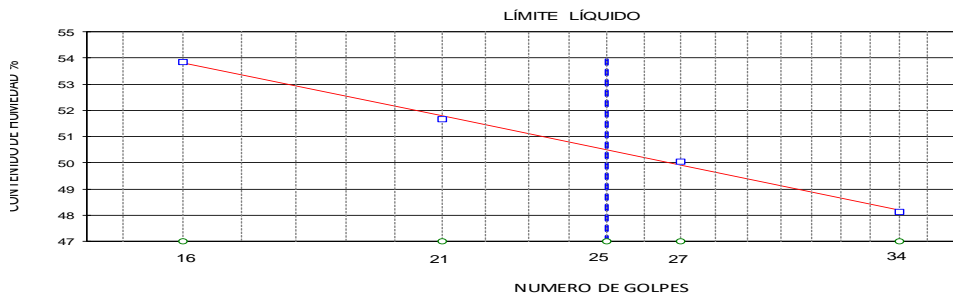
PROYECTO:	"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"	SONDEO:	2
UBICACIÓN:	Arcilla 60%, asfalto reciclado 25% y ceniza de bagazo 15%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	5-Ene-22	PROFUND (m):	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:	Límite Líquido ≤ 36	Índice de Plasticidad ≤ 9	FECHA ENSAYO: 5-Ene-22

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	5,000.00	3,987.56	266.00	27.20
Golpes				
34	23.47	18.85	9.25	48.13
27	24.18	19.22	9.31	50.05
2. Límite Líquido	21	17.85	9.47	51.67
16	23.56	18.66	9.56	53.85
3. Límite Plástico	18.22	16.11	9.25	30.76
	17.35	15.32	8.75	30.90
	17.69	15.75	9.33	30.22

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 4,734.00	% de Grava = 33
Peso inicial seco para cálculos = 3,721.56	% de Arena = 18
	% de Finos = 49
	Límite Líquido LL = 50
	Límite Plástico LP = 31
	Índice Plástico IP = 20
	% Humedad w = 27
	6. Clasificación
	SUCS: GM
	AASHTO: A-7-5
	IG(86): 7
	IG(45): 7

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	1,245.00	33.5	66.5	
No. 10				
No. 40				
No. 200	669.25	51.4	48.6	2 - 20

7. Descripción: Grava arenosa limosa arcillosa color negra con gris y restos de materia organica



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 20: Ensayo de clasificación
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

3.5.5. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 50%, material reciclado 30% y ceniza de bagazo 20%

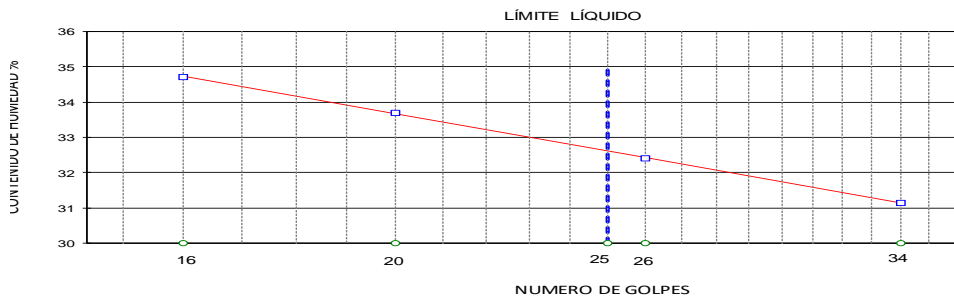
REGISTRO DE ENSAYOS

**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 de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"	SONDEO:	3		
UBICACIÓN:	Arcilla 50%, asfalto reciclado 30% y ceniza de bagazo 20%	MUESTRA:	1		
FECHA DE TOMA:	6-Ene-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	5,000.00	4,326.00	265.00	16.60	
Golpes					
	34	22.11	18.90	8.59	31.13
	26	23.56	19.92	8.69	32.41
2. Límite Líquido	20	21.59	18.25	8.34	33.70
	16	22.68	19.08	8.71	34.72
3. Límite Plástico		18.22	16.45	9.22	24.48
		18.67	16.84	9.65	25.45
		17.54	15.95	9.38	24.20
4. Granulometría					5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos =	4,735.00				% de Grava = 48
Peso inicial seco para cálculos =	4,061.00				% de Arena = 44
					% de Finos = 8
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 33
4"	0.00	0.0	100.0	100	Límite Plástico LP = 25
1 1/2"					Índice Plástico IP = 8
1"					% Humedad w = 17
3/4"					
3/8"					
No. 4	1,962.00	48.3	51.7		
No. 10					
No. 40					
No. 200	1,788.00	92.3	7.7	2 - 20	
					6. Clasificación
					SUCS: GP/GM
					AASHTO: A-2-4
					IG(86): 0
					IG(45): 0

