UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS.

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

MODALIDAD: PROYECTO INVESTIGATIVO

DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:

"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO DE CANTERA TRATADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUB-BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS"

AUTORES:

PAREDES GILER JIMMY FERNANDO

SOLORZANO PIN MARIA GORETTY

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Con satisfacción dedico el presente trabajo realizado con mucho amor y esfuerzo.

En primer lugar, a Jehová Dios nuestro padre celestial y amoroso que me ha permitido alcanzar este objetivo trazado en mi vida.

A mis amados padres Jimmy Paredes y Evelin Giler que son el pilar fundamental en mi vida para seguir cada día y que nunca perdieron la fe en mi para conseguir este triunfo tan anhelado y que en todo este trayecto me han sabido guiar y ayudar, quienes con amor infinito me han comprendido y gracias a ustedes hoy soy quien soy.

A mis hermanas Evelin y Fernanda por su comprensión y amor brindado, sus enseñanzas y cariño.

A mi sobrina Mia Valeska quien con su ternura me ha acompañado a lo largo de mis estudios y siempre es el motor de la alegría en mi hogar.

A mi compañera de tesis María Goretty con quien comparto este enorme logro, felicidades ingeniera.

Paredes Giler Jimmy Fernando

DEDICATORIA

Con infinita satisfacción dedico el presente trabajo realizado con mucho amor y esfuerzo:

A Dios nuestro Padre celestial por darme la salud, la fuerza e inteligencia para poder llegar hasta donde estoy.

A mis padres Fabricio y Goretty que nunca perdieron la fe en mí y me apoyaron en cada momento, secaron cada una de mis lágrimas en este largo trayecto y trasnocharon conmigo.

A mis hermanos: Maria Victoria, Maria Nahomy y Fabricio Leonardo que son las personas que más amo en este planeta ¡Hermanos esto es para ustedes!

A mi compañero de tesis Jimmy Fernando con quien comparto este importante logro. Felicitaciones Ingeniero.

Solorzano Pin María Goretty.

AGRADECIMIENTO

A Dios qué en cada paso que doy sé que está conmigo, que nunca me ha abandonado y es mi fuente espiritual para seguir cada día incluso en este gran logro por haberme hecho un profesional y que sin su amor nada de esto sería posible.

A mis padres quienes fueron partícipes de este logro que he alcanzado.

A mi tía Inés Paredes por sus consejos y enseñanzas a lo largo de mi vida, sobre todo por el amor incondicional que he recibido.

A la Ingeniera María Isabel Zambrano Meza mi tutora y de igual manera a mi revisor de tesis el Ingeniero Eduardo Ortiz.

A los familiares, amigos, compañeros y docentes que de alguna u otra manera contribuyeron su apoyo conmigo.

¡A todos ustedes muchísimas gracias!

Paredes Giler Jimmy Fernando

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme vida e inteligencia, paciencia y sabiduría para llegar hasta donde esto.

A mis padres por acompañarme en toda mi formación académica, a mis hermanos por el apoyo que me han dado durante todo este tiempo.

A mi tutora la Ing. María Isabel Zambrano y a mi revisor el Ing. Eduardo Ortiz por guiarnos a mí y mi compañero durante este proceso.

A todos mis profesores por compartir sus conocimientos a lo largo de todos estos años.

A mis familiares, compañeros y amigos que estuvieron conmigo durante todo este tiempo, por ayudarme de una u otra manera ¡Gracias!

Solorzano Pin María Goretty

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS.

CERTIFICACIÓN DE LA TUTORA DE TESIS

Yo, Ingeniera María Isabel Zambrano Meza, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, certifico que el presente trabajo de titulación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil, cuyo tema es **"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO DE CANTERA TRATADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUB-BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS";** fue desarrollado bajo mi dirección por los egresados Paredes Giler Jimmy Fernando y Solórzano Pin María Goretty, cumpliendo con el Reglamento General de Graduación de la Universidad Técnica de Manabí y demostrando honestidad esfuerzo y dedicación.

Ing. María Isabel Zambrano Meza

TUTORA

Ing. María Isabel Zambrano Meza
Mgs. CONSTRUCCIONES DE OBRAS VIALES
REG. PROF. 01-13-1634

CERTIFICADO DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad Proyecto Investigativo y que lleva por tema: **"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO DE CANTERA TRATADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUB-BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS"** desarrollado por los señores, Paredes Giler Jimmy Fernando con Cédula No.130996813-7 y Solórzano Pin María Goretty cédula No. 131448057-3, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, bajo la tutoría y control de la Sra. Ingeniera María Isabel Zambrano Meza, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobada por el H. Consejo Universitario, cumplo con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, sus autores:

- Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10 % de similitud con otros documentos existentes en el repositorio
- Han aplicado correctamente el manual de estilo de la Universidad Andina Simón Bolívar de Ecuador.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados
- El trabajo posee suficiente argumentación técnica científica, evidencia en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento NO VINCULANTE para los fines legales pertinentes.

Ing. Eduardo Ortiz

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARATORÍA SOBRE DERECHO DEL AUTOR

Nosotros: **Paredes Giler Jimmy Fernando y Solórzano Pin María Goretty** egresados de la Escuela de Ingeniería Civil; declaramos que el presente trabajo de titulación llamado **"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO DE CANTERA TRATADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUB-BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS"**; es de responsabilidad nuestra y pertenece exclusivamente a los autores; respetando derechos de terceros, guiada y orientada por nuestro director.

Paredes Giler Jimmy Fernando

Solórzano Pin María Goretty

Contenido

DEDICATORIA 2

AGRADECIMIENTO 4

CERTIFICACIÓN DE LA TUTORA DE TESIS 6

CERTIFICADO DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN 7

DECLARATORÍA SOBRE DERECHO DEL AUTOR 8

RESUMEN 13

SUMMARY 14

1. TEMA: 15

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 16

2.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA 16

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO 17

3.2. LOCALIZACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO 17

3.2.1 MACRO LOCALIZACIÓN 17

3.2.2 MICRO LOCALIZACIÓN. 18

3.3 JUSTIFICACIÓN 18

4. MARCO TEÓRICO 20

PAVIMENTOS 20

PAVIMENTOS FLEXIBLES O ASFÁLTICOS 20

PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS O SEMI-FLEXIBLES 21

PAVIMENTOS RÍGIDOS 21

BASES PARA PAVIMENTOS 22

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS 24

ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN 25

EMULSIONES ASFÁLTICAS 27

COMPOSICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA 28

TIPOS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS 28

VENTAJAS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS 29
5. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO..... 31
EN LO SOCIAL..... 31
EN LO ECONÓMICO..... 31
EN LO CIENTÍFICO..... 31
6. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS 32
7. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... 32
7.1. OBJETIVOS..... 32
7.1.1 OBJETIVO GENERAL 32
7.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS 33
7.2. CAMPO DE ACCIÓN..... 33
7.3. BENEFICIARIOS..... 33
8. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA..... 34
POBLACIÓN Y MUESTRA..... 34
MUESTREO 35
UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE MATERIALES..... 35
CANTERA “SAN JOSE” 35
CANTERA “MEGAROK” 35
9. RECOLECCIONES DE LOS DATOS (ESTADÍSTICOS VERIFICACIÓN DE OBJETIVOS)..... 37
9.1. MUESTRAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS . 37
9.2. METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS Y NORMAS EMPLEADAS... 37
10. ANALISIS DE LOS DATOS ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS (DISCUSIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES) 38
10.1 HUMEDAD NATURAL. 38
9.1.1 OBJETIVO..... 38
10.1.2 MUESTRA..... 38
10.1.3 MATERIALES Y EQUIPOS..... 38

10.1.4 PROCEDIMIENTO. 38
10.1.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS. 38
10.2 GRANULOMÉTRIA 40
10.2.1 OBJETIVO 40
10.2.2 MUESTRA 40
10.2.3 MATERIALES Y EQUIPOS 40
10.2.4 PROCEDIMIENTO 40
10.2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 41
10.3 LÍMITE DE ATTERBERG 44
10.3.1 OBJETIVO 44
10.3.2 MUESTRA 44
10.3.3 MATERIALES Y EQUIPOS 44
10.3.4 PROCEDIMIENTO 44
10.3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 45
10.4 ABRASIÓN 48
10.4.1 OBJETIVO 48
10.4.2 MUESTRA 48
10.4.3 MATERIALES Y EQUIPOS 48
10.4.4 PROCEDIMIENTO 48
10.4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 49
10.5 COMPACTACIÓN 50
10.5.1 OBJETIVO 50
10.5.2 MUESTRA 50
10.5.3 MATERIALES Y EQUIPOS 50
10.5.4 PROCEDIMIENTO 50
10.5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 51
10.6 C.B.R. 54

10.6.1 OBJETIVO 54
10.6.2 MUESTRA 54
10.6.3 MATERIALES Y EQUIPOS 54
10.6.4 PROCEDIMIENTO 54
10.6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 55
10.7 CBR CON EMULSION 67
10.7.1. CALCULO DEL PORCENTAJE DE AGUA Y EMULSION A AGREGAR 67
10.7.2 PPROCEDIMIENTO 67
RESISTENCIA CONSERVADA 82
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 83
11.1 CONCLUSIONES 83
11.2 RECOMENDACIONES 83
12. PRESUPUESTO 85
13. CRONOGRAMA 86
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87
15. ANEXOS 88

RESUMEN

El presente proyecto denominado “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO DE CANTERA TRATADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUB-BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS” hace referencia al estudio del material de préstamo de dos canteras diferentes: “San José” y “MegaRok”, las cuales se localizan en la vía Picoazá – La Sequita del cantón Portoviejo.

Este estudio se basa en caracterizar ambas muestras a través de diferentes ensayos de laboratorio como: ensayo de humedad natural, ensayos de límites de Atterberg, ensayos granulométricos, ensayo de compactación y ensayo de capacidad portante del suelo (C.B.R.).

Una vez obtenidos los resultados de dichos ensayos se precede a realizar un análisis comparativo de los mismos dando a conocer que la cantera “MegaRok” presenta mejores condiciones para conseguir una sub-base de material granular de préstamo a diferencia del material de la cantera “San José”.

Se estabilizará dicho material con emulsión asfáltica y posteriormente se caracterizará la alteración del material utilizando las especificaciones del MTOP para conseguir resultados y convertirlo en un material de Sub-base.

El material fue mezclado con emulsión asfáltica en frío compuesto por un 65% de Asfalto AC 20; un 34,30% de agua y un 0,70% de emulsificantes ASFIER 121, dado que su análisis depende de la humedad optima del material se procede a determina la cantidad de agua y emulsión a agregar al momento de ejecutar los tres puntos con 5, 7 y 9% para el ensayo de C.B.R. donde se va a demostrar su capacidad y resistencia aumentada por el estabilizante.

SUMMARY

This project called "BEHAVIORAL ANALYSIS MATERIAL LOAN QUARRY TREATED WITH ASPHALT EMULSION FOR USE AS SUB-BASE IN THE STRUCTURE OF PAVEMENT" refers to the study of borrow material from two different quarries, "San Jose" and " MegaRok ", which are located in the path Picoaza - the Sequita the canton Portoviejo.

This study is based on characterizing both samples through various laboratory tests as natural moisture test, tests Atterberg limits, granulometric testing, compaction test and test bearing capacity (C.B.R.).

After obtaining the results of such tests is precedes a comparative analysis of them revealing that the quarry "MegaRok" has better conditions to get a sub-base of granular material loan unlike the material from the quarry "St. Joseph".

Such material will be stabilized with bitumen emulsion and subsequently altering the material was characterized using specifications MTOP to get results and make it a sub-base material.

The material was mixed with cold asphalt emulsion comprising 65% Asphalt AC 20; one 34.30% water and 0.70% emulsifier ASFIER 121, since the analysis depends on the material moisture optima proceeds to determine the amount of water and add emulsion when executing the three points with 5 , 7 and 9% for CBR test where it will demonstrate its ability and increased resistance by the stabilizer

1. TEMA:

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO DE CANTERA, TRATADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUB-BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las soluciones tradicionales de utilización de piedra y de lastre para la construcción de sub-bases en las estructuras de pavimentos, carece de la suficiente resistencia, por lo cual cada año se deteriora por el uso y el paso del invierno. La utilización de Emulsiones Asfálticas para estabilizar un material de préstamo, que pueda utilizarse por los ingenieros en la construcción de sub-bases de una estructura de pavimentos, puede ser una alternativa óptima y de bajo costo, que mejoren la durabilidad.

En la provincia no existe un rastro conocimiento sobre la aplicación de tecnología en frio, y como resultado no lo consideran como una opción en los proyectos viales. La provincia de Manabí se verá beneficiada ya que los resultados de este proyecto se colocarán a total disposición de las instituciones públicas y privadas encargadas de la vialidad en la provincia; para ayudar con el mejoramiento de las vías.

2.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto se desarrollará con material tomado de las canteras “San José” y “MegaRok” ubicadas en la vía Picoazá - La Sequita, Manabí – Ecuador.

2.2 PRINCIPALES PROBLEMAS

Entre los problemas que afectan a la realización del presente proyecto, se resaltan los siguientes:

- Falta de información sobre la utilización de la emulsión asfáltica.
- Material de baja calidad para ser utilizado como material de sub-base.
- Falta de equipo en el laboratorio de suelo, rocas y asfalto de la Universidad Técnica de Manabí.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

La formulación de sub-base para estructuras de pavimentos mediante el uso de materiales granulares tratados con emulsiones asfálticas es un estudio poco desarrollado en nuestro medio; sin embargo, existen estudios relacionados que apoyan la realización de la investigación, realizados fuera de nuestro contexto, se puede citar:

La Investigación realizada por Rogelio Rodríguez Talavera, Víctor Manuel Castaño y Miguel Martínez Madrid; presentada por el Ministerio Mexicano de Transporte bajo el tema "Emulsiones Asfálticas" en el mismo se muestra la importancia de este tema desde un punto de vista tecnológico, resaltando las variables importantes en la fabricación de las emulsiones asfálticas entre las cuales se puede señalar:

- La aplicación de la tecnología de las emulsiones asfálticas es de mucha importancia ya que constituyen un avance tecnológico en el proceso de asfaltado de carreteras.
- Las emulsiones tienen un sinnúmero de ventajas sobre el asfalto caliente o el rebajado, por lo que es importante extender el empleo de este tipo de tecnología a la magnitud de su red carretera del país.
- La utilización de esta tecnología no únicamente proporciona un ahorro en el proceso de asfaltado de las carreteras, sino que también mejora la adhesión del asfalto con el material granular, con un consecuente incremento en el tiempo de vida de la carpeta asfáltica y una mayor seguridad para el usuario de las mismas.

