



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL
SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE
CANTERA, TRATADO CON CEMENTO PARA SU
UTILIZACIÓN COMO BASE EN LA ESTRUCTURA DE
PAVIMENTOS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN DIAGNÓSTICA PROPOSITIVA

AUTORES:

**INTRIAGO INTRIAGO JOHN ENRIQUE
ZAVALA LUCAS KARLA LICETH**

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

DEDICATORIA

"Todos tenemos sueños, pero para convertir los sueños en realidad, se necesita de una gran cantidad de determinación, dedicación, auto-disciplina y esfuerzo".

Jesse Owens

Es por ello que el presente trabajo de titulación está brindado :

A Dios, el creador de todas las cosas, por ser mi guía espiritual y fortaleza en cada uno de mis pasos para continuar adelante.

Con todo mi cariño, mi amor, mi respeto, mi admiración y gratitud a las dos personas más importantes en mi vida, mis padres Teresa y Enrique, quienes hicieron todo lo posible para lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se complicaba.

A mis hermanos, Jean Carlos y Joseph, quienes con sus consejos, dedicación, apoyo incondicional y predisposición siempre estuvieron presentes en cada una de mis etapas de vida, con mucho cariño y respeto.

En especial a Gema Villamarin que durante todo este tiempo se convirtió en mi compañera incondicional apoyándome, guiándome durante este largo camino que hoy ya con satisfacción puedo concluir.

A mi amiga y compañera de tesis, Karla Zavala, con quien aportando con conocimientos, dedicación y perseverancia en la realización de la investigación hicimos realidad una de nuestras metas, ser profesionales de éxito quienes en un futuro no muy lejano seremos dignos representantes de la carrera de Ingeniería Civil.

A el Ing. Abel Cedeño que de una manera u otra siempre tuvo la predisposición sin ningún interés de compartir sus conocimientos y ayuda durante todo este camino de formación; a Jonathan Tuárez que más que un amigo es un hermano que siempre estuvo ahí para ayudarme y apoyarme en todo lo que estaba al alcance de él; y a todos mis amigos y compañeros, quienes a lo largo de este camino han sido un gran apoyo, no solo dentro de las aulas de clases sino también por la calidad de seres humanos que son.

JOHN ENRIQUE INTRIAGO INTRIAGO

DEDICATORIA

Sin duda alguna brindo este trabajo de titulación a los seres más especiales que tengo en mi vida:

A Dios, quien inspiro mi espíritu para la realización de este trabajo, sabiéndome guiar día a día durante estos años, proviniéndome de fortaleza, fuerza y amor, permitiéndome llegar a ser lo que soy hoy.

A mis padres Alicia y Walter quienes han sido mi apoyo emocional y económico, a ellos que jamás dejaron de creer en mí, les dedico este logro.

A mis hermanos, Katuska y Walter, que me dieron su amor, cariño y comprensión, ustedes son quienes siempre me motivaron a continuar con mis estudios a pesar de las adversidades.

Especialmente al Ing. Abel Cedeño quien se convirtió en mi apoyo incondicional durante todo este tiempo de lucha, te convertiste en algo más que mi verdadero amigo.

A mi compañero de tesis y gran amigo John Intriago, por estar en las buenas y malas, que con mucho esfuerzo, calma y entrega me acompañó en este recorrido que hoy se ve reflejado en estas páginas.

A todos mis amigos, por ser parte de este gran sueño y haberme acompañado y apoyado durante todo este tiempo con sus risas entre clases y fuera de ellas.

Y finalmente a todas y cada una de las personas que aportaron con su granito de arena y que al mencionarlos se haría una lista infinita, las llevo en mi corazón.

¡Esto es de ustedes!

KARLA LICETH ZAVALA LUCAS

AGRADECIMIENTO

La palabra gracias no es suficiente para demostrar la gratitud y regocijo que sentimos en estas instancias por la ayuda y apoyo recibido de cada una de las personas quienes participaron dentro de la consecución del presente trabajo de titulación y todo el camino cruzado en estos años de estudio, por esto nos complace y dignifica que ustedes sean parte del presente:

A nuestra tutora, la Ing. María Isabel Zambrano Meza quien con su conocimiento profesional y su calidad humana supo guiarnos en este desafío, en cada una de las etapas para poder cumplir esta tarea y demostrarnos que ya somos unas personas capaces profesionalmente de enfrentar riesgos y tomar decisiones, por sus consejos necesarios y oportuno para que este trabajo sea concretado con éxito.