7. Descripción: Grava arenosa limosa color negra con gris y restos de materia organica



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 21: Ensayo de clasificación
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

3.5.6. Ensayos de proctor, mezcla: Arcilla 50%, material reciclado 30% y ceniza de bagazo 20%

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie ³ (2.700 kN/m ³))											
ASTM D 1557											
PROYECTO:	"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"						SONDEO:	3			
UBICACIÓN:	Arcilla 50%, asfalto reciclado 30% y ceniza de bagazo 20%						MUESTRA:	1			
FECHA TOMA:	6-Ene-22						PROFUND (m):				
							FECHA ENSAYO:	6-Ene-22			
1. Norma y ensayo:	Procedimiento A						2. Datos del molde:				
Golpe/capa:	25						Diámetro:	10.16 cm.			
No. De capas:	5						Volumen:	932 cm ³			
Material pasa el tamiz:	# 4						Peso:	3,080 gr			
Peso del martillo:	4.5 kg.			3. Descripción/SUCS:				Grava arenosa limosa color negra con gris y restos de materia organica GM			
Altura de caída:	45.7 cm.										
4. Datos para la curva:											
Punto No.	1	2	3	4	5						
Peso suelo-molde	4,611	4,935	5,124	5,105	4,922						
Peso suelo	1,531	1,855	2,044	2,025	1,842						
Densidad húmeda	1,642	1,990	2,192	2,172	1,976						
5. Contenidos de agua:											
P. Suelo hum+cap	94.32	94.32	84.55	84.55	94.82	94.82	78.49	78.49	103.52	103.52	
P. Suelo seco+cap	89.22	89.22	78.94	78.94	86.95	86.95	71.35	71.35	92.17	92.17	
P. Cápsula	18.33	18.33	17.58	17.58	18.39	18.39	18.26	18.26	18.33	18.33	
w (%)	7.19	7.19	9.14	9.14	11.48	11.48	13.45	13.45	15.37	15.37	
w Promedio (%)	7.19		9.14		11.48		13.45		15.37		
Peso Unit. Seco	1,532		1,823		1,967		1,914		1,712		
6. Resultados:							Peso unitario seco =	1,969 kg/m³			
							Contenido de agua óptimo =	11.8 %			
Emite:						Aprueba:					
	Laboratorista						Ing. Gonzalo Velasco Cerezo				

Figura 22: Ensayo Proctor
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

3.5.7. Ensayos C.B.R., mezcla: Arcilla 50%, material reciclado 30% y ceniza de bagazo 20%

PROYECTO :		"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"						
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA	4.54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 8,29%				
HUMEDAD OPTIMA:	11.80%	Densidad Máxima Seca	1969 Kgr/m ³	Calicata Nº:	Muestra No.: 1			
LL= 33	LP= 25	IP= 8		Profundidad:				
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.		5		V		L		
No. De Capas		5		5		5		
No. De Golpes por Capas		56		25		12		
ESTADO DE LA MUESTRA	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR		
Peso muestra humeda + molde (gr)	12273	12534	12775	12941	11353	11505		
Peso del molde (gr)	7026		7834		6945			
Peso de muestra humeda (gr)	5247	5508	4941	5107	4408	4560		
Volumen muestra (cm ³)	2362.19	2417.08	2374.57	2430.16	2332.81	2388.09		
Peso unitario humedo (gr/cm ³)	2.221	2.279	2.081	2.102	1.890	1.909		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.	q	h	t	A	f	g		
Peso muestra humeda + tarro (gs)	66.21	76.71	98.43	76.65	88.94	88.73		
Peso de la muestra seca + tarro (gs)	60.95	66.76	90.12	66.86	81.66	77.07		
Peso del agua (gs)	5.26	9.95	8.31	9.79	7.28	11.66		
Peso del tarro (gs)	17.63	17.32	17.63	17.34	17.54	17.43		
Peso de la muestra seca (gs)	43.32	49.44	72.49	49.52	64.12	59.64		
Contenido de humedad promedio (%)	12.14%	20.13%	11.46%	19.77%	11.35%	19.55%		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1980.74	1897.00	1866.79	1754.62	1696.90	1597.21		
Porcentaje de Compactación:	100.60%	96.34%	94.81%	89.11%	86.18%	81.12%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. 5 ESPONJAMIENTO		MOLDE No. V ESPONJAMIENTO		MOLDE No. L ESPONJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
8/1/2022	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%
9/1/2022	09H00	24		0.0%		0.0%		0.0%
	21H00	36		0.0%		0.0%		0.0%
10/1/2022	09H00	48		0.0%		0.0%		0.0%
11/1/2022	09H00	72		0.0%		0.0%		0.0%
12/1/2022	09H00	96	0.1065	2.3%	0.1073	2.3%	0.1086	2.4%
Emite:			Aprueba:					
Laboratorista			Ing. Gonzalo Velasco Cerezo					