3.2. LOCALIZACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO

3.2.1 MACRO LOCALIZACIÓN

3.2.1.1 NIVEL NACIONAL

Ecuador está situado en la parte Noroeste de América del Sur, en la región Andina; limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú y al oeste con el Océano Pacífico. Tiene una extensión aproximada de 272.031,00 Km^2 y una población de 14'483.499 millones de habitantes.[1]

[1] http://countrymeters.info/es/Ecuador

3.2.1.2 NIVEL REGIONAL

Manabí está situada al oeste del país, es una de las seis provincias del Ecuador que forman la región Costa; limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al este con Pichincha y Guayas y al oeste con el Océano Pacífico. La provincia de Manabí tiene 350 Kilómetros de costa. Su área total es 18.893,7 Km^2 y su población es de 1'186.025 habitantes. Manabí está constituida por 22 cantones y 93 Parroquias (41 urbanas y 52 rurales); los cantones son: Portoviejo, Bolívar, Chone, El Carmen, Flavio Alfaro, Jipijapa, Manta, Junín, Montecristi, Paján, Pichincha, Rocafuerte, Santa Ana, Sucre, Tosagua, 24 de mayo, Pedernales, Olmedo, Puerto López, Jama, Jaramijó y San Vicente.[2]

3.2.1.3 NIVEL LOCAL

Portoviejo capital de la provincia de Manabí, en Ecuador. Cuenta con una población urbana de 230.832 habitantes y un rural de 66.583 habitantes, con una totalidad de 297.415 habitantes. Limita al norte con los cantones Rocafuerte y Junín; al sur con el cantón Santa Ana; al este con el Cantón Bolívar y al oeste con el Océano Pacifico.

3.2.2 MICRO LOCALIZACIÓN.

El proyecto se desarrolló en las Canteras "San José" y "Mega Rok", las cuales están ubicadas en el Km 5.5 vía Picoazá – la sequita y Km 20 vía Picoazá – La sequita respectivamente pertenecientes al cantón Portoviejo.

3.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se busca determinar la composición optima de material granular tratado con Emulsión Asfáltica adecuadas para que satisfagan las condiciones de sub-base en la estructura de pavimentos, en función de las necesidades presentadas, optimizando su resistencia y costos del mismo.

Los altos costos con lo que cuentan en el mercado local los materiales base y sub-base en su empelo en la estructura de pavimento, nos obligan a buscar soluciones más eficientes para reducir costos utilizando materiales mejorados y métodos de trabajo eficiente.

[2] http://teodoro8.tripod.com/mipagina/id13.html

Para lograr la composición óptima de la sub-base de la estructura de pavimento, se debe de caracterizar el material de préstamo previo a su análisis de diseño, y a la selección de una emulsión asfáltica. Se debe establecer proporciones adecuadas para la obtención de una sub-base de pavimento que presente funcionalidad, economía y durabilidad, logrando una combinación que represente una alternativa eficiente en la construcción de estructuras de pavimentos, para lograr la eficiencia de la base de pavimento se plantea el mejoramiento del material de préstamo con un aditivo de emulsión asfáltica.

4. MARCO TEÓRICO

CONCEPTO Y CLASES DE PAVIMENTOS

PAVIMENTOS

Las estructuras de los pavimentos están construidas con un grupo de capas superpuestas de manera horizontal, las cuales están diseñadas y construidas técnicamente con material seleccionado y compactadas adecuadamente para su correcto funcionamiento.

Las estructuras de los pavimentos deben cumplir un conjunto de requisito:

- ✓ Debe Durable.
- ✓ Debe ser económico
- ✓ Debe tener el color adecuado para evitar reflejos.
- ✓ Deber ser constituido por un material que posea condiciones adecuadas respecto al drenaje
- ✓ Debe ser resistente a los agentes de la atmosféricos.
- ✓ Deber ser resistente a la acción de cargas

Los pavimentos se clasifican en:

- Pavimentos Flexibles o asfalticos
- Pavimentos Semi–Rígidos o Semi-Flexibles.
- Pavimentos Rígidos

PAVIMENTOS FLEXIBLES O ASFÁLTICOS

"Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capaz no rígidas, la base y la sub base"[3].

[3] Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
Página 2 – 1.3.1Pavimentos Flexibles

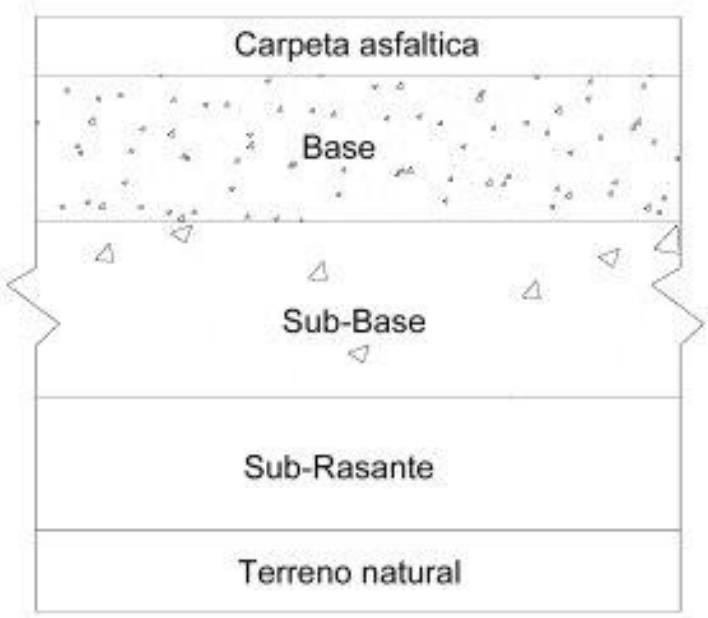


Imagen 1: Pavimentos flexibles o asfaltico

PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS O SEMI-FLEXIBLES

"Este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de este aditivo tiene la finalidad de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuado se encuentren a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de la construcción.

PAVIMENTOS RÍGIDOS

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido"[4].

[4] Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
Página 5 – Capitulo 1 – 1.3.2 Pavimentos semi-rígidos – 1.3.3 Pavimentos Rígidos

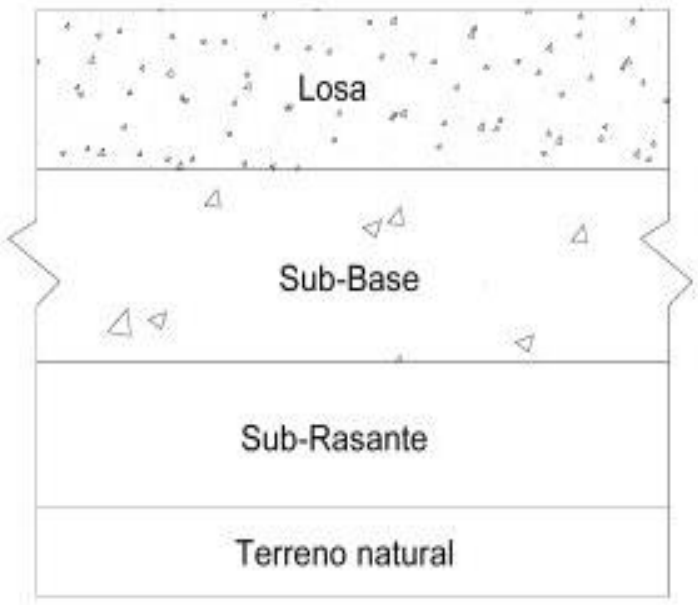


Imagen 2: Pavimentos Rígidos

BASES PARA PAVIMENTOS

La estructura de un pavimento está constituida por un conjunto de capas de material seleccionado, las cuales están ubicadas de la siguiente manera:

- Sub-rasante
- Sub-base
- Base
- Superficie de rodadura

- **SUB-RASANTE**

La subrasante es la capa donde se apoya la estructura de un pavimento, usualmente esta capa está constituida de suelo natural. El espesor de esta capa depende principalmente de la estructura del pavimento, ya siendo este flexible o rígido. Esta capa debe tener capacidades de soporte o resistencia a las deformaciones provocadas por los esfuerzos cortantes de las cargas por el tránsito.

- **SUB-BASE**

Esta capa está apoyada sobre la subrasante y va debajo de la base. Esta capa está sometida a cargas inferiores que la base por tal motivo puede ser de menor resistencia que la base, en ocasiones está conformada con materiales locales granulares previamente seleccionados. Esta capa también funciona como una capa drenante

cuidando así la estructura del pavimento, por tal motivo se utilizan materiales granulares para la conformación de la misma.

"Las sub-bases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo con los materiales a emplearse. La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz Nº 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

- Clase 1: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, en la Tabla 403-1.1. Por lo menos el 30 % del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.

- Clase 2: Son sub-bases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la Tabla 403-1.1.

- Clase 3: Son sub-bases construidas con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en la Sección 816, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la Tabla 403-1.1.

Cuando en los documentos contractuales se estipulen sub-bases Clases 1 o 2 al menos el 30% de los agregados preparados deberán ser triturados"[5].

[5] Especificaciones Técnica del MTOP – Sección 400 - Estructuras de Pavimentos

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
11/2 (38.1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Tabla 1: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada (Tabla 403-1.1 Sección 400 – estructura de pavimento)

- **BASE**

La base es la capa intermedia entre la sub-base y la superficie de rodadura. Para la conformación de la base se utiliza materiales granulares de excelente composición granulométrica.

- **SUPERFICIE DE RODADURA**

La superficie de rodadura se coloca sobre la base, siendo su objetivo principal impermeabilidad la parte superior de la estructura del pavimento evitando filtraciones de agua lluvia impidiendo alteraciones en las capas inferiores.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

"Con frecuencia, el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar alguna de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o, cuando menos, que la calidad obtenida sea adecuada.

Las propiedades de un suelo se pueden alterar por cualquiera de los siguientes procedimientos:

- Estabilización por medios mecánicos, de los que la compactación es el más conocido, pero entre los que las mezclas de suelos se utilizan también muy frecuentemente.
- Estabilización por drenaje.
- Estabilización por medios eléctricos, de los que la electroósmosis y la utilización de pilotes electro metálicos son probablemente los mejor conocidos.
- Estabilización por empleo de calor y calcinación.
- Estabilización por medios químicos, generalmente lograda por la adición de agentes estabilizantes específicos, corno el cemento, la cal, el asfalto u otros.

Teniendo en cuenta la variabilidad de los suelos y la composición de los mismos, es de esperarse que cada método resulte sólo aplicable a un número limitado de ellos.

Las propiedades de los suelos que deben ser tenidas en cuenta por el ingeniero, son las siguientes:

- Estabilidad volumétrica
- Resistencia
- Permeabilidad
- Compresibilidad
- Durabilidad"[6]

"Tratamiento que se aplica a los suelos o a las capas del firme mediante la adición de un ligante (cal, cemento, asfalto, productos químicos, etc.), para mejorar sus características mecánicas y conseguir un suelo o capa de firme capaz de soportar los esfuerzos impuestos por las cargas del tránsito y resistir la acción de los agentes atmosféricos, conservando materialmente uniforme su volumen.

Este procedimiento se usa frecuentemente para mejorar la subrasante y con ello disminuir el espesor de las capas de Sub base y/o Base, o para construir una capa de base capaz de soportar una capa de rodadura asfáltica"[7]

ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN

[6] Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
Página 76 – Capitulo 4: Estabilización de Suelos
[7] Especificaciones del MTOP – Sección 100 - Disposiciones Generales

La estabilización con emulsiones asfálticas tiene como fin uno o ambos de los siguientes puntos:

1. En los suelos no plásticos o arenosos, se trata de evitar deformaciones en la capa mejorada bajo las cargas del tránsito.
2. En los suelos cohesivos, se busca que la emulsión una las partículas de la arcilla y cubra los vacíos, impermeabilizando así el suelo y protegiéndolo de la acción del agua.

Para que la estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas tenga los resultados deseados es necesario que estas tengan las condiciones meteorológicas adecuadas.

Para el porcentaje optimo del diseño de la mescla en la estabilización de los suelos depende mucho del objetivo que se busca.

Cuando lo que se requiere es estabilizar suelos cohesivos, se pretende que el asfalto le brinde la impermeabilidad deseada ante la acción del agua. En este caso el porcentaje de asfalto se obtiene mediante ensayos de absorción de agua.

En el caso de los granulares lo que se pretende con el asfalto es volverlo un material apto para la utilización de base en la construcción de las estructuras de pavimentos. Aquí se utiliza el ensayo de CBR, con el cual se busca que la mezcla tenga una buena resistencia absorbiendo así las cargas producidas por el tránsito.

“La elaboración de una capa de suelo estabilizada con asfalto comprende los siguientes pasos principales:

1. La capa de apoyo debe prepararse de modo que se encuentre correctamente compactada, lisa y con el perfil adecuado. Sobre ella se coloca un riego de protección de asfalto líquido MC70.

2. Se coloca el agregado a estabilizar en cordones en la cantidad y proporciones adecuadas para obtener la gradación especificada y el espesor compacto contemplado en el diseño.

3. Se añade la cantidad de agua que el ingeniero juzgue conveniente para obtener una mezcla apropiada. Este paso es particularmente importante en estabilizaciones con emulsiones asfálticas.

4. Se adiciona la cantidad necesaria del producto asfáltico, la cual ha sido establecida en pruebas previas de laboratorio.

5. Se hace una mezcla cuidadosa que garantice la incorporación correcta del ligante. Se recuerda, sin embargo, que el mezclado no puede ser excesivo porque se

traduce en pérdidas de resistencia. La mezcla no puede efectuarse si la temperatura ambiente es muy baja; usualmente se fijan límites de 12°C para estabilizaciones con asfalto líquido y 5°C si se utilizan emulsiones asfálticas.

6. La mezcla debe airearse suficientemente hasta que los solventes, en el caso de emplear asfaltos líquidos, se evaporan en una cantidad suficiente (generalmente un 50%) que permita la adecuada compactación. Cuando se emplean emulsiones asfálticas, la aireación se realiza hasta que la humedad sea 3 a 4% superior a la óptima del agregado solo.

7. Se extiende la mezcla con motoniveladora y se compacta, primero con rodillo liso y luego con neumático, hasta alcanzar la densidad exigida en las especificaciones.

8. Se permite un período de curado de dos días antes de librar al tránsito la capa estabilizada. Sí con el paso de los vehículos se observan desprendimientos de agregado, se suspende el tránsito y se somete la capa a nueva compactación en las horas de mayor temperatura hasta que cese el fenómeno"[8].

EMULSIONES ASFÁLTICAS

"Es una dispersión de pequeñas partículas de un producto asfáltico fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, que no son miscibles entre sí pero que están unidos por un emulgente. Las emulsiones son sistemas formados por dos fases: parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa)"[9].

Las emulsiones asfálticas tienes una desventaja en el tiempo de fraguado que estas requieren por su composición química, por tal motivo no siempre se logra una estabilidad aceptable por ello se las aplican usualmente en caminos secundarios con poca carga vehicular.

"Las emulsiones asfálticas se desarrollan con el objetivo de cambiar la consistencia del asfalto y darle así una trabajabilidad adecuada para cada tipo de aplicación sin la necesidad de calentarlo hasta altas temperaturas como es usual en mezclas tradicionales con cemento asfáltico"[10]

[8] Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
Página 119 – Capitulo 4 – 4.6.3 Construcción

[9] ASPHALT INSTITUTE; AEMA. (2001). Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N° 19S. Lexington.