A nuestro revisor, el Ing. Eduardo Humberto Ortiz Hernández quien más que revisor y docente ha sido un amigo que ha aportado de manera agigantada ayuda y colaboración en la realización del presente trabajo, por sus consejos, conocimientos y voces de aliento supo decir que si podíamos y ahora se ve el resultado el mismo de todo nuestro esfuerzo y dedicación.

A nuestros docentes, que formaron parte de nuestro desarrollo académico y por qué no decirlo del profesional que estamos alcanzando, ya que con sus conocimientos impartidos en todos estos años de estudio son pilar fundamental de que hoy podamos decir con orgullo que somos profesionales de éxito.

Al personal administrativo del Laboratorio de Suelos de la universidad, por brindarnos la asesoría necesaria en situaciones oportunas al momento de realizar cada uno de los ensayos pertinentes, por la predisposición, atención y solidaridad brindada por ellos ya que con su colaboración el resultado del presente trabajo se concluyó de manera correcta.

A nuestros amigos y compañeros, quienes sin esperar nada fueron una ayuda inmediata y oportuna en los momentos que fueron los más necesarios, en cada una de las etapas cruzadas en la realización del presente trabajo, por su voz de aliento y amistad incondicional.

LOS AUTORES

CERTIFICACIÓN DE LA TUTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA

Quien suscribe la presente señor Ing. María Isabel Zambrano Meza , Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas; en mi calidad de Tutora del trabajo de titulación **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE CANTERA, TRATADO CON CEMENTO PARA SU UTILIZACIÓN COMO BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS”** desarrollada por los profesionistas: señor Intriago Intriago John Enrique y señorita Zavala Lucas Karla Liceth; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los profesionistas cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los profesionistas pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes

Ing. María Isabel Zambrano Meza

TUTORA

CERTIFICACIÓN DE REVISIÓN

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación y que lleva por tema: “ **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE CANTERA, TRATADO CON CEMENTO PARA SU UTILIZACIÓN COMO BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS**” desarrollado por el señor, Intriago Intriago John Enrique con Cédula No. 131259092-8 y la señorita Zavala Lucas Karla Liceth con cédula No. 131441113-1, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, bajo la tutoría y control de la señora Ing. 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, cumpro 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 Humberto Ortiz Hernández

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACION

DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Intriago Intriago John Enrique y Zavala Lucas Karla Liceth, egresados de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas para la carrera de Ingeniería Civil, declaramos que:

El Trabajo de titulación cuyo tema es: **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE CANTERA, TRATADO CON CEMENTO PARA SU UTILIZACIÓN COMO BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS”** por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contienen este proyecto, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6 ,8 ,19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento. Así mismo las conclusiones y recomendaciones constantes en este texto, son criterios netamente personales y asumimos con responsabilidad la descripción de las mismas.

En virtud de la Veracidad:

Intriago Intriago John Enrique

Zavala Lucas Karla Liceth

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | iv |
| CERTIFICACIÓN DE REVISIÓN | v |
| DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR | vi |
| ÍNDICE | vii |
| RESUMEN | xiii |
| SUMMARY | xiv |
| 1. TEMA | 1 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 2 |
| 2.1. Descripción de la realidad problemática | 2 |
| 2.2. Formulación del problema | 2 |
| 2.3. Delimitación de la investigación | 2 |
| 2.3.1. Espacial | 2 |
| 2.3.2. Temporal | 2 |
| 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO | 3 |
| 3.1. Antecedentes | 3 |
| 3.2. Justificación | 4 |
| 3.3. Marco teórico | 4 |
| 3.3.1. Mejoramiento de suelos | 4 |
| 3.3.2. Clasificación de suelos | 5 |
| 3.3.3. Estabilización de suelos | 6 |
| 3.3.4. Base granular | 7 |
| 3.3.5. Bases tratadas con cemento | 9 |
| 3.3.6. Utilización en estructuras de pavimentos | 9 |
| 4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO | 11 |
| 4.1. Alcance social | 11 |
| 4.2. Alcance económico | 11 |
| 4.3. Alcance científico | 11 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5. | ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICION DE VARIABLES | 12 |
| 5.1. | Hipótesis | 12 |
| 5.2. | Definicion de variables | 12 |
| 5.2.1. | Variable independiente: | 12 |
| 5.2.2. | Variable dependiente: | 12 |
| 5.2.3. | Operacionalización de variables | 12 |
| 5.3. | Nivel de investigación | 14 |
| 5.3.1. | Investigación de campo | 14 |
| 5.3.2. | Método | 14 |
| 5.3.3. | Técnica | 14 |
| 6. | DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 15 |
| 6.1. | Objetivos | 15 |
| 6.1.1. | Objetivo general | 15 |
| 6.1.2. | Objetivos específicos | 15 |
| 8. | RECOLECCIÓN DE LOS DATOS | 17 |
| 9. | ANÁLISIS DE LOS DATOS | 30 |
| 10. | ELABORACION DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS | 32 |
| 11. | PRESUPUESTO | 34 |
| 12. | CRONOGRAMA | 35 |
| 13. | BIBLIOGRAFÍA | 36 |
| 14. | ANEXOS | 37 |
| | | 47 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Clase 1 | 7 |
| Tabla 2 Clase 2 | 8 |
| Tabla 3 Clase 3 | 8 |
| Tabla 4 Clase 4 | 8 |
| Tabla 5 Porcentaje de Cemento y Presiones..... | 28 |
| Tabla 6 Porcentaje de Desgaste | 29 |
| Tabla 7 Características y Resultados del Análisis | 31 |
| Tabla 8 Presupuesto Referencial | 34 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|----------------|---|----|
| Ilustración 1 | Clasificación de Suelos de Granos Finos y Suelos de Granos Gruesos | 5 |
| Ilustración 2 | Granulometría de Material de Mejoramiento | 17 |
| Ilustración 3 | Curva Granulométrica Base Clase 1A | 18 |
| Ilustración 4 | Curva Granulométrica Base Clase 1B | 18 |
| Ilustración 5 | Curva Granulométrica Base Clase 2 | 19 |
| Ilustración 6 | Curva Granulométrica Base Clase 3 | 19 |
| Ilustración 7 | Curva Granulométrica Base Clase 4 | 20 |
| Ilustración 8 | Índice de Plasticidad (Hermanos Carrillo) | 21 |
| Ilustración 9 | Índice de Plasticidad (MegaRok) | 22 |
| Ilustración 10 | Curva de Densidad Óptima (MegaRok) | 23 |
| Ilustración 11 | Curva de Densidad Óptima (Hermanos Carrillo) | 24 |
| Ilustración 12 | Índice de Resistencia C.B.R. (MegaRok) | 25 |
| Ilustración 13 | Índice de Resistencia C.B.R. (Hermanos Carrillo) | 25 |
| Ilustración 14 | Valores de Presiones para una Penetracion Establecida "C.B.R en Inmersión " (MegaRok) | 26 |
| Ilustración 15 | Valores de Presiones para una Penetracion Establecida "C.B.R en Seco" (MegaRok) | 26 |
| Ilustración 16 | Valores de Presiones para una Penetracion Establecida "C.B.R en Inmersión " (Hermanos Carrillo) | 27 |
| Ilustración 17 | Valores de Presiones para una Penetracion Establecida "C.B.R en Seco " (Hermanos Carrillo) | 27 |
| Ilustración 18 | Resistencia Máxima a la compresion del material Mejoramiento (MegaRok) | 28 |
| Ilustración 19 | Curva de Porcentaje de Desgaste | 29 |