Figura 23: Ensayo C.B.R.
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

C.B.R. PENETRACION						
PROYECTO :		"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"				
FECHA:		12/01/2022				
Localización:		Calicata:		Muestra: 1		
MOLDE No :		5		Peso del Molde:		7.03 Kg. Volumen del Molde (V): 2362.19 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
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.	
0.635 mm. (0.025")		21.01			9.55	
1.27 mm. (0.05")		235.46			107.03	
2.54 mm. (0.10")		722.58			328.45	
3.81 mm. (0.15")		1102.72			501.24	
5.08 mm. (0.20")		1408.62			640.28	
7.62 mm. (0.30")		1739.36			790.62	
10.16 mm. (0.40")		1970.86			895.85	
12.70 mm. (0.50")		2111.40			959.73	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg²			CARGA UNITARIA EN kg/cm²	
0.635 mm. (0.025")		7.00			0.49	
1.27 mm. (0.05")		78.49			5.52	
2.54 mm. (0.10")		240.86			16.93	
3.81 mm. (0.15")		367.57			25.84	
5.08 mm. (0.20")		469.54			33.00	
7.62 mm. (0.30")		579.79			40.75	
10.16 mm. (0.40")		656.95			46.18	
12.70 mm. (0.50")		703.80			49.47	

Penetración (pulg.)	Carga Unitaria (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
0.10	302	30.2%
0.25	495	33.0%

C.B.R.:	33.00 %
HINCHAMIENTO:	2.32 %
PARA:	2.54 mm. De penetración
Observaciones:	
Operador:	
Calculado por:	
Verificado por:	

Figura 24: Ensayo C.B.R.
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

C.B.R. PENETRACION							
PROYECTO :		"Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos"					
FECHA:		12/01/2022					
Localización:		Calicata:		Muestra: 1			
MOLDE No :	V	Peso del Molde:	7.85 Kg.	Volumen del Molde (V):	2374,57 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")	45.75			20.79		
1.27 mm.	(0.05")	309.72			140.78		
2.54 mm.	(0.10")	681.28			309.67		
3.81 mm.	(0.15")	995.27			452.40		
5.08 mm.	(0.20")	1292.87			587.67		
7.62 mm.	(0.30")	1598.79			726.72		
10.16 mm.	(0.40")	1747.63			794.38		
12.70 mm.	(0.50")	1846.85			839.48		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	15.25			1.07		
1.27 mm.	(0.05")	103.24			7.26		
2.54 mm.	(0.10")	227.09			15.96		
3.81 mm.	(0.15")	331.76			23.32		
5.08 mm.	(0.20")	430.96			30.29		
7.62 mm.	(0.30")	532.93			37.46		
10.16 mm.	(0.40")	582.54			40.95		
12.70 mm.	(0.50")	615.62			43.27		

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

Figura 25: Ensayo C.B.R.
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

PROYECTO : “Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos”

Calicata :