[10] http://www.quimicalatinoamericana.cl/index.php/emulsiones-asfalticas

COMPOSICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

La emulsión está compuesta por:

- 60% de asfalto: Se recomienda utilizar el asfalto (150-200) que es menos viscoso y por tanto requiere de una menor temperatura (120° C-130° C) para la elaboración de la emulsión. En caso de usar el asfalto (50-70) se calentará a una temperatura que oscile en el rango de los (160° C - 180° C).
- 38.5% de agua destilada con un PH entre (9-11)
- 1.5% de emulgente, resina vegetal (Vinsol) (80 - 85) % y sosa cautica (10 – 15) %[11].

TIPOS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas se clasifican dependiendo de tipo de emulgente utilizado, siendo así se habla de dos tipos de emulsiones:

- **Emulsión aniónicas.** En este tipo de emulsiones el agente emulsificante les confiere una polaridad negativa a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga negativa.
- **Emulsión catiónica.** En este tipo de emulsiones el agente emulsificante les confiere una polaridad positiva a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

Dependiendo al tipo de estabilidad de las emulsiones asfálticas, éstas se clasifican en los siguientes tipos:

- **De Rompimiento Rápido.** Estas se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (con excepción de la emulsión conocida como ECR-60), la cual no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas.
- **De Rompimiento Lento.** Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al 2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobre carpetas.

[11] BRACHO, C. L. (2005). *Cuaderno FIRP S366C Emulsiones asfálticas.* Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.

- **De Rompimiento Medio.** Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.
- **Para Impregnación.** Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.
- **Súper Estables.** Estas se emplean en la estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos.

Según el contenido de asfalto que la emulsión contenga, su tipo y polaridad, las emulsiones asfálticas se pueden clasificar como se muestra en siguiente tabla:

Clasificación	Contenidos de Asfalto (% en masa)	Tipo de Rompimiento	Polaridad
EAR-55	55	Rápido	Aniónica
EAR-60	60	Rápido	Aniónica
EAM-60	60	Medio	Aniónica
EAM-65	65	Medio	Aniónica
EAL-65	55	Lento	Aniónica
EAL-65	60	Lento	Aniónica
EAI-60	60	Para Impregnación	Catiónica
ECR-60	60	Rápido	Catiónica
ECR-65	65	Rápido	Catiónica
ECR-70	70	Rápido	Catiónica
ECM-65	65	Medio	Catiónica
ECL-65	65	Lento	Catiónica
ECI-60	60	Para Impregnación	Catiónica
ECS-60	60	Sobre-Estabilizada	Catiónica

Tabla 2: Composición de la emulsión asfáltica

VENTAJAS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

En esta sección veremos qué ventajas tienen las emulsiones asfálticas sobre los asfaltos rebajados y las mezclas asfálticas en fundido (en caliente).

- Es un ligante asfáltico no contaminante ni peligroso, ya que contiene del 35 al 40% de agua como solvente.
- Su manejo es sencillo y seguro, gracias a su baja viscosidad a temperatura ambiente.
- Tiene un límite de almacenamiento y es muy amplio, ya que puede ser almacenado por semanas o meses, debido entre otras cosas a la igualdad de las densidades de sus componentes.
- Tiene una gran adhesión con cualquier agregado pétreo, a pesar de condiciones de humedad adversas debido a la enorme dispersión de las partículas de asfalto de tamaño muy pequeño y al uso de agentes emulsificantes de tipo catiónico.

- Se aplica en un lapso muy corto de tiempo, lo que permite la pronta funcionalidad de la obra en que se esté usando.
- Presenta un bajo costo de la fase dispersante, que es el agua.
- Se emplean materiales pétreos locales, lo que elimina la transportación de este tipo de materiales por grandes distancias.
- El equipo de aplicación es mucho más sencillo debido a que todos sus componentes se aplican a temperatura ambiente.
- Por su aplicación en frío, ayuda a no alterar el medio ambiente y queda suprimida la emisión de humos o gases.
- El empleo del agua como solvente no crea problema de su desperdicio, ya que es recuperable.

5. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

"Análisis del comportamiento del material de préstamo de cantera tratado con emulsión asfáltica para su utilización como sub-base en la estructura de pavimentos".

EN LO SOCIAL

En el presente proyecto se busca ganar resistencias en los materiales de las canteras "San José" y "MegaRok" con la utilización de la emulsión asfáltica, para que los ingenieros en la construcción de estructura de pavimentos usen este método para la utilización de sub-base.

EN LO ECONÓMICO

Gracias al esfuerzo personal de los estudiantes que conforman este grupo de proyecto de titulación, se pudo dotar de recursos para la elaboración de los ensayos en el laboratorio de suelo sobre la consistencia del material pétreo con la adición de una emulsión asfáltica en frio, donde se logró alcanzar la meta propuesta.

EN LO CIENTÍFICO

El conocimiento impartido a lo largo de la carrera permitió la elaboración de este proyecto de titulación y con la ayuda de la tutora y profesores de la especialidad de la Universidad, quienes compartieron su sapiencia en el estudio de los resultados obtenidos en el laboratorio de la universidad.

6. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación: **"**El material de préstamo de cantera tratado con emulsión asfáltica, cumplirá con las características necesarias para su utilización como sub-base en la estructura de pavimentos**".** Con un correcto tratamiento del material de préstamo extraído de la cantera "Megarok", con emulsión asfáltica; presenta una óptima resistencia al material. Este material tratado cumple con las especificaciones técnicas que deben poseer los materiales a emplearse como sub-base de las estructuras de pavimentos.

El material tratado representará técnica viable en las construcciones de carreteras, así garantizando la prolongación de la durabilidad de las carreteras y las funcionabilidades en su construcción.

7. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

7.1. OBJETIVOS

7.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el comportamiento del material de préstamo de cantera tratado con emulsión asfáltica para su utilización como sub-base en la estructura de pavimentos.

7.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Caracterizar el material de Préstamo en su estado natural (Material no aglomerado).
- Indagar resultados obtenidos de la muestra tratada con emulsión a partir de las normativas vigentes.
- Analizar la factibilidad del uso de emulsión asfáltica en el tratamiento de un material de préstamo que se utilizará como sub-base.

7.2. CAMPO DE ACCIÓN

Análisis de los materiales de las canteras "San José" y "MegaRok" en el laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí mediante una investigación de campo, empleando técnicas, experimentales y empíricas, para así comprobar la hipótesis planteada y establecer una alternativa para el aprovechamiento del material de préstamo de cantera.

La investigación, involucra un proceso de análisis experimentales, en los cuales se abarca la caracterización del material en forma natural y del material ya mezclado, utilizado el método hipotético deductivo, dado a que otorgará validez y fiabilidad a la investigación.

7.3. BENEFICIARIOS

El proyecto de titulación "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO DE CANTERA TRATADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUB-BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS" tiene dos tipos de beneficiarios los cual enunciaremos a continuación:

- Beneficiarios Directos
    - Los propietarios de la cantera de las canteras "San José" y "MegaRok"
    - Autores del trabajo de titulación.

- Beneficiarios Indirectos
    - Comunidad en general.
    - Los profesionales

8. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de esta investigación está compuesta por las Canteras “San José” y “MegaRok” de la provincia de Manabí, en las cuales se encontró el material granular para la realización de los respectivos ensayos de laboratorio.

MUESTREO

Para la realización del presente trabajo investigativo se utilizan dos tipos de canteras para poder tener una idea clara del tipo de material que existen en ellas y en la provincia de Manabí, y así mismo si los respectivos materiales cumplen con las especificaciones técnicas para ser utilizado en las estructuras de pavimento, sin embargo se puede establecer que el material existente en las respectivas canteras se puede mejorar con la ayuda de emulsión asfáltica, brindado óptimos resultandos a la estabilización de materiales en las estructuras de pavimentos.

UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE MATERIALES

CANTERA “SAN JOSE”

Esta cantera se encuentra ubicada en el Kilómetro 5.5 Vía Picoazá la Sequita



Imagen 3: Ubicación de la cantera “San José”

CANTERA “MEGAROK”

Esta cantera se encuentra ubicada en el Kilómetro 20 vía Picoazá - La Sequita.



Imagen 3: Ubicación de la cantera “MegaRok”

9. RECOLECCIONES DE LOS DATOS (ESTADÍSTICOS VERIFICACIÓN DE OBJETIVOS)

9.1. MUESTRAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La principal técnica de investigación empleada en este estudio es con la elaboración de ensayo de materiales realizados en el laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí, estos ensayos son aplicados a las muestras tomadas de los materiales extraídos de las Canteras “San José” y “MegaRok”.

9.2. METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS Y NORMAS EMPLEADAS.

Normas Empleadas

ASTM D-2216 Contenido de humedad Natural.

ASTM D-422 Análisis granulométrico por tamizado

ASTM D-4318 Limite plástico

ASTM D-2487 Clasificación SUCS-incluye granulometría y L.A.

AASHTO M-145 Clasificación ASSHTO-incluye granulometría L.A

ASTM D-1557 Ensayo de Proctor Modificado

ASTM D-140 Práctica estándar para el muestreo de los materiales bituminosos.

ASTM D-1883 C.B.R. (Incluye Proctor)

10. ANALISIS DE LOS DATOS ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS (DISCUSIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES)

10.1 HUMEDAD NATURAL.

9.1.1 OBJETIVO.

Determinar la humedad natural de una muestra del material de préstamo.

10.1.2 MUESTRA.

Las muestras del material el cual será estudiado mediante ensayos de laboratorios se tomaron de las canteras “San José” y “MegaRok”, el material se caracteriza por ser un material de préstamo.

10.1.3 MATERIALES Y EQUIPOS.

- Taras
- Estufa eléctrica
- Balanza

10.1.4 PROCEDIMIENTO.

- Se pesaron los Taras sin muestra en su interior.
- Se homogeneizó la muestra obtenida y se extrajeron dos porciones que fueron depositadas en los Taras
- Se pesaron nuevamente cada uno de los Taras con una cantidad de suelo determinada (en estado húmedo).
- Se sometieron las muestras pesadas a un secado directo por medio de una estufa eléctrica durante un periodo aproximado de 24 horas.
- Después de ese tiempo se pesaron las Taras con el suelo ya seco y se tabularon los datos.

10.1.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Después de realizado el procedimiento experimental en su totalidad, se obtuvieron los siguientes datos:

Tipo de material:	Material de préstamo						
Nombre de Cantera:	San José						
MUESTRA # 1							
Id. Tara	**Masa humedad + tara**	**Masa seca + tara**	**Masa de tara**	**Masa de agua**	**Masa suelo seco**	**Humedad**	
911	192,98 gr	156,96 gr	42,00 gr	36,02 gr	114,96 gr	31,33 %	**30,07 %**
B	167,69 gr	137,89 gr	35,82 gr	29,80 gr	102,07 gr	29,20 %	
13	240,89 gr	202,44 gr	72,93 gr	38,45 gr	129,51 gr	29,69 %	

Tabla 3: Humedad Natural de la Cantera "San José"

Tipo de material:	Material de Préstamo						
Nombre de Cantera:	MEGAROK S.A.						
MUESTRA # 2							
Id. Tara	**Masa humedad + tara**	**Masa seca + tara**	**Masa de tara**	**Masa de agua**	**Masa suelo seco**	**Humedad**	
KL	186,00 gr	161,17 gr	30,00 gr	24,83 gr	131,17 gr	18,93 %	**17,33 %**
K	234,00 gr	204,41 gr	30,00 gr	29,59 gr	174,41 gr	16,97 %	
A	216,00 gr	191,73 gr	41,00 gr	24,27 gr	150,73 gr	16,10 %	

Tabla 4: Humedad Natural de la Cantera "MegaRok"

Para calcular el peso del agua y el peso de los sólidos, se utilizan las siguientes fórmulas:

- Peso Húmedo = (M.T. + M.H) - M.T.
- Peso Seco = (M.T. + M.S) - M.T.
- Peso Agua = Peso Húmedo - Peso Seco

De las tablas anteriores podemos decir que la cantera "San José" tiene un porcentaje de humedad igual al 30,07% y la "MegaRok" uno del 17,33%.

10.2 GRANULOMÉTRIA

10.2.1 OBJETIVO

Conocer y determinar de manera adecuada la distribución de las partículas del material.

10.2.2 MUESTRA

Las muestras del material el cual será estudiado mediante ensayos de laboratorios se tomaron de las canteras “San José” y “MegaRok”, el material se caracteriza por ser un material de préstamo.

10.2.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza
    - Juego de tamices: Para granulometría gruesa (4”, 3”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, 3/8”, Nº4) y para granulometría fina (Nº 4, Nº 10, Nº 40, Nº 200)
- Estufa Eléctrica
- Bandeja con capacidad suficiente para colocar la muestra.
- Taras

10.2.4 PROCEDIMIENTO

10.2.4.1 GRANULOMETRIA GRUESA

- Para la realización de la granulometría gruesa primeo se pesa la muestra en la balanza, la cual deberá ser 500 gramos y cuarteamos el material.
- Luego de lleva se procede a tamizar para separar las diferentes partículas 3”, 4”, 3”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, 3/8” Nº4.
- Se procede a pesar cada fracción retenida por cada uno de los tamices.

10.2.4.2 GRANULOMETRIA FINA

- Para la granulometría fina se toma el material pasante en el tamiz No 4.
- Se vierte la muestra en el Tamiz No 200, teniendo el cuidado de no perder el material.
- Se comienza elimina las partículas inferiores al Tamiz No 200 (limos y arcillas) lavando el material, hasta que el agua salga limpia y clara. El

material retenido en el Tamiz No 200 será arena, ya que los finos fueron lavados

- Se realiza el mismo procedimiento con los demás tamices
- Se pesa el material retenido por cada uno de los tamices y se coloca en la estufa eléctrica por 24 horas, luego de haber transcurrido ese tiempo se pesa el material ya seco.

10.2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tipo de material: Lastre
Nombre de Cantera: San Jose

GRANULOMETRIA SERIE FINA

Tamiz	Peso Retenido Parcial	Peso Retenido Acumulado	Porcenjate Retenido	Porcentaje que Pasa	
N°4	0 gr	0,00 gr	0,00 %	100,00 %	
N°10	51,19 gr	51,19 gr	13,31 %	86,69 %	
N°40	107,93 gr	159,12 gr	41,37 %	58,63 %	
N°200	80,50 gr	239,62 gr	62,30 %	37,70 %	
PASA N° 200	145,00 gr	384,62 gr	100,00 %		
TOTAL	384,62 gr				

PESO INICIAL	500,00 gr
PESO INICIAL HUMEDO	500,00 gr
PESO SECO	384,62 gr

Tabla 5: Granulometría serie fina de la Cantera “San José”

Tipo de material: Material de Prestamo
Nombre de Cantera: San Jose

GRANULOMETRIA SERIE GRUESA

Tamiz	Peso Retenido Parcial	Peso Retenido Acumulado	Porcenjate Retenido	Porcentaje que Pasa	Porcentaje de Especificacion
4"	0 gr	0 gr	0,00 %	100,00 %	
3"	2110 gr	2110 gr	10,33 %	89,67 %	
2"	4875 gr	6985 gr	34,19 %	65,81 %	
1 1/2"	1435 gr	8420 gr	41,22 %	58,78 %	
1"	1365 gr	9785 gr	47,90 %	52,10 %	
3/4"	756 gr	10541 gr	51,60 %	48,40 %	
3/8"	1840 gr	12381 gr	60,61 %	39,39 %	
N°4	2010 gr	14391 gr	70,44 %	29,56 %	30-70
PASA n° 4	6038 gr	20429 gr	100,00 %		
TOTAL	20429 gr				

Tabla 6: Granulometría serie gruesa de la Cantera "San José"

Tipo de material: Lastre
Nombre de Cantera: MEGAROK S.A.