Muestra : 1

Fecha : 12/01/2022

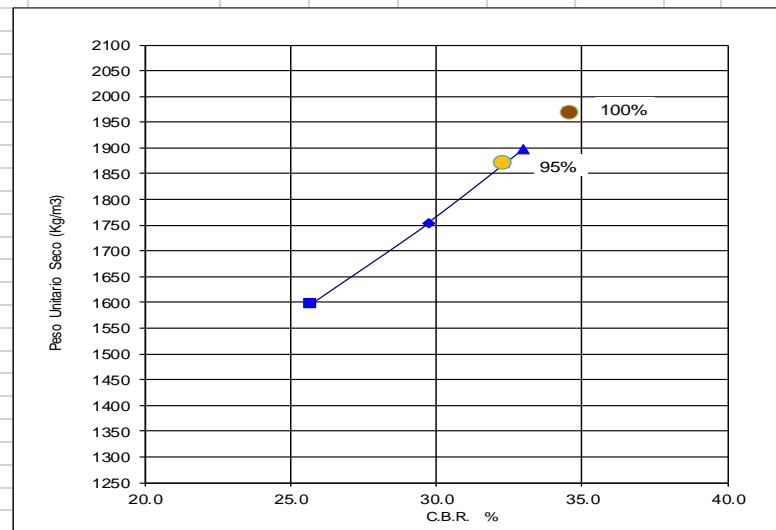
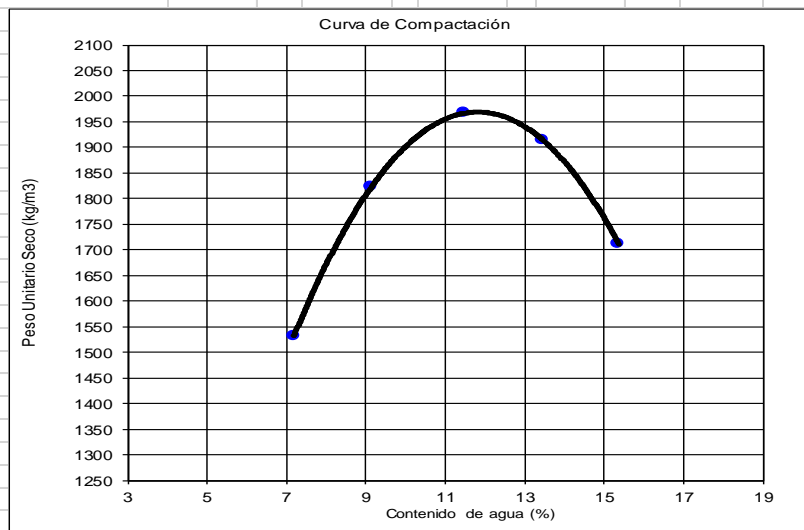
Abscisa :

w Promedio (%)	7.19	9.14	11.48	13.45	15.37
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,532	1,823	1,967	1,914	1,712

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,597	1,755	1,897	1,871	1,969
C.B.R. (%)	25.73	29.73	33.00	32.30	34.60

Resultados: ASTM D 1557

Peso unitario seco = 1,969 kg/m³
Contenido de agua óptimo = 11.8 %



Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 27: Ensayo C.B.R. diseño
Elaborado por: Gallo. J. (2022)

CONCLUSIÓN

- Respecto al primer objetivo específico, identificar las características técnicas de los suelos expansivos, se realizaron los ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. para obtener el porcentaje de plasticidad y el porcentaje de expansión ya que de acuerdo a las normas menores al 4% no se los considera como material expansivo, pudiendo utilizarlo como relleno para un determinado proyecto. El material existente es una arcilla limosa negra de nomenclatura CH (A-7-5) índice de plasticidad 53%. Pasante del tamiz 200 94%, densidad máxima del proctor 1.402 Kg/m³, y una expansión del 6.5%, muy alta con los materiales innovadores ese porcentaje alto de expansión se lo disminuirá para poder utilizarlo en estos suelos expansivos.
- Con respecto al segundo objetivo específico, determinar las características técnicas del hormigón asfáltico reciclado, se realizaron los ensayos de clasificación, una vez triturada para obtener los ensayos de clasificación. Este material reciclado su descripción SUCS es una grava arenosa limosa gris verdosa de nomenclatura GP (A-1-a) de plasticidad no plástica N-P. Pasante del tamiz 200 1%, este material innovador será utilizado en proporciones hasta obtener lo requerido para su utilización en los estos suelos expansivos.
- Para el tercer objetivo específico, determinar las características técnicas de la ceniza del bagazo de la caña, este material se lo utiliza como puzolana para evitar fisuras en los hormigones se lo utiliza en proporciones pequeñas su densidad esta es de 0.622 g/mm³, por eso se lo utilizara en la estabilización de suelos expansivos mezclándolo con la arcilla y material asfáltico reciclado, para esto se realizara cada muestra con porcentajes distinto hasta obtener lo propuesto,
- Para el cuarto objetivo específico, realizar una mezcla de suelo utilizando hormigón asfáltico reciclado y ceniza del bagazo de la caña de azúcar, para cumplir este objetivo realizamos 3 combinaciones de porcentajes y a cada una se le realizo los ensayos de clasificación hasta obtener los limites recomendado en las normas de las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas, la primera mezcla realizada es de, arcilla 70%, hormigón reciclado 20% y ceniza de bagazo