GRANULOMETRIA SERIE FINA

Tamiz	Peso Retenido Parcial	Peso Retenido Acumulado	Porcenjate Retenido	Porcentaje que Pasa	Porcentaje de Especificacion
N°4	0 gr	0,00 gr	0,00 %	100,00 %	
N°10	130,46 gr	130,46 gr	30,61 %	69,39 %	20-40
N°40	135,43 gr	265,89 gr	62,39 %	37,61 %	10-25
N°200	71,14 gr	337,03 gr	79,09 %	20,91 %	2-12
PASA N° 200	89,12 gr	426,15 gr	100,00 %		
TOTAL	426,15 gr				

PESO INICIAL	500,00 gr
PESO INICIAL HUMEDO	500,00 gr
PESO SECO	426,15 gr

Tabla 7: Granulometría serie fina de la Cantera "MegaRok"

Tipo de material: Lastre
Nombre de Cantera: SAN JOSE

GRANULOMETRIA SERIE GRUESA

Tamiz	Peso Retenido Parcial	Peso Retenido Acumulado	Porcenjate Retenido	Porcentaje que Pasa	Porcentaje de Especificacion
4"	0 gr	0 gr	0,00 %	100,00 %	
3"	2110 gr	2110 gr	10,33 %	89,67 %	
2"	4875 gr	6985 gr	34,19 %	65,81 %	
1 1/2"	1435 gr	8420 gr	41,22 %	58,78 %	
1"	1365 gr	9785 gr	47,90 %	52,10 %	
3/4"	756 gr	10541 gr	51,60 %	48,40 %	
3/8"	1840 gr	12381 gr	60,61 %	39,39 %	
N°4	2010 gr	14391 gr	70,44 %	29,56 %	
PASA n° 4	6038 gr	20429 gr	100,00 %		
TOTAL	20429 gr				

Tabla 8: Granulometría serie gruesa de la Cantera "MegaRok"

Al obtener los resultados granulométricos se los compara con la tabla Nº 403-1.1 de la sección 400 – Estructura de Pavimento de las especificaciones del MTOP y de acuerdo con la categorización tanto el material de la cantera "MegaRok" y el material de la cantera "San José" no cumplen los parámetros de graduaciones para un material de sub base que en esta se indican.

10.3 LÍMITE DE ATTERBERG

- **“Límite líquido:** Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
- **Límite plástico:** Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico”[12].

10.3.1 OBJETIVO

Conocer los límites de líquidos y plásticos del material de préstamo.

10.3.2 MUESTRA

Las muestras del material el cual será estudiado mediante ensayos de laboratorios se tomaron de las canteras “San José” y “MegaRok”, el material se caracteriza por ser un material de préstamo.

10.3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza
- Estufa eléctrica
- Taras
- Recipiente de porcelana
- Espátula
- Pipeta
- Placa de vidrio
- Equipo de Casagrande
- Calibrador

10.3.4 PROCEDIMIENTO

10.3.4.1 LIMITE LIQUIDO

- Primero se procede a humedecer la muestra y se homogeniza, se agrega el agua que se desea hasta formar una pasta y luego se deposita en la cazuela de bronce del equipo de Casagrande.

[12] https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg

- Con el granulador se procede a dividir la masa en dos mitades
- Una vez dividida se procede a levantar la cuchara del equipo de Casagrande (15, 25 y 40 golpes en cada ensayo respectivamente), ahí se determina el contenido de humedad (en %) con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia de estado líquido al plástico.

10.3.4.2 LIMITE PLÁSTICO

- Se toma una porción de material y se lo pasa por el tamiz Nº 40, el material que pasa por este tamiz se le agrega agua hasta obtener una mezcla posible de amasar.
- Se coloca esta pasta sobre la placa de vidrio y se amasa hasta formar un rollito o cilindro de 3mm de diámetro aproximadamente.
- Observar detenidamente el aspecto del cilindro, y al detectar grietas pronunciadas en su superficie tomar este e introducirlo en taras ya pesadas con anterioridad.
- Se repiten los pasos anteriores hasta obtener tres cilindros.
- Una vez ya obtenidos los tres cilindros se pesa las taras con el material húmedo y se lo lleva a la estufa donde se lo dejara reposar 24 horas, después de ese periodo se saca las muestras y se vuelven a pesar.

10.3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

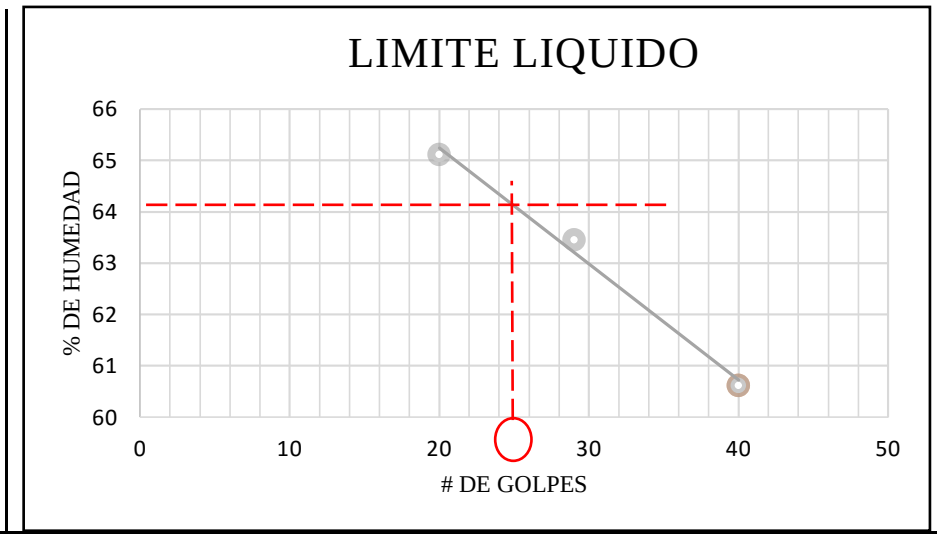
Después del ensayo pertinente se obtuvieron los siguientes valores:

Tipo de material: Material de Préstamo
Nombre de Cantera: San José

LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE LIQUIDO (L.L.)

# de golpes	Id. Tara	Masa humeda + tara	Masa seca + tara	Masa tara	Masa agua	Masa suelo seco	Humedad	
40	36	36,45 gr	28,80 gr	16,18 gr	7,65 gr	12,62 gr	60,62 %	63,06 %
29	32	36,19 gr	28,83 gr	17,23 gr	7,36 gr	11,60 gr	63,45 %	
20	89	39,43 gr	30,77 gr	17,47 gr	8,66 gr	13,30 gr	65,11 %	



L.L= 64,10 %

LIMITE PLASTICO (L.P.)

Id. Tara	Masa humeda + tara	Masa seca + tara	Masa tara	Masa agua	Masa suelo seco	Humedad	
86 A	8,28 gr	7,78 gr	6,63 gr	0,50 gr	1,15 gr	43,48 %	42,51 %
203	8,45 gr	7,94 gr	6,73 gr	0,51 gr	1,21 gr	42,15 %	
9	8,35 gr	7,91 gr	6,86 gr	0,44 gr	1,05 gr	41,90 %	

LÍMITE LÍQUIDO	64,10
LIMITE PLÁSTICO	42,51
INDICE PLÁSTICO	21,59

Tabla 9: Limites de Atterberg de la Cantera “San José”

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

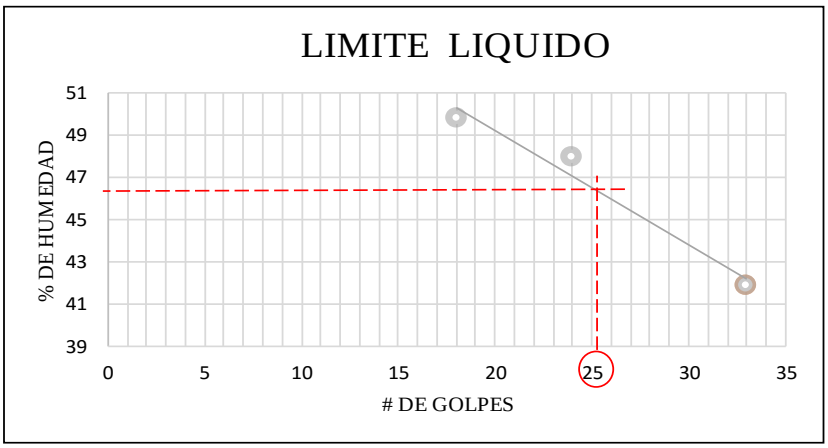
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Tipo de material: Lastre
Nombre de Cantera: MEGAROK S.A.

LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE LIQUIDO (L.L.)

# de golpes	Id. Tara	Masa humeda + tara	Masa seca + tara	Masa tara	Masa agua	Masa suelo seco	Humedad	
33	7	35,82 gr	30,26 gr	16,97 gr	5,56 gr	13,29 gr	41,84 %	
24	A8	44,26 gr	35,76 gr	18,02 gr	8,50 gr	17,74 gr	47,91 %	46,50 %
18	26	41,26 gr	33,90 gr	19,11 gr	7,36 gr	14,79 gr	49,76 %	



L.L= 46,50 %

LIMITE PLASTICO (L.P.)

Id. Tara	Masa humeda + tara	Masa seca + tara	Masa tara	Masa agua	Masa suelo seco	Humedad	
18	8,53 gr	8,05 gr	6,75 gr	0,48 gr	1,30 gr	36,92 %	
4	33,22 gr	32,30 gr	29,89 gr	0,92 gr	2,41 gr	38,17 %	37,35 %
1	33,15 gr	32,57 gr	31,00 gr	0,58 gr	1,57 gr	36,94 %	

LÍMITE LÍQUIDO	46,50
LIMITE PLÁSTICO	37,35
INDICE PLÁSTICO	9,15

Tabla 10: Limites de Atterberg de la Cantera “MegaRok”

Debido a los resultados presentados en las tablas anteriores se observan los índices plásticos de ambos materiales, se obtuvo un índice alto para el material de la cantera “San José” de 21% mientras que el material de “MegaRok” se obtuvo un índice plástico de 9% que será útil como lo especifica las normas que para una sub base debe estar entre el rango de 6 a 9%

10.4 ABRASIÓN

10.4.1 OBJETIVO

Determinar el desgaste que tiene el material de préstamo mediante el ensayo de abrasión mediante con el uso de la Maquina de los Ángeles.

10.4.2 MUESTRA

Las muestras del material el cual será estudiado mediante ensayos de laboratorios se tomaron de las canteras “San José” y “MegaRok”, el material se caracteriza por ser un material de préstamo.

10.4.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Máquina de los Ángeles.
- Taras
- Balanza
- Pala
- Tamices cuadrados (1”, 1 ½”; 1/2”, 3/8”)
- Esferas (N° 11)
- Tamiz #12

10.4.4 PROCEDIMIENTO

- Procedemos a poner el material por los diferentes tamices, de forma que por cada tamiz quede retenido 1250 gramos haciendo un total de 5000 gramos.
- Luego colocamos el material tamizado junto con las 11 esferas en la máquina de los ángeles
- Luego se hace girar este con una velocidad entre 30 y 33 rpm, girando hasta completar 500 vueltas teniendo en cuenta que la velocidad angular es constante.
- Luego una vez hecho esto sacamos todo el material triturado de la máquina de los ángeles y lo pasamos por el tamiz Nº 12 y pesamos lo que queda retenido y lo que pasa, la sumatoria de los dos pesos debe darnos igual a 5000 gramos.

10.4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tipo de material:	Material de Préstamo
Nombre de Cantera:	San José
DESGASTE DE AGREGADOS	
Peso del material	5000 gr
Ret Tamiz N°12	3400 gr
Pasa Tamiz N°12	1600 gr
Desgaste	32 %

Tabla 11: Abrasión de la Cantera "San José"

Tipo de material:	Material de Préstamo
Nombre de Cantera:	MEGAROK S.A.
DESGASTE DE AGREGADOS	
Peso del material	5000 gr
Ret Tamiz N°12	4050 gr
Pasa Tamiz N°12	950 gr
Desgaste	19 %

Tabla 12: Abrasión de la Cantera "MegaRok"

El desgaste que presentan ambas muestras es óptimo en base a especificaciones en donde dice que un material de Sub-base no puede tener más de 50% de desgaste y los resultados obtenidos cumplen de una manera óptima.

10.5 COMPACTACIÓN

10.5.1 OBJETIVO

Determinar la relación entre la humedad y el peso unitario del material compactado en un molde de un tamaño dado con un martillo de 10 lb que cae desde una altura de 45,72 cm

10.5.2 MUESTRA

Las muestras del material el cual será estudiado mediante ensayos de laboratorios se tomaron de las canteras “San José” y “MegaRok”, el material se caracteriza por ser un material de préstamo.

10.5.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Molde de compactación
- Martillo de compactación
- Balanza
- Tamices
- Estufa eléctrica

10.5.4 PROCEDIMIENTO

- Con el material seco procedemos a tomar 4 muestras de material previamente pasado por el tamiz 3/4, cada una de 500 gramos.
- Por cada muestra se agrega el 0%, 4%, 8% y 12% de humedad natural del suelo respectivamente, se mezcla el material y se lo divide en cinco partes iguales. Las cuales se van a ir introduciendo dentro del molde de compactación, por cada capa se darán 25 golpes con el martillo de forma que queden compactadas.
- Al terminar las cinco capas el recipiente debe ser enrazado y pesado, una pequeña porción de material se utiliza para la determinación de la humedad del material.