10% se obtuvo un límite líquido de 74% y un índice de plasticidad de 40%, en la segunda mezcla arcilla 60%, hormigón reciclado 25% y ceniza de bagazo 15% se obtuvo un límite líquido de 50% y un índice de plasticidad de 20%, y en la tercera mezcla arcilla 50%, hormigón reciclado 30% y ceniza de bagazo 20% se obtuvo un límite líquido de 33% y un índice de plasticidad de 8%, esta mezcla cumple con lo requerido la especificaciones para material de mejoramiento es limite liquido 36& y índice de plasticidad 9%.

- Para el quinto objetivo específico, determinar las propiedades mecánicas de los suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de la caña, al material que cumple con los ensayos de clasificación se realizó los ensayos de proctor y C.B.R. para determinar si la expansión está dentro de lo recomendado en las normas de las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas, se realizó a la mezcla arcilla 50%, hormigón reciclado 30% y ceniza de bagazo 20% se obtuvo un límite líquido de 33% y un índice de plasticidad de 8%, el pasante del tamiz 200 7,7% su nomenclatura es una grava limosa gris verdosa con materia orgánica GP/GM (A-2-4), su densidad máxima del 1.969 Kg/m³, y una expansión del 2.3%, la cual está dentro de lo permitido para considerarlo como una alternativa para mejorar los suelos expansivos.

RECOMENDACIÓN

- Se recomienda realizar aparte de los ensayos de clasificación respectivos, trituración ms fina para mejorar la curva granulométrica y su mezcla sea más homogénea y así tenga una mejor consistencia para disminuir el porcentaje a utilizar en cada mezcla, cumpliendo con lo requerido pero con una proporción o porcentaje menor, así también realizar prueba de abrasión al hormigón asfáltico reciclado triturado, con esto tendremos más datos que nos ayuden a tener un mejor control de este material innovador.
- Se recomienda realizar varias tomas de muestras al material existente y determinar diversos ensayos de clasificación, Proctor y C.B.R. así obtendremos valores alternativos y podremos trabajar con los ensayos más críticos según la expansión obtenida en estas arcillas, con estos valores tendremos una idea más clara del comportamiento de este estrato expansivo y el tratamiento o porcentaje de mezcla adecuado que se le puede dar para evitar su expansión y mejorar su capacidad portante según los resultados obtenidos.
- Finalmente, se recomienda aparte de los ensayos de C.B.R- y realizar mezclas con varios porcentajes de hormigón asfáltico reciclado triturado y ceniza de bagazo de la caña de azúcar, tomar muestras inalteradas al material existente para realizar ensayos alternativos para tener un mejor control de la expansión, como por ejemplo realizar ensayo de expansión controlada por medio del aparato de consolidación el cual nos permitirá tener más datos y una mejor forma de seguridad para determinar el mejoramiento de estos suelos expansivos y ser parte de la estructura de pavimento.

Bibliografía

- AEMET. (25 de marzo de 2018). *meteoglosario.aemet.es/*. Recuperado el 2020, de https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/562_ceniza-volcanica
- Alonso, J. (octubre de 2017). <https://asfaltomadrid.com/asfalto-verde-reciclado/>. Recuperado el diciembre de 2021, de asfaltomadrid.com/ web site.
- Arrieta, E. (21 de enero de 2019). *diferenciador*. Recuperado el 2020, de diferenciador web site: <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-metodo-inductivo-y-deductivo/>
- Ayala, G. (15 de septiembre de 2017). <http://repositorio.uees.edu.ec/>. Recuperado el septiembre de 2020, de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/1945/1/TESIS%20GENESIS%20AYALA.pdf>
- barchitec. (18 de diciembre de 2017). <https://barchitec.com/2017/12/18/definiendo-el-alcance-de-una-investigacion-exploratoria-descriptiva-correlacional-o-explicativa/>. Recuperado el 2021, de barchitec.com/.
- Boixader, D. (7 de noviembre de 2016). *estructurando.net/*. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de <https://estructurando.net/2016/11/07/como-mitigar-los-efectos-de-las-arcillas-expansivas/>
- Contreras, Y., & Roa, M. (26 de abril de 2015). *tecnic 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>
- CÓRDOVA, F., & SIMÓN, P. (21 de Diciembre de 2018). Obtenido de [https://www.redalyc.org/jatsRepo/5217/521758012002/html/index.html#:~:text=La%20utilizaci%C3%B3n%20de%20las%20cenizas,CO2\)%20que%20se%20generan%20en](https://www.redalyc.org/jatsRepo/5217/521758012002/html/index.html#:~:text=La%20utilizaci%C3%B3n%20de%20las%20cenizas,CO2)%20que%20se%20generan%20en)
- CORNE, K. M. (2019). Obtenido de <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/4338>
- Fernandez, J. (12 de julio de 2016). *jorgelfdez.wordpress*. Recuperado el JUNIO de 2020, de <https://jorgelfdez.wordpress.com/2016/07/12/el-enfoque-cuantitativo/>
- Fernandez, N. (2018). *repositorio.ucv.edu*. Recuperado el 2020, de repositorio.ucv.edu. website: https://repositorio.ucv.edu.pe/browse?rpp=55&sort_by=1&type=title&offset=21093&etal=1&order=ASC
- Gago, M. (16 de noviembre de 2017). *ecologia verde*. Recuperado el abril de 2020, de ecologia verde web site: <https://www.ecologiaverde.com/el-suelo-arcilloso-681.html#:~:text=El%20suelo%20arcilloso%20es%20aqueel,tama%C3%B1o%2C%20de%20menor%20a%20mayor.>

- GEOLOGIAWEB. (23 de marzo de 2018). *geologiaweb.com/*. Recuperado el 2020, de Geología, Ciencias de la tierra, sus ramas y aplicaciones: <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/arcillas-expansivas/>
- GEOTECNIA FACIAL. (20 de NOVIEMBRE de 2017). *geotecnia facil*. Recuperado el 30 de AGOSTO de 2020, de geotecnia facil web site: <https://geotecniafacil.com/ensayo-de-penetracion-estandar-spt/>
- geotecnia facil. (4 de ABRIL de 2018). *geotecnia facil*. Recuperado el mayo de 2020, de geotecnia facil web site: <https://geotecniafacil.com/ensayo-proctor-normal-y-modificado/>
- geotecnia facil. (11 de ABRIL de 2018). *geotecnia facil*. Recuperado el mayo de 2020, de geotecnia facil web site: <https://geotecniafacil.com/ensayo-cbr-laboratorio/>
- GEOTECNIA ONLINE. (8 de JUNIO de 2020). *geotecnia.online*. Recuperado el 31 de agosto de 2020, de geotecnia.online web site: <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/carta-de-plasticidad-de-casagrande/>
- Gomez, V. (2018). *lifeder.com/*. Recuperado el 2020, de lifeder.com website: <https://www.lifeder.com/suelos-arcillosos/>
- Guzman, E. (16 de febrero de 2016). *revista del idiem*. Recuperado el abril de 2020, de portal de la revista academica de la universidad de chile: <https://revistas.uchile.cl/index.php/RIDIEM/article/download/38670/40312/>
- laboratorio de mecanica de suelo. (1 de marzo de 2016). *mecanica de suelos ulacivil*. Recuperado el mayo de 2020, de mecanica de suelos ulacivil web site: <https://mecanicadesuelosulacivil.files.wordpress.com/2016/02/practica-nc2ba-8-densidad-de-campo.pdf>
- Landa, J., & Torres, S. (22 de julio de 2019). *repositorioacademico.upc.edu.pe/*. Recuperado el septiembre de 2020, de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626177/LandaA_J.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Larrea, D. (29 de abril de 2017). *academia.edu*. Recuperado el 30 de agosto de 2020, de academia.edu web site: https://www.academia.edu/28775749/ENSAYO_DE_CONTENIDO_DE_HUMEDAD_suelos
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- Lopez, G., & Rivera, R. (21 de enero de 2015). *facultad de ingenieria- UNAM*. Recuperado el 30 de agosto de 2020, de facultad de ingenieria- UNAM web site: <http://dicyg.fi-c.unam.mx/~rrc/lib/exe/fetch.php?id=start&cache=cache&media=capcargav1.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/>
- Matute, A. (12 de septiembre de 2016). <http://repositorio.ucsg.edu.ec/>. Recuperado el 8 de septiembre de 2020, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6629/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-166.pdf>
- MCCONSTRUCTOR. (8 de FEBRERO de 2019). *mundoconstructor.com.ec/*. Recuperado el 8 de SEPTIEMBRE de 2020, de <https://www.mundoconstructor.com.ec/la-estabilizacion-de-suelos-con-cemento/>
- Meneses, L., & Fuentes, L. (1 de enero de 2015). *ciencia.lasalle.edu.co/*. Recuperado el 2020, de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1300&context=ing_civil
- Montalvo, M. (16 de abril de 2017). *es.slideshare.net/*. Recuperado el 29 de Agosto de 2020, de <https://es.slideshare.net/TooPalomino/clase-01-suelos-de-subrasante>
- noticias.universia.c.* (4 de septiembre de 2017). Recuperado el mayo de 2020, de <https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>
- Pineda, a., & Riaño, F. (12 de julio de 2019). *repository.ucatolica.edu.co/*. Recuperado el 2020, de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23335/1/TG_Alan-Pineda-Rodr%C3%ADguez_Fernando-Ria%C3%B1o-Gait%C3%A1n.pdf
- PROCCSA. (1 de AGOSTO de 2015). *proccsa*. Recuperado el ABRIL de 2020, de proccsa web site: <https://www.proccsa.com.mx/disenio-de-pavimentos.html>
- REDSOCIAL56. (28 de FEBRERO de 2015). *redsocal56.wordpress.com/*. Recuperado el 8 de SEPTIEMBRE de 2020, de <https://redsocal56.wordpress.com/2015/02/28/historia-del-pavimento/>
- Rocci, S. (6 de marzo de 2016). *informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/*. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/4555/5277>
- 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%BAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%E2%80%9D%20\(p.&text=poblaci%C3%B3n%20un%20conjunto%20finito%](http://investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com/2017/09/poblacion-y-muestra.html#:~:text=Seg%C3%BAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%E2%80%9D%20(p.&text=poblaci%C3%B3n%20un%20conjunto%20finito%)
- Rojas, M. (octubre de 2019). *file:///C:/Users/Marcos/Downloads/ArticuloCBC2019.pdf*. Recuperado el diciembre de 2021, de [.researchgate.net/](https://www.researchgate.net/) web site.