10.5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tipo de material: Material de Prestamos
Nombre de Cantera: San José

ENSAYO DE PROCTOR

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DEL MOLDE	
Tipo de Ensayo	Modificado	Masa del molde	5774 kg
# de Capas	5	Volumen del molde	2050 cm3
# de Golpes / Capas	56	Masa del martillo	10 lb
		Altura de caída	45,72 cm

DATOS PARA LA CURVA

ítems	1	2	3	4
Masa de suelo húmedo	3467 kg	3768 kg	3853 kg	3701 kg
Masa del molde + S.H.	9241 kg	9542 kg	9627 kg	9475 kg
Densidad Hum. del Suelo	1691 kg/cm3	1838 kg/cm3	1880 kg/cm3	1805 kg/cm3
Densidad seca del suelo	1332 kg/cm3	1391 kg/cm3	1358 kg/cm3	1276 kg/cm3

CONTENIDO DE AGUA

% H2O agregada acum.	0 ml	0 %	240 ml	4 %	480 ml	8 %	720 ml	12 %
Tara n°	5T	101T	50T	88	21	10	202	16
Tara + Suelo Húmedo	167,25 gr	170,90 gr	149,43 gr	145,22 gr	146,06 gr	166,55 gr	206,31 gr	192,34 gr
Tara + suelo seco	138,95 gr	140,46 gr	119,89 gr	117,59 gr	114,04 gr	128,45 gr	154,94 gr	145,00 gr
Peso del Agua	28,3 gr	30,44 gr	29,54 gr	27,63 gr	32,02 gr	38,10 gr	51,37 gr	47,34 gr
Peso de la Tara	31,00 gr	30,54 gr	29,47 gr	30,18 gr	29,84 gr	29,98 gr	30,97 gr	30,90 gr
Peso suelo Seco	107,95 gr	109,92 gr	90,42 gr	87,41 gr	84,20 gr	98,47 gr	123,97 gr	114,10 gr
% Contenido de agua	26,22 %	27,69 %	32,67 %	31,61 %	38,03 %	38,69 %	41,4 %	41,49 %
Cont. Prom. de Agua	26,95 %		32,14 %		38,36 %		41,46 %	

Tabla 13: Compactación de la Cantera “San José”

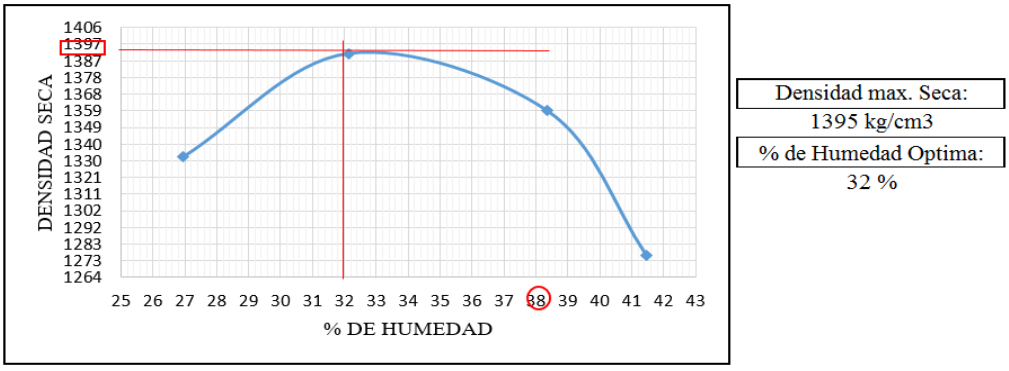


Grafico 1: Compactación cantera “San José”

Tipo de material: Material de Préstamo
Nombre de Cantera: MEGAROK S.A.

ENSAYO DE COMPACTACION

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DEL MOLDE	
Tipo de Ensayo	Modificado	Masa del molde	5805 kg
# de Capas	5	Volumen del molde	2104 cm3
# de Golpes / Capas	56	Masa del martillo	10 lb
		Altura de caída	45,72 cm

DATOS PARA LA CURVA

ítems	1	2	3	4
Masa de suelo húmedo	3692 kg	4143 kg	4249 kg	4059 kg
Masa del molde + S.H.	9497 kg	9948 kg	10054 kg	9864 kg
Densidad Hum. del Suelo	1755 kg/cm3	1969 kg/cm3	2019 kg/cm3	1929 kg/cm3
Densidad seca del suelo	1528 kg/cm3	1668 kg/cm3	1629 kg/cm3	1543 kg/cm3

CONTENIDO DE AGUA

% H2O agregada acum.	0 ml	0 %	240 ml	4 %	480 ml	8 %	720 ml	12 %
Tara n°	48	P2	A1	K2	B8	I2	2A	3
Tara + Suelo Húmedo	460,58 gr	367,48 gr	551,31 gr	412,86 gr	387,10 gr	479,15 gr	557,32 gr	513,49 gr
Tara + suelo seco	410,76 gr	325,83 gr	481,63 gr	355,30 gr	323,49 gr	398,31 gr	458,48 gr	428,33 gr
Peso del Agua	49,82 gr	41,65 gr	69,68 gr	57,56 gr	63,61 gr	80,84 gr	98,84 gr	85,16 gr
Peso de la Tara	80,40 gr	40,02 gr	90,95 gr	40,18 gr	47,90 gr	72,19 gr	75,95 gr	77,76 gr
Peso suelo Seco	330,36 gr	285,81 gr	390,68 gr	315,12 gr	275,59 gr	326,12 gr	382,53 gr	350,57 gr
% Contenido de agua	15,08 %	14,57 %	17,84 %	18,27 %	23,08 %	24,79 %	25,84 %	24,29 %
Cont. Prom. de Agua	14,83 %		18,05 %		23,93 %		25,07 %	

Tabla 14: Compactación de la Cantera “MegaRok”

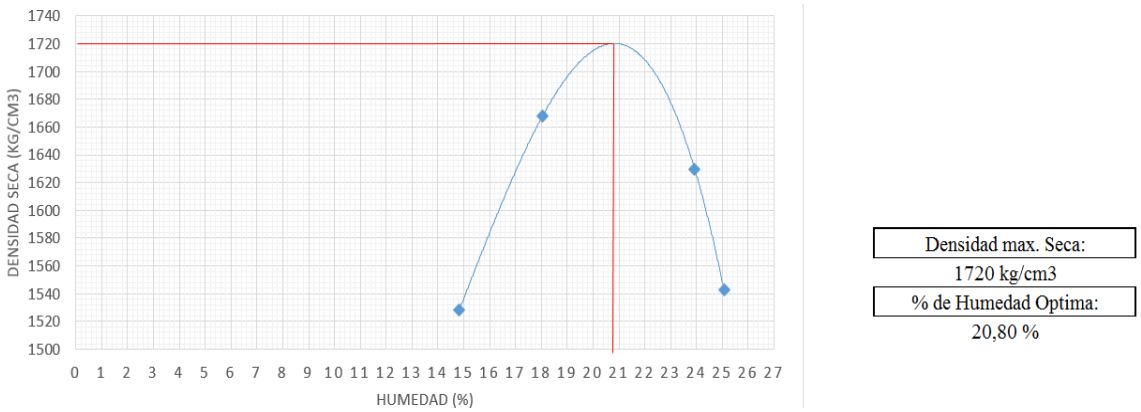


Grafico 2: Compactación cantera “MegaRok”

Para ambos casos empezamos el ensayo con un contenido de 0% de agua, es decir, en estado natural para luego aumentar a 4,8 y finalmente un 12% con el cual en ensayo ya se vuelve óptimo para realizar la curva con la cual obtenemos los datos de densidad seca y cuál es la humedad optima del material.

10.6 C.B.R.

10.6.1 OBJETIVO

Determinar la resistencia a la penetración del material

10.6.2 MUESTRA

Las muestras del material el cual será estudiado mediante ensayos de laboratorios se tomaron de las canteras “San José” y “MegaRok”, el material se caracteriza por ser un material de préstamo.

10.6.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Martillo de C.B.R.
- Molde de C.B.R.
- Disco espaciador
- Pisón
- Cargas
- Tamiz 3/4
- Aparato para medir expansión
- Estufa eléctrica

10.6.4 PROCEDIMIENTO

- Se pasa una gran cantidad del material por el tamiz Nº ¾.
- “Se toma la muestra de 5kg para cada molde de CBR.
- En función de la humedad optima y densidad máxima realizada en el ensayo de compactación, se añade la cantidad de agua necesaria a las muestras para ensayarlas en estado de humedad optima, además se toma una porción de muestra para efectuar el cálculo de contenido de humedad.
- Determinar dimensiones y masa del molde. Hecho esto, se ensambla el molde, con el collar y el plato base, y un disco espaciador, el cual debe tener registrada la altura.
- Se forma un espécimen compactando el suelo preparado, con el molde, en cinco capaz aproximadamente iguales, para una altura total de 125 mm. Cada capa será compactada con 56 golpes.

- Una vez compactado, se remueve el collar de extensión, y cuidadosamente se retira el material sobrante, con el enrasador, se aplana completamente el espécimen compactado. Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base, y se registra el peso.
- Se coloca en la parte superior del molde un vástago, con los anillos de sobrecarga. Y se toma una lectura inicial para medir el hinchamiento colocando el trípode en los bordes y el dial en el centro del vástago. Se sumerge el molde en el tanque y se toman lecturas continuas durante 4 días (en el caso de la inmersión).
- Después del periodo de inmersión, se sacan los moldes del tanque, se colocan en un sitio donde escurran durante 15 minutos, se retiran el vástago y las sobrecargas, se seca el molde y se pesa, para efectuar el ensayo de penetración.
- Inmediatamente después de haber pesado, se colocan las sobrecargas nuevamente, sin el vástago. El espécimen se coloca sobre la prensa y se añade el pistón. Se monta el dial medidor de manera que pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga inicial de 10 lb.
- Se enceran las agujas de los diales medidores y se aplican la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente del aparato de carga, con una velocidad uniforme de 1.27 (.05") por minuto. Y se anotan las lecturas de carga para las penetraciones de 0.025, 0.050, 0.075, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 pulgadas.
- Con el gato mecánico, se realiza la extracción de la muestra y se toman dos muestras para contenido de humedad de cada espécimen ensayado”[13].

10.6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

C.B.R. EN SECO

[13] AASHTO T 180

Tipo de material: Material de Prestamo
Nombre de Cantera: San Jose

ENSAYO DE C.B.R. (CALIFORNIAN BEARING RATIO) - SECO

HUMEDAD NATURAL

Id. Tara	Masa humeda + tara	Masa seca + tara	Masa de tara	Masa de agua	Masa suelo seco	Humedad
15	194,52 gr	156,96 gr	42,00 gr	37,56 gr	114,96 gr	32,67 %
10	168,40 gr	135,70 gr	35,82 gr	32,70 gr	99,88 gr	32,74 %
6	244,10 gr	201,96 gr	72,93 gr	42,14 gr	129,03 gr	32,66 %

ENSAYO DE C.B.R.

Molde N°	1	2	3
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por Capas	11	27	61
Peso muestra humeda + molde	10688 gr	10713 gr	10219 gr
Peso del Molde	7176 gr	6955 gr	6275 gr
Peso muestra humeda	3512 gr	3758 gr	3944 gr
Volumen del molde	2328 cm3	2323 cm3	2403 cm3
Densidad Humeda	1509 kg/m3	1618 kg/m3	1641 kg/m3
Densidad Seca	1137 kg/m3	1219 kg/m3	1237 kg/m3

Tabla 15: C.B.R. en seco de la Cantera “San José”

Tiempo		Penetracion	MOLDE 3 A 61 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	145	103,24			
60	1	50	353	251,33			
90		75	590	420,06			
120	2	100	851	605,89		61,85	**60,59**
180	3	150	1022	727,64			
240	4	200	1226	872,88		89,10	**87,29**
300	5	250	1341	954,76			
360	6	300	1483	1055,86			
480	8	400	1679	1195,40			
600	10	500	1896	1349,90			

Tabla 16: C.B.R. en seco 61 golpes de la Cantera “San José”

Tiempo		Penetracion	MOLDE 2 A 27 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	23	16,38			
60	1	50	160	113,92			
90		75	375	266,99			
120	2	100	508	361,68		36,92	**36,17**
180	3	150	681	484,85			
240	4	200	825	587,38		59,96	**58,74**
300	5	250	914	650,74			
360	6	300	1015	722,65			
480	8	400	1150	818,77			
600	10	500	1292	919,87			

Tabla 17: C.B.R. en seco 27 golpes de la Cantera “San José”

Tiempo		Penetracion	MOLDE 1 A 11 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	51	36,31			
60	1	50	107	76,18			
90		75	162	115,34			
120	2	100	223	158,77		16,21	**15,88**
180	3	150	278	197,93			
240	4	200	350	249,19		25,44	**24,92**
300	5	250	417	296,89			
360	6	300	474	337,48			
480	8	400	577	410,81			
600	10	500	678	482,72			

Tabla 18: C.B.R. en seco 11 golpes de la Cantera “San José”

HUMEDAD NATURAL							
Id. Tara	**Masa humeda + tara**	**Masa seca + tara**	**Masa de tara**	**Masa de agua**	**Masa suelo seco**	**Humedad**	
AA34	76,47 gr	63,65 gr	17,81 gr	12,82 gr	45,84 gr	27,97 %	28,03 %
24	74,46 gr	61,62 gr	15,90 gr	12,84 gr	45,72 gr	28,08 %	
							28,76 %
B17	86,51 gr	70,85 gr	16,40 gr	15,66 gr	54,45 gr	28,76 %	
							27,91 %
A3	92,31 gr	76,11 gr	18,06 gr	16,20 gr	58,05 gr	27,91 %	

ENSAYO DE C.B.R.			
Molde N°	D3	J3	R3
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por Capas	61	27	11

Peso muestra humeda + molde	11940 gr	12064 gr	11599 gr
Peso del Molde	6780 gr	7833 gr	7756 gr
Peso muestra humeda	5160 gr	4231 gr	3843 gr
Volumen del molde	2403 cm3	2323 cm3	2328 cm3
Densidad Humeda	2148 kg/m3	1822 kg/m3	1651 kg/m3
Densidad Seca	1678 kg/m3	1415 kg/m3	1290 kg/m3

Tabla 19: C.B.R. en seco de la Cantera “MegaRok”

Tiempo		Penetracion	MOLDE D3 A 61 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	22	15,66			
60	1	50	87	61,94			
90		75	115	81,88			
120	2	100	135	96,12		9,8	**9,61**
180	3	150	170	121,04			
240	4	200	198	140,97		9,6	
300	5	250	245	174,43			
360	6	300	299	212,88			
480	8	400	378	269,13			
600	10	500	412	293,33			

Tabla 20: C.B.R. en seco 61 golpes de la Cantera “MegaRok”

Tiempo		Penetracion	MOLDE J3 A 26 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	14	9,97			
60	1	50	37	26,34			
90		75	61	43,43			
120	2	100	88	62,65		6,4	**6,27**
180	3	150	115	81,88			
240	4	200	144	102,52		7,0	
300	5	250	181	128,87			
360	6	300	217	154,50			
480	8	400	274	195,08			
600	10	500	325	231,39			

Tabla 21: C.B.R. en seco 27 golpes de la Cantera “MegaRok”

Tiempo		Penetracion	MOLDE R3 A 11 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	7	4,98			
60	1	50	16	11,39			
90		75	34	24,21			
120	2	100	74	52,69		5,4	**5,27**
180	3	150	105	74,76			
240	4	200	168	119,61		8,1	
300	5	250	207	147,38			
360	6	300	246	175,15			
480	8	400	317	225,70			
600	10	500	387	275,53			

Tabla 22: C.B.R. en seco 11 golpes de la Cantera “MegaRok”

C.B.R EN INMERSIÓN

Tipo de material: Material de Prestamo
Nombre de Cantera: San Jose

ENSAYO DE C.B.R. (CALIFORNIAN BEARING RATIO) - SUMERGIDO

HUMEDAD NATURAL

Id. Tara	Masa humeda + tara	Masa seca + tara	Masa de tara	Masa de agua	Masa suelo seco	Humedad	
8	224,68 gr	188,35 gr	41,46 gr	36,33 gr	146,89 gr	24,73 %	24,68 %
42	332,42 gr	275,01 gr	41,82 gr	57,41 gr	233,19 gr	24,62 %	
3	338,15 gr	279,02 gr	42,21 gr	59,13 gr	236,81 gr	24,97 %	24,86 %
3A	336,93 gr	278,27 gr	41,34 gr	58,66 gr	236,93 gr	24,76 %	
L	183,91 gr	153,21 gr	31,02 gr	30,70 gr	122,19 gr	25,12 %	25,10 %
K	208,16 gr	172,54 gr	30,44 gr	35,62 gr	142,10 gr	25,07 %	

ENSAYO DE C.B.R.

Molde N°	2	1	3
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por Capas	61	27	11
Peso muestra humeda + molde	10979 gr	10377 gr	9700 gr
Peso del Molde	6912 gr	6636 gr	6614 gr
Peso muestra humeda	4067 gr	3741 gr	3086 gr
Volumen del molde	2403 cm3	2323 cm3	2328 cm3
Densidad Humeda	1693 kg/m3	1611 kg/m3	1325 kg/m3
Densidad Seca	1358 kg/m3	1290 kg/m3	1060 kg/m3

Tabla 23: C.B.R. en inmersión de la Cantera “San José”

Dia y mes	Hora	Tiempo Transcurrido	Molde N° 2 a 61 Golpes			
			Lectura	Altura	Esponjamiento	
					pulg	%
1/12/2015	3:00	1	210	5	0,21	4,2
2/12/2015	3:00	2	215	5	0,215	4,3
3/12/2015	3:00	3	217	5	0,217	4,34
4/12/2015	3:00	3	217	5	0,217	4,34

Tabla 24: C.B.R. en inmersión esponjamiento Molde Nº 2 de 61 golpes de la Cantera “San José”

Dia y mes	Hora	Tiempo Transcurrido	Molde N° 1 a 27 Golpes			
			Lectura	Altura	Esponjamiento	
					pulg	%
1/12/2015	3:00	1	240	5	0,24	4,8
2/12/2015	3:00	2	244	5	0,244	4,88
3/12/2015	3:00	3	245	5	0,245	4,9
4/12/2015	3:00	3	249	5	0,249	4,98

Tabla 25: C.B.R. en inmersión esponjamiento Molde Nº 1 de 27 golpes de la Cantera “San José”

Dia y mes	Hora	Tiempo Transcurrido	Molde N° 3 a 11 Golpes			
			Lectura	Altura	Esponjamiento	
					pulg	%
1/12/2015	3:00	1	140	5	0,14	2,8
2/12/2015	3:00	2	147	5	0,147	2,94
3/12/2015	3:00	3	150	5	0,15	3
4/12/2015	3:00	3	152	5	0,152	3,04

Tabla 26: C.B.R. en inmersión esponjamiento Molde Nº 3 de 11 golpes de la Cantera "San José"

Tiempo		Penetracion	MOLDE N° 2 a 61 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	12	8,54			
60	1	50	25	17,80			
90		75	46	32,75			
120	2	100	65	46,28		4,72	**4,63**
180	3	150	112	79,74			
240	4	200	156	111,07		11,34	
300	5	250	180	128,16			
360	6	300	208	148,09			
480	8	400	236	168,03			
600	10	500	261	185,83			

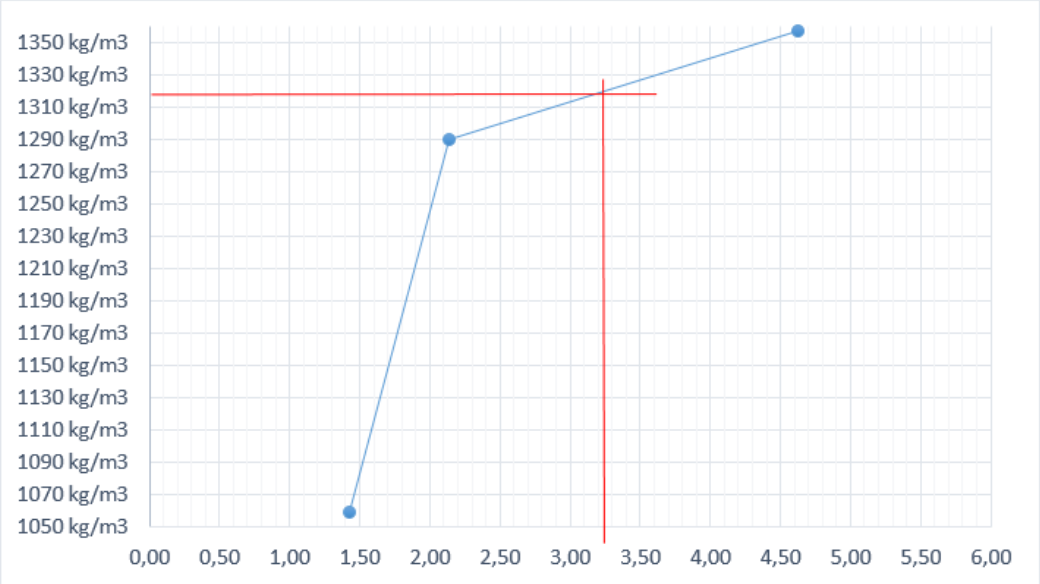
Tabla 27: C.B.R. en inmersión Molde Nº 2 de 61 golpes de la Cantera "San José

Tiempo		Penetracion	MOLDE N° 1 a 27 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	8	5,70			
60	1	50	15	10,68			
90		75	22	15,66			
120	2	100	30	21,36		2,18	**2,14**
180	3	150	47	33,46			
240	4	200	65	46,28		4,72	
300	5	250	79	56,25			
360	6	300	95	67,64			
480	8	400	114	81,17			
600	10	500	129	91,84			

Tabla 28: C.B.R. en inmersión Molde Nº 1 de 27 golpes de la Cantera "San José

Tiempo		Penetracion	MOLDE N° 3 a 11 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estandar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	6	4,27			
60	1	50	11	7,83			
90		75	16	11,39			
120	2	100	20	14,24		1,45	**1,42**
180	3	150	33	23,50			
240	4	200	41	29,19			
300	5	250	51	36,31			
360	6	300	58	41,29			
480	8	400	70	49,84			
600	10	500	82	58,38			

Tabla 29: C.B.R. en inmersión Nº 3 de 11 golpes de la Cantera “San José”



VALOR DEL CBR = 3,25

Grafico 3: C.B.R. en inmersión cantera “San José”

Tipo de material: Lastre

Nombre de Cantera: MEGAROK S.A.

ENSAYO DE C.B.R. (CALIFORNIAN BEARING RATIO) - SUMERGIDO

HUMEDAD NATURAL

Id. Tara	Masa humeda + tara	Masa seca + tara	Masa de tara	Masa de agua	Masa suelo seco	Humedad	
AA34	76,47 gr	63,65 gr	17,81 gr	12,82 gr	45,84 gr	27,97 %	28,03 %
24	74,46 gr	61,62 gr	15,90 gr	12,84 gr	45,72 gr	28,08 %	
							28,76 %
B17	86,51 gr	70,85 gr	16,40 gr	15,66 gr	54,45 gr	28,76 %	
							27,91 %
A3	92,31 gr	76,11 gr	18,06 gr	16,20 gr	58,05 gr	27,91 %	

ENSAYO DE C.B.R.

Molde N°	D3	J3	R3
Numero de capas	5	5	5
Numero de Golpes por Capas	61	27	11

Peso muestra humeda + molde	11940 gr	12064 gr	11599 gr
Peso del Molde	6780 gr	7833 gr	7756 gr
Peso muestra humeda	5160 gr	4231 gr	3843 gr
Volumen del molde	2403 cm3	2323 cm3	2328 cm3
Densidad Humeda	2148 kg/m3	1822 kg/m3	1651 kg/m3
Densidad Seca	1678 kg/m3	1415 kg/m3	1290 kg/m3

Tabla 30: C.B.R. en inmersión de la Cantera "MegaRok"

Dia y mes	Hora	Tiempo Transcurrido	Molde N° D3 a 61 Golpes			
			Lectura	Altura	Esponjamiento	
					pulg	%
1/12/2015	3:00	1	58	5	0,058	1,16
2/12/2015	3:00	2	58	5	0,058	1,16
3/12/2015	3:00	3	58	5	0,058	1,16
4/12/2015	3:00	3	58	5	0,058	1,16

Tabla 31: C.B.R. en inmersión esponjamiento Molde Nº D3 de 56 golpes de la Cantera "MegaRok"

Día y mes	Hora	Tiempo Transcurrido	Molde N° J3 a 26 Golpes			
			Lectura	Altura	Esponjamiento	
					pulg	%
1/12/2015	3:00	1	51	5	0,051	1,02
2/12/2015	3:00	2	51	5	0,051	1,02
3/12/2015	3:00	3	51	5	0,051	1,02
4/12/2015	3:00	3	51	5	0,051	1,02

Tabla 32: C.B.R. en inmersión esponjamiento Molde Nº J3 de 25 golpes de la Cantera "MegaRok"

Día y mes	Hora	Tiempo Transcurrido	Molde N° R3 a 11 Golpes			
			Lectura	Altura	Esponjamiento	
					pulg	%
1/12/2015	3:00	1	31	5	0,031	0,62
2/12/2015	3:00	2	31	5	0,031	0,62
3/12/2015	3:00	3	31	5	0,031	0,62
4/12/2015	3:00	3	31	5	0,031	0,62

Tabla 33: C.B.R. en inmersión esponjamiento Molde Nº R3 de 10 golpes de la Cantera "MegaRok"

Tiempo		Penetración	MOLDE D3 A 61 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estándar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	22	15,66			
60	1	50	87	61,94			
90		75	115	81,88			
120	2	100	135	96,12		9,8	**9,61**
180	3	150	170	121,04			
240	4	200	198	140,97		9,6	
300	5	250	245	174,43			
360	6	300	299	212,88			
480	8	400	378	269,13			
600	10	500	412	293,33			

Tabla 34: C.B.R. en inmersión Molde Nº D3 de 56 golpes de la Cantera "MegaRok"

Tiempo		Penetración	MOLDE J3 A 26 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estándar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	14	9,97			
60	1	50	37	26,34			
90		75	61	43,43			
120	2	100	88	62,65		6,4	**6,27**
180	3	150	115	81,88			
240	4	200	144	102,52		7,0	
300	5	250	181	128,87			
360	6	300	217	154,50			
480	8	400	274	195,08			
600	10	500	325	231,39			

Tabla 35: C.B.R. en inmersión Molde Nº J3 de 25 golpes de la Cantera "MegaRok"

Tiempo		Penetración	MOLDE R3 A 11 GOLPES				
Seg.	Min.		Carga	Presiones	Presiones Corregidas	Presiones Estándar	Valores C.B.R.
		0		0			
30		25	7	4,98			
60	1	50	16	11,39			
90		75	34	24,21			
120	2	100	74	52,69		5,4	**5,27**
180	3	150	105	74,76			
240	4	200	168	119,61		8,1	
300	5	250	207	147,38			
360	6	300	246	175,15			
480	8	400	317	225,70			
600	10	500	387	275,53			

Tabla 36: C.B.R. en inmersión Molde Nº R3 de 10 golpes de la Cantera "MegaRok"

Valor de C.B.R. = 9,10

Valor de C.B.R. = 9,10

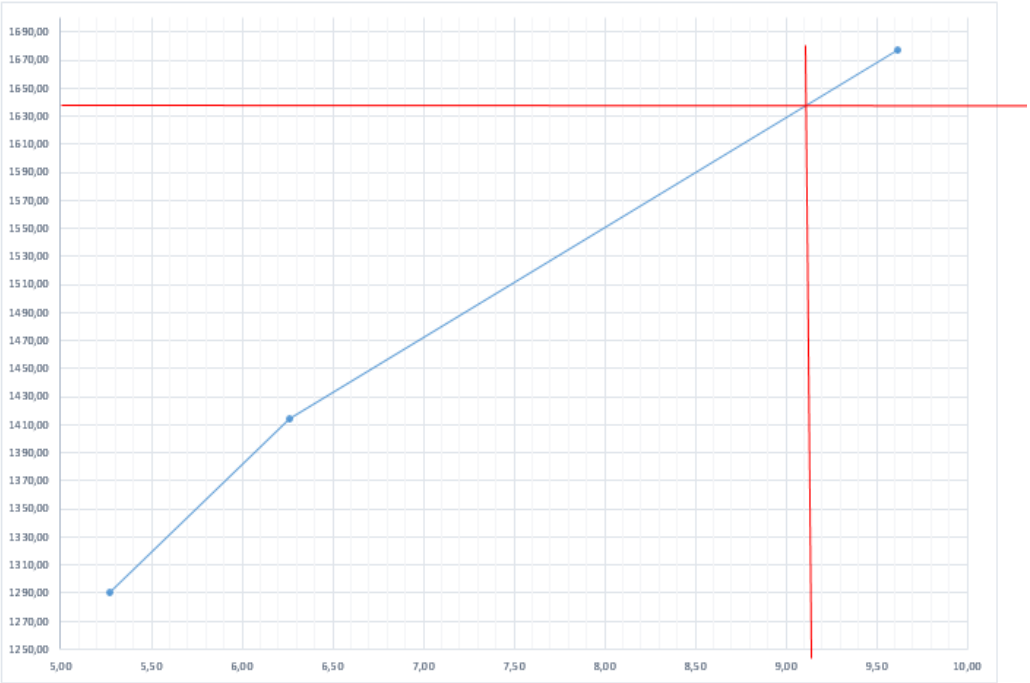


Grafico 4: C.B.R. en inmersión cantera “MegaRok”

Se Realiza un estudio para conocer cuál es la resistencia que tienen los dos materiales de cantera en estado natural, se analizó los estudios en seco que arrojaron datos estadísticamente aceptables con un CBR para la cantera de “MegaRok” de 66% y para el de la cantera de “San José” de 56% mientras que sumergidos en la piscina por 4 días se obtuvo un CBR de 9,10% y 3,25% respectivamente.

Lo establecido en las especificaciones menciona que un de material de sub base debe tener mínimo un porcentaje de 30% en CBR por lo tanto estos materiales están por debajo de lo establecido.

10.7 CBR CON EMULSION

Una vez ensayados los materiales de ambas canteras y con resultados obtenidos hemos decidido trabajar con el material mas favorable y que se comporto mejor en su caracterizacion, por lo tanto el material que se va a estabilizar es el de la cantera Megarok que es un material de prestamo y como se lo conoce en la cantera "Lastre" y se vende bajo el codigo No. 10016473 en las instalaciones de Picoaza y que tiene un precio unitario de 45 centavos de dólar el metro cubico.

Una vez caracterizado el material en su estado natural y posteriormente haber obtenido los resultados, se realizo la caracterizacion con el emulsificante que se escogio para mezclar con el material.

10.7.1. CALCULO DEL PORCENTAJE DE AGUA Y EMULSION A AGREGAR

La estabilizacion con emulsion se da en funcion de la humedad optima que tiene el material utilizado para poder adicionar ciertas dosis de emulsiuon asfaltica y agua.