- Ruano, B. (2016). *Evaluación del uso de vermiculita y perlita como alternativas al Phytigel® en la propagación in vitro de camote (Ipomoea batatas L.)*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5888/1/CPA-2016-T085.pdf>
- SANCHES, A. M., VAYAS, T., MAYORGA, F., & FREIRE, C. (07 de DICIEMBRE de 2020). Obtenido de <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Sector-azucarero-del-Ecuador.pdf>
- tecnicadeinvestigacion.com. (12 de octubre de 2017). *tecnicadeinvestigacion.com*. Recuperado el junio de 2020, de <https://sites.google.com/site/tecnicadeinvestigacion.com/temas-y-contenidos/tema-1-la-investigacion-social/fases-de-la-investigacion-social/analisis-e-interpretacion-de-resultados>
- universidadlaicavicente.rocafuerte.edu.ec. (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
- Villacres, f. (1 de julio de 2017). *repositorio.ulvr.edu.ec/*. Recuperado el 8 de septiembre de 2020, de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/1520/1/T-ULVR-1428.pdf>
- WISE. (28 de diciembre de 2017). *blog.wise.com.mx/*. Recuperado el 2020, de <https://blog.wise.com.mx/funciones-de-las-capas-de-un-pavimento>
- Web y Empresas. (6 de marzo de 2018). *webyempresas.com/*. Recuperado el junio de 2020, de <https://www.webyempresas.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- Yepez, V. (octubre de 2017). <https://victoryepes.blogs.upv.es/2017/03/20/que-es-una-recicladora-de-asfalto/>. Recuperado el diciembre de 2021, de victoryepes.blogs.upv.es/ web site.
- Zapata, R. (20 de agosto de 2018). *fceia.unr.edu.ar/*. Recuperado el septiembre de 2020, de <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>

ANEXO 1

FOTOS DE LOS ENSAYOS