Una vez conocida la humedad optima del material en el ensayo de compactacion y de humedad natural que tiene el material se procede a dosificar tomando para la emulsion un contenido de 5, 7 y 9% del peso seco del material tratado.

Como es un ensayo de CBR convencional se utilizo 6000 gramos de material pasante por el tamiz ¾" este peso que contiene una humedad natural del 11% se convierten en 5405.41 gramos totalmente secos que seria el peso seco a multiplicar por el porcentaje de aditivo que se va a incorporar dando la cantidad en peso que se debe añadir a la muestra en los distintos puntos como son 5, 7 y 9%.

La cantidad de agua a agregar para completar el 20.80% de la humedad optima se la obtiene de la siguiente manera:

% de agua = humedad optima - humedad natural - % de emulsion

Y este porcentaje obtenido de agua se lo multiplica por el peso seco del material.

10.7.2 PPROCEDIMIENTO

El ensayo es sumamente igual a un cbr convencional con la unica diferencia que el material esta mezclado con el aditivo.

Siempre y cuando se tengan los valores y porcentajes correctos se empieza a mezclar homogeneamente el material con sus respectivos porcetajes en aditivo y agua, se

empieza a dar energia al ensayo de CBR, empleando el de 61 golpes por cada capa y contando con las 5 capas respectivas

Para ambos casos en CBR en seco y CBR en inmersion se dejan las probetas por 24 horas al horno de 100 - 110 grados centigrados, en el caso del CBR seco al sacarlo del horno se lo deja refrescar por 20 minutos y se lo lleva a penetrar a la maquina de marshall y en caso del CBR en inmersion se lo saca del horno y se espera que se refresque y se lo sumerge en agua por 84 horas como lo dice la norma para luego llevar a penetrar a la maquina de marshall tambien y obtener datos y poder procesarlos

EMULSION AL 5%

DATOS		
HUMEDAD OPTIMA	21%	
HUMEDAD NATURAL	11,00%	0,11
MUESTRA	6000	gr
% de emulsion	5%	0,05
peso de la tara =	4258	gr

% de agua = humedad optima - humedad natural - % de emulsion	5,00%
emulsion=% de emulsion*peso seco	270,27
peso seco = muestra/(1+(HN/100))	5405,41
peso de emulsion = emulsion + peso de agua añadir + muestra	6540,54
peso del agua añadir = % de agua *peso seco	270,270
peso del agua añadir + muestra	6270,3 ok
peso de agua añadir + tara + emulsion	10798,54
peso de agua añadir + tara	10528,3

Tabla 37: C.B.R. con 5% emulsión de la Cantera “MegaRok”

EMULSION AL 7%

DATOS		
HUMEDAD OPTIMA	21%	
HUMEDAD NATURAL	11,00%	0,11
MUESTRA	6000	gr
% de emulsion	7%	0,07
peso de la tara =	4258	gr

% de agua = humedad optima - humedad natural - % de emulsion	3,00%
emulsion=% de emulsion*peso seco	378,38
peso seco = muestra/(1+(hn/100))	5405,41
peso de emulsion = emulsion + peso de agua añadir + muestra	6540,54
peso del agua añadir = % de agua *peso seco	162,162
peso del agua añadir + muestra	6162,2 ok
peso de agua añadir + tara + emulsion	10798,54
peso de agua añadir + tara	10420,2

Tabla 38: C.B.R. con 7% emulsión de la Cantera "MegaRok"

EMULSION AL 9%

DATOS		
HUMEDAD OPTIMA	21%	
HUMEDAD NATURAL	11,00%	0,11
MUESTRA	6000	gr
% de emulsion	9%	0,09
peso de la tara =	4258	gr

% de agua = humedad optima - humedad natural - % de emulsion	1,00%
emulsion=% de emulsion*peso seco	486,49
peso seco = muestra/(1+(hn/100))	5405,41
peso de emulsion = emulsion + peso de agua añadir + muestra	6540,54
peso del agua añadir = % de agua *peso seco	54,054
peso del agua añadir + muestra	6054,1 ok
peso de agua añadir + tara + emulsion	10798,54
peso de agua añadir + tara	10312,1

Tabla 39: C.B.R. con 9% emulsión de la Cantera "MegaRok"

CBR SECO 5%

TIEMPO		Penetrac .pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°7					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	130		55,0			
60	1	50	482		203,9			
90		75	958		405,2			
120	2	100	1262		533,7		93,14	93,1
180	3	150	2058		870,4			
240	4	200	2429		1027,3		119,48	119,5
300	5	250	2638		1115,7			
360	6	300	2828		1196,1			
480	8	400	3105		1313,2			
600	10	500	3355		1418,9			

Tabla 40: C.B.R. con 5% emulsión en seco Molde 7 de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac .pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°Q					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	103		43,6			
60	1	50	429		181,4			
90		75	947		400,5			
120	2	100	1206		510,1		89,00	89,0
180	3	150	2089		883,5			
240	4	200	2435		1029,8		119,77	119,8
300	5	250	2685		1135,6			
360	6	300	2801		1184,6			
480	8	400	3159		1336,0			
600	10	500	3420		1446,4			

Tabla 41: C.B.R. con 5% emulsión en seco Molde Q de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac .pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°R					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	115		48,6			
60	1	50	432		182,7			
90		75	961		406,4			
120	2	100	1200		507,5		88,56	88,6
180	3	150	2000		845,9			
240	4	200	2411		1019,7		118,59	118,6
300	5	250	2701		1142,3			
360	6	300	2899		1226,1			
480	8	400	3214		1359,3			
600	10	500	3384		1431,2			

Tabla 42: C.B.R. con 5% emulsión en seco Molde R de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

	61 GOLPES MOLDE N° 61		61 GOLPES MOLDE N° 11		61 GOLPES MOLDE N°27	
	Antes DEL HORNO	Despues del HORNO	Antes del HORNO	Despues del HORNO	Antes del HORNO	Despues del HORNO
Peso muestra humeda+Molde	11492	10755	11321	10600	11369	10649
Peso del Molde	7211	7211	7211	7211	7211	7211
Peso Humeda+5% DE EMULSIOI	4281	3544	4110	3389	4158	3438
Volumen de la Muestra	2256	2256	2256	2256	2256	2256
Densidad Humeda	1897,61	1570,92	1821,81	1502,22	1843,09	1523,94
Densidad Seca	1570,92	1570,92	1502,22	1502,22	1523,94	1523,94

Tabla 43: C.B.R. con 5% emulsión en seco antes y después del horno de la Cantera "MegaRok"

TARA N°	L1	T7	3
Peso muestra húmeda + tara	11492	11321	11369
Peso muestra seca + tara	10755	10600	10649
Peso Agua+5% de emulsión	737,00	721,00	720,00
Peso Tarro	7211	7211	7211
Peso Muestra Seca	3544	3389	3438
Contenido de Humedad %	20,80	21,27	20,94
Contenido promedio de H	20,80	21,27	20,94

Tabla 44: C.B.R. con 5% emulsión en seco de la Cantera "MegaRok" - Resultados

CBR SECO 7%

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°M					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	228		96,4			
60	1	50	454		192,0			
90		75	692		292,7			
120	2	100	1064		450,0		78,52	78,7
180	3	150	1605		678,8			
240	4	200	2044		864,5		100,54	100,8
300	5	250	2249		951,2			
360	6	300	2404		1016,7			
480	8	400	2798		1183,4			
600	10	500	3166		1339,0			

Tabla 45: C.B.R. con 7% emulsión en seco Molde M de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°N					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	201		85,0			
60	1	50	391		165,4			
90		75	712		301,1			
120	2	100	1038		439,0		76,61	76,8
180	3	150	1725		729,6			
240	4	200	2109		892,0		103,74	104,0
300	5	250	2299		972,3			
360	6	300	2655		1122,9			
480	8	400	2800		1184,2			
600	10	500	3208		1356,8			

Tabla 46: C.B.R. con 7% emulsión en seco Molde N de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°10					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	195		82,5			
60	1	50	403		170,4			
90		75	855		361,6			
120	2	100	1001		423,4		73,87	74,0
180	3	150	1563		661,0			
240	4	200	2190		926,2		107,72	108,0
300	5	250	2287		967,3			
360	6	300	2551		1078,9			
480	8	400	2605		1101,7			
600	10	500	3103		1312,4			

Tabla 47: C.B.R. con 7% emulsión en seco Molde 10 de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

	61 GOLPES MOLDE N° M		61 GOLPES MOLDE N° N		61 GOLPES MOLDE N° 10	
	Antes DEL HORNO	Despues del HORNO	Antes del HORNO	Despues del HORNO	Antes del HORNO	Despues del HORNO
Peso muestra humeda+Molde	11173	10485	11426	10702	11089	10410
Peso del Molde	6940	6940	6940	6940	6940	6940
Peso Humeda+5% DE EMULSIC	4233	3545	4486	3762	4149	3470
Volumen de la Muestra	2256	2256	2256	2256	2256	2256
Densidad Humeda	1876,33	1571,37	1988,48	1667,55	1839,10	1538,12
Densidad Seca	1571,37	1571,37	1667,55	1667,55	1538,12	1538,12

Tabla 48: C.B.R. con 7% emulsión en seco antes y después del horno de la Cantera "MegaRok"

TARA N°	33	T6	T8
Peso muestra húmeda + tara	11173	11426	11089
Peso muestra seca + tara	10485	10702	10410
Peso Agua+5% de emulsión	688,00	724,00	679,00
Peso Tarro	6940	6940	6940
Peso Muestra Seca	3545	3762	3470
Contenido de Humedad %	19,41	19,25	19,57
Contenido promedio de H	19,41	19,25	19,57

Tabla 49: C.B.R. con 7% emulsión en seco de la Cantera "MegaRok" - Resultados

CBR SECO 9%

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°EXA					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	160		67,7			
60	1	50	428		181,0			
90		75	718		303,7			
120	2	100	1001		423,4		73,87	73,9
180	3	150	1394		589,6			
240	4	200	1656		700,4		81,46	81,5
300	5	250	1925		814,1			
360	6	300	2110		892,4			
480	8	400	2478		1048,0			
600	10	500	2709		1145,7			

Tabla 50: C.B.R. con 9% emulsión en seco Molde EXA de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°8A					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	135		57,1			
60	1	50	378		159,9			
90		75	685		289,7			
120	2	100	989		418,3		72,99	73,0
180	3	150	1356		573,5			
240	4	200	1619		684,7		79,64	79,6
300	5	250	1983		838,7			
360	6	300	2052		867,9			
480	8	400	2429		1027,3			
600	10	500	2778		1174,9			

Tabla 51: C.B.R. con 9% emulsión en seco Molde 8A de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°M3					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	160		67,7			
60	1	50	428		181,0			
90		75	718		303,7			
120	2	100	946		400,1		69,82	69,8
180	3	150	1450		613,3			
240	4	200	1700		719,0		83,62	83,6
300	5	250	1902		804,4			
360	6	300	2074		877,2			
480	8	400	2405		1017,2			
600	10	500	2841		1201,6			

Tabla 52: C.B.R. con 9% emulsión en seco Molde EXA de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

	61 GOLPES MOLDE N°EXA		61 GOLPES MOLDE N° 8A		61 GOLPES MOLDE N° M3	
	Antes DEL HORNO	Despues del HORNO	Antes del HORNO	Despues del HORNO	Antes del HORNO	Despues del HORNO
Peso muestra humeda+Molde	10017	9345	10369	9664	10253	9512
Peso del Molde	6022	6022	6022	6022	6022	6022
Peso Humeda+9% DE EMULSIO	3995	3323	4347	3642	4231	3490
Volumen de la Muestra	2256	2256	2256	2256	2238	2238
Densidad Humeda	1770,83	1472,96	1926,86	1614,36	1890,53	1559,43
Densidad Seca	1472,96	1472,96	1614,36	1614,36	1559,43	1559,43

Tabla 53: C.B.R. con 9% emulsión en seco antes y después del horno de la Cantera "MegaRok"

TARA N°	2.2	17	3
Peso muestra húmeda + tara	10017	10369	10253
Peso muestra seca + tara	9345	9664	9512
Peso Agua+5% de emulsión	672,00	705,00	741,00
Peso Tarro	6022	6022	6022
Peso Muestra Seca	3323	3642	3490
Contenido de Humedad %	20,22	19,36	21,23
Contenido promedio de H	20,22	19,36	21,23

Tabla 54: C.B.R. con 9% emulsión en seco de la Cantera "MegaRok" - Resultados

Los datos revelaron que con un 5% de emulsión asfáltica da un porcentaje mayor de los CBR con los dos porcentajes restantes, pero esto no quiere decir que sea el porcentaje optimo y definitivo, pues en nuestro país se da referencia al CBR en inmersión debido a los eventos de inviernos que acontecen quien da su porcentaje en su manera más crítica para que sea relevante al estudio.

CBR INMERSION 5%

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°7					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	42		17,8			
60	1	50	154		65,1			
90		75	348		147,2		kg	lb/pulg2
120	2	100	549		232,2		40,52	40,6
180	3	150	967		409,0			
240	4	200	1160		490,6		57,06	57,2
300	5	250	1288		544,7			
360	6	300	1379		583,2			
480	8	400	1488		629,3			
600	10	500	1594		674,2			

Tabla 55: C.B.R. con 5% emulsión en inmersión Molde 7 de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°Q					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	49		20,7			
60	1	50	162		68,5			
90		75	357		151,0			
120	2	100	532		225,0		39,26	39,3
180	3	150	889		376,0			
240	4	200	1134		479,6		55,78	55,9
300	5	250	1300		549,8			
360	6	300	1369		579,0			
480	8	400	1429		604,4			
600	10	500	1602		677,5			

Tabla 56: C.B.R. con 5% emulsión en inmersión Molde 7 de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°R					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	53		22,4			
60	1	50	143		60,5			
90		75	345		145,9			
120	2	100	529		223,7		39,04	39,1
180	3	150	951		402,2			
240	4	200	1129		477,5		55,53	55,7
300	5	250	1320		558,3			
360	6	300	1401		592,5			
480	8	400	1457		616,2			
600	10	500	1599		676,3			

Tabla 57: C.B.R. con 5% emulsión en inmersión Molde 7 de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

	61 GOLPES MOLDE N° 7		61 GOLPES MOLDE N° Q		61 GOLPES MOLDE N° R	
	Antes DEL REMOJO	Despues del REMOJO	Antes del REMOJO	Despues del REMOJO	Antes del REMOJO	Despues del REMOJO
Peso muestra humeda+Molde	11467	11603	11544	11664	11401	11555
Peso del Molde	7211	7211	7211	7211	7211	7211
Peso Humeda+5% DE EMULSION	4256	4392	4333	4453	4190	4344
Volumen de la Muestra	2256	2256	2256	2256	2238	2238
Densidad Humeda	1886,52	1946,81	1920,66	1973,85	1872,21	1941,02
Densidad Seca	1561,62	1946,81	1593,94	1973,85	1558,85	1941,02

Tabla 58: C.B.R. con 5% emulsión en seco antes y después del horno de la Cantera "MegaRok"

TARA N°	88	16	a2	r16	1	3
Peso muestra húmeda + tara	137,87	131,28	152,36	164,76	127,89	132,5
Peso muestra seca + tara	119,2	114,1	130,97	142,99	111,48	115,34
Peso Agua+5% de emulsión	18,67	17,18	21,39	21,77	16,41	17,16
Peso Tarro	30,18	30,86	32,17	30,45	29,78	30,04
Peso Muestra Seca	89,02	83,24	98,8	112,54	81,7	85,3
Contenido de Humedad %	20,97	20,64	21,65	19,34	20,09	20,12
Contenido promedio de H	20,81		20,50		20,10	

Tabla 59: C.B.R. con 5% emulsión en inmersión de la Cantera "MegaRok" - Resultados

CBR INMERSION 7%

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°M					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	81		34,3			
60	1	50	188		79,5			
90		75	346		146,3			
120	2	100	556		235,2		41,03	41,1
180	3	150	821		347,2			
240	4	200	1027		434,4		50,52	50,6
300	5	250	1196		505,8			
360	6	300	1341		567,2			
480	8	400	1602		677,5			
600	10	500	1795		759,2			

Tabla 60: C.B.R. con 7% emulsión en inmersión Molde M de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°N					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	85		35,9			
60	1	50	179		75,7			
90		75	349		147,6			
120	2	100	558		236,0		41,18	41,3
180	3	150	835		353,1			
240	4	200	1058		447,5		52,04	52,2
300	5	250	1254		530,4			
360	6	300	1360		575,2			
480	8	400	1637		692,3			
600	10	500	1803		762,5			

Tabla 61: C.B.R. con 7% emulsión en inmersión Molde N de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°10					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	75		31,7			
60	1	50	175		74,0			
90		75	339		143,4			
120	2	100	538		227,5		39,70	39,8
180	3	150	814		344,3			
240	4	200	1007		425,9		49,53	49,6
300	5	250	1234		521,9			
360	6	300	1328		561,7			
480	8	400	1300		549,8			
600	10	500	1809		765,1			

Tabla 62: C.B.R. con 5% emulsión en inmersión Molde 10 de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

	61 GOLPES MOLDE N° M		61 GOLPES MOLDE N° N		61 GOLPES MOLDE N° 10	
	Antes DEL REMOJO	Despues del REMOJO	Antes del REMOJO	Despues del REMOJO	Antes del REMOJO	Despues del REMOJO
Peso muestra humeda+Molde	10157	10259	10223	10338	10333	11120
Peso del Molde	6022	6022	6022	6022	6022	6022
Peso Humeda+5% DE EMULSION	4135	4237	4201	4316	4311	5098
Volumen de la Muestra	2286	2286	2238	2238	2274	2274
Densidad Humeda	1808,84	1853,46	1877,12	1928,51	1895,78	2241,86
Densidad Seca	1504,77	1853,46	1544,62	1928,51	1589,63	2241,86

Tabla 63: C.B.R. con 7% emulsión en inmersión antes y después del horno de la Cantera "MegaRok"

TARA N°	17	b12	T6	B2	T8	T9
Peso muestra húmeda + tara	169,52	163,76	200,08	155,9	165,45	550
Peso muestra seca + tara	146	141,68	172,73	134,27	139,92	489
Peso Agua+5% de emulsión	23,52	22,08	27,35	21,63	25,53	61,00
Peso Tarro	30,81	31,25	40,02	37,9	32,9	73
Peso Muestra Seca	115,19	110,43	132,71	96,37	107,02	416
Contenido de Humedad %	20,42	19,99	20,61	22,44	23,86	14,66
Contenido promedio de H	20,21		21,53		19,26	

Tabla 64: C.B.R. con 7% emulsión en inmersión de la Cantera "MegaRok" - Resultados

CBR INMERSION 9%

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N°PROYECTO 57					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	42		17,8			
60	1	50	140		59,2			
90		75	271		114,6			
120	2	100	525		222,0		38,75	38,8
180	3	150	962		406,9			
240	4	200	1278		540,5		62,86	63,0
300	5	250	1379		583,2			
360	6	300	1492		631,0			
480	8	400	1770		748,6			
600	10	500	1831		774,4			

Tabla 65: C.B.R. con 9% emulsión en inmersión Molde PROYECTO 57 de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPES MOLDE N° CALICATA					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	40		16,9			
60	1	50	132		55,8			
90		75	255		107,8			
120	2	100	520		219,9		38,38	38,5
180	3	150	950		401,8			
240	4	200	1290		545,6		63,45	63,6
300	5	250	1384		585,3			
360	6	300	1465		619,6			
480	8	400	1724		729,1			
600	10	500	1839		777,8			

Tabla 66: C.B.R. con 9% emulsión en inmersión Molde CALICATA de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

TIEMPO		Penetrac.pulgadas	61 GOLPESMOLDE N° 8M					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0			
30		25	39		16,5			
60	1	50	156		66,0			
90		75	264		111,7			
120	2	100	517		218,7		38,15	38,2
180	3	150	963		407,3			
240	4	200	1298		549,0		63,85	64,0
300	5	250	1400		592,1			
360	6	300	1504		636,1			
480	8	400	1806		763,8			
600	10	500	1874		792,6			

Tabla 67: C.B.R. con 9% emulsión en inmersión Molde 8M de 61 golpes de la Cantera "MegaRok"

	61 GOLPES MOLDE N° PROYECTO 57		61 GOLPES MOLDE N° CALICATA		61 GOLPES MOLDE N° 8M	
	Antes DEL REMOJO	Despues del REMOJO	Antes del REMOJO	Despues del REMOJO	Antes del REMOJO	Despues del REMOJO
Peso muestra humeda+Molde	11060	11145	11112	11208	11027	11141
Peso del Molde	6942	6942	6942	6942	6942	6942
Peso Humeda+5% DE EMULSION	4118	4203	4170	4266	4085	4199
Volumen de la Muestra	2256	2256	2256	2256	2238	2238
Densidad Humeda	1825,35	1863,03	1848,40	1890,96	1825,29	1876,23
Densidad Seca	1517,16	1863,03	1535,33	1890,96	1510,21	1876,23

Tabla 68: C.B.R. con 9% emulsión en seco antes y después del horno de la Cantera "MegaRok"

TARA N°	6	19	B1	T5	3	T2
Peso muestra húmeda + tara	140,13	149,6	150,98	134,52	207,5	163,72
Peso muestra seca + tara	121,07	130,01	130,61	117,63	178,89	142,03
Peso Agua+5% de emulsión	19,06	19,59	20,37	16,89	28,61	21,69
Peso Tarro	29,81	30,78	31	34,56	40	39,37
Peso Muestra Seca	91,26	99,23	99,61	83,07	138,89	102,66
Contenido de Humedad %	20,89	19,74	20,45	20,33	20,60	21,13
Contenido promedio de H	20,31		20,39		20,86	

Tabla 69: C.B.R. con 9% emulsión en inmersión de la Cantera "MegaRok" - Resultados

Luego de 4 días sumergidas las probetas con la carga sobrepuesta se toman los datos en laboratorio del porcentaje de CBR con el que cuenta el material estabilizado, obteniendo los valores promedios para el 5% un CBR de 39.7; para 7% un CBR de 40.7 y para el de 9% un CBR promedio de 38,5, se notó su aumento correspondiente del porcentaje de CBR pues en su caracterización en estado natural tan solo arrojó un resultado de 9.61 antes de obtener el contenido óptimo de emulsión se puede observar la diferencia y aumento de la resistencia que ha adquirido el material en estudio incluso obteniendo resultados favorables para que se estime como una sub base de una estructura de pavimentos

RESISTENCIA CONSERVADA

% EMULSIÓN	EN SECO				TRAS INMERSIÓN				% RESIST. CONSERVADA
	1	2	3	PROMEDIO	1	2	3	PROMEDIO	
5,0	89,0	93,1	88,6	90,2	40,6	39,3	39,1	39,7	43,99
7,0	78,7	76,8	74,0	76,5	41,1	41,3	39,8	40,7	53,24
9	69,82	72,99	73,875	72,2	38,8	38,5	38,2	38,5	53,31

Tabla 70: Resistencia Conservada

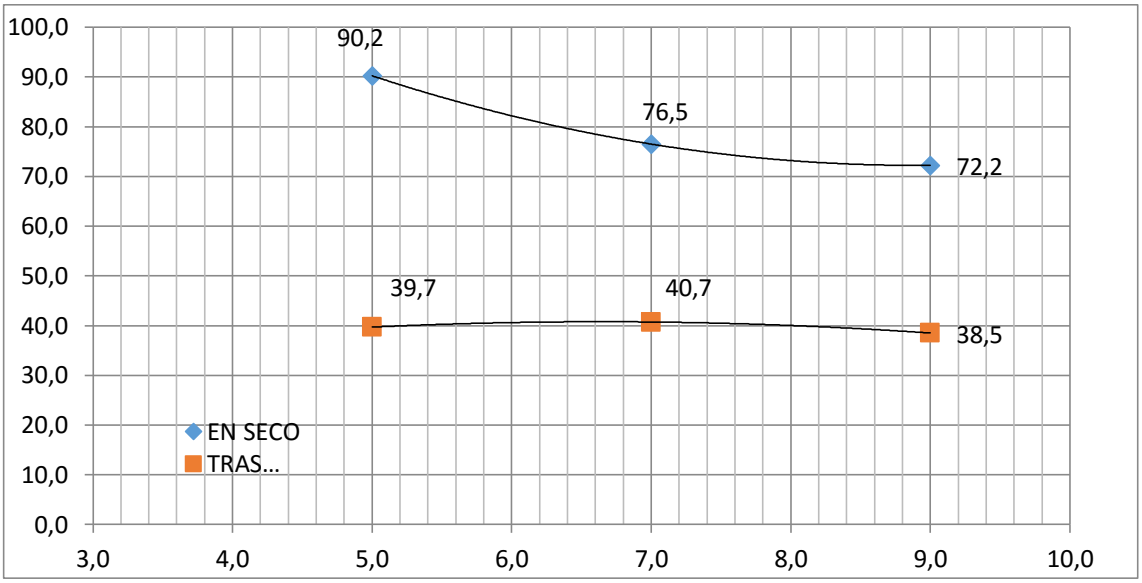


Grafico 1: Resistencia Conservada

El porcentaje optimo estaría en el 7%, pues en inmersión logro el valor más alto y se puede utilizar como un material de Sub base por resistencia para estructuras de pavimento estabilizado con emulsión asfáltica.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 CONCLUSIONES

- Mediante el análisis del material de préstamo (lastre) en estado natural de las canteras MegaRok y San Jóse se identificó que este no cumple como sub base granular según las especificaciones técnicas del MOP, Teniendo presente que el desgaste por ensayo de abrasión o máquina de los ángeles este alcanza un porcentaje de desgaste para, la cantera MegaRok un 19% y la cantera San José 32%; demostrando que ambas canteras cumplen con las especificación técnica con resultados no mayores al 50%.

- El material estabilizado con emulsión asfáltica logró un considerable aumento de porcentaje de resistencia superando lo establecido en las especificaciones con un valor superior al 30% de C.B.R.
- Estableciendo una dosificación del 7% de Emulsión Asfáltica se encontró datos óptimos que hicieron de la estabilización la más adecuada aumentando el porcentaje de C.B.R a un 40%.
- Las variaciones entre dichos materiales no representan que estos no sean favorables óptimamente para su utilización, en la estructura de pavimento, sin embargo uno de ellos cumple ciertas especificaciones técnicas que permiten su utilización como material de préstamo siendo este extraído de la cantera de MegaRok.

  La aplicación de esta alternativa de diseño en la estructura de pavimento significa un costo significativo para emplearlos en obras viales de gran magnitud puesto que se tiene como conclusión que al ponerla en práctica de esta manera generara una inversión muy alta y esto no se lo considera sustentable en la actualidad. Dicha alternativa es más recomendable en la construcción de obras viales de corta longitud

11.2 RECOMENDACIONES

- Se utilizó la fuente de material de MegaRok por presentar mejor resultados para esta investigación.
- Es necesidad primordial realizar los respectivos ensayos de laboratorio para identificar características del material en estudio, logrando composiciones óptimas que permita mejorar la resistencia y durabilidad del material.
- La emulsión asfáltica utilizada para el tipo de material investigado en este proyecto debe estar compuesta por un 65% de Asfalto AC 20; un 34,30% de agua y un 0,70% de emulsificantes ASFIER 121.
- Se debe tratar en lo posible de disminuir el impacto ambiental al momento de realizar la habilitación de vías.

12. PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	VALOR
Material de cantera y transporte	$80,00
Viáticos	$100,00
Ensayos de laboratorio	$135,00
Copias e impresiones	$40,00
Emulsión Asfáltica (20 litros)	$60,00
Otros materiales (fundas, cintas, entre otros)	$30,00
TOTAL	**$445,00**

Tabla 71: Presupuesto

13. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Adquisición del material de la cantera.	X											
Caracterización del material en estado natural.		X	X									
Recopilación de información.				X								
Propuesta del diseño de mezcla.					X							
Generación del diseño Metodológico.						X						
Caracterización del material tratado.							X	X				
Recolección y Análisis de resultados.									X			
Desarrollo del aporte científico.										X		
Reporte de Resultados.											X	
Elaboración de conclusiones y recomendaciones.												X

Tabla 72: Cronograma

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Población de Ecuador
  http://countrymeters.info/es/Ecuador
- Información de Manabí
  http://teodoro8.tripod.com/mipagina/id13.html
- Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
  Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
  Página 2 – 1.3.1Pavimentos Flexibles
- Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
  Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
  Página 5 – Capitulo 1 – 1.3.2 Pavimentos semi-rígidos – 1.3.3 Pavimentos Rígidos
- Especificaciones Técnica del MTOP – Sección 400 - Estructuras de Pavimentos
- Hugo Alexander, Rondón Quintana/Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol. 17 2, pp. 41-65. Bogotá, Diciembre de 2007. ISSN 0124-8170.
- Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
  Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
  Página 76 – Capitulo 4: Estabilización de Suelos
- Especificaciones del MTOP – Sección 100 - Disposiciones Generales
- Ingeniería de Pavimentos. Funcionamiento, estudio básicos y diseño
  Ingeniero Alfonso Montero Fonseca
  Página 119 – Capitulo 4 – 4.6.3 Construcción
- ASPHALT INSTITUTE; AEMA. (2001). Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N° 19S. Lexington.
- Química latinoamericana - Emulsiones Asfálticas
  http://www.quimicalatinoamericana.cl/index.php/emulsiones-asfalticas
- BRACHO, C. L. (2005). *Cuaderno FIRP S366C Emulsiones asfálticas.* Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Límites de Atterberg
  https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg

15. ANEXOS

HUMEDAD NATURAL



GRANULOMÉTRIA

- **Granulometría gruesa**





- **Granulometría fina**




HUMBOLDT
U.S.A.
STANDARD
SIEVE
HCO
22



LÍMITE DE ATTERBERG









ABRASIÓN







COMPACTACIÓN





C.B.R.





CBR CON EMULSION