ÍNDICE DE IMAGENES

| | |
|---|----|
| Imagen 1 Material de Mejoramiento | 37 |
| Imagen 2 Recoleccion de la muestra | 37 |
| Imagen 3 Separacion del Material | 38 |
| Imagen 4 Mezcla de material | 38 |
| Imagen 5 Tamizado del material para su respectivo ensayo | 39 |
| Imagen 6 Toma de muestra realizada en el laboratorio..... | 39 |
| Imagen 7 Peso de la muestra | 40 |
| Imagen 8 Muestras puestas al horno | 40 |
| Imagen 9 Colocación de las muestras en la piscina para su respectivo control de hinchamiento | 41 |
| Imagen 10 Colocación de las muestras en la piscina para su respectivo control de hinchamiento | 41 |
| Imagen 11 Realización de la extracción del núcleo | 42 |
| Imagen 12 Realización del ensayo de compactación | 42 |
| Imagen 13 Toma de datos obtenido de la resistencia | 43 |
| Imagen 14 Prueba de Resistencia en el laboratorio de la Universidad..... | 43 |
| Imagen 15 Ecurrimiento de muestras para su colocación al horno..... | 44 |
| Imagen 16 Muestra sumergida en el agua para el ensayo de humedecimiento-secado.. | 44 |
| Imagen 17 Muestras colocadas en el horno..... | 45 |
| Imagen 18 Muestras para realizar la determinación del desgaste | 45 |
| Imagen 19 Realización del raspado para conocer el desgaste | 46 |
| Imagen 20 Muestras luego de haberse realizado el raspado..... | 46 |
| Imagen 21 Tabla de Clasificación de Suelo | 47 |
| Imagen 22 Ensayo de Humedad Natural | 48 |
| Imagen 23 Ensayo de Granulometria | 49 |
| Imagen 24 Ensayos de Limites de Atterberg..... | 50 |
| Imagen 25 Ensayo de Granulometria Gruesa | 51 |
| Imagen 26 Ensayo de Abrasión | 51 |
| Imagen 27 Ensayos de Limites de Atterberg (Hermanos Carrillo) | 52 |
| Imagen 28 Ensayo de Proctor (Hermanos Carrillo) | 53 |
| Imagen 29 Ensayo de Proctor (MegaRok) | 54 |
| Imagen 30 Ensayo de C.B.R. (Hermanos Carrillo) | 55 |
| Imagen 31 Ensayo C.B.R. Sumergido (Hermanos Carrillo) | 56 |

| | |
|--|----|
| Imagen 32 Resultados del C.B.R Sumergido (Hermanos Carrillo)..... | 57 |
| Imagen 33 Ensayo C.B.R. Seco (Hermanos Carrillo) | 58 |
| Imagen 34 Ensayo de C.B.R. Seco (MegaRok) | 59 |
| Imagen 35 Resultados del C.B.R. Seco (MegaRok)..... | 60 |
| Imagen 36 Ensayo de Humedecimiento-Secado | 61 |

RESUMEN

En la construcción de carreteras es muy común encontrar una estructura de pavimento donde se emplean materiales no adecuados, lo que genera tanto en el ambiente constructivo como económico diversos tipos de inconvenientes.

Estas estructuras de pavimentos están conformadas de diferentes capas, cada una de las cuales cumple una determinada función. En ocasiones se utilizan materiales no aglomerados, como puede ser el material conocido como mejoramiento y cuando este material de la zona no es el adecuado para la estructura se le realiza un tratamiento con aditivos, para que mejore sus condiciones. Este aditivo puede ser el cemento Portland.

El tratamiento del material ayuda a que los gastos en la estructura de pavimentos se reduzcan, obteniendo mejoras en su comportamiento y resultados económicos en la construcción de la misma.

Lo que pretende esta investigación es el tratamiento con cemento del material seleccionado para mejoramiento, por tanto, que pueda ser utilizado tanto como base o sub-base dentro de la estructura de pavimento.

Para el análisis del comportamiento del material seleccionado se escogieron las Canteras San José y MegaRok, con el fin de determinar sus variantes y características propias y así evidenciar si dicho material cumple con las especificaciones técnicas para incorporarlo en la construcción de la estructura de pavimentos, además se tratarán los costos y gastos que incurren en dicho análisis en su conjunto con los beneficios que se obtienen en incorporarlos en la construcción.

SUMMARY

In road construction it is very common to find a pavement structure where materials are used not suitable, generating both constructive economic environment as various types of disadvantages.

These pavement structures are formed of different layers, each of which performs a specific function. Sometimes not agglomerated materials are used, such as the material known as breeding material and when the area is not suitable for the structure was carried out treatment with additives to improve their conditions. This additive can be Portland cement.

The treatment of the material helps expenditures pavement structure are reduced, obtaining improvements in behavior and economic results in the construction of it.

What this research is intended treatment cement material selected for improvement, therefore it can be used both as a base or sub-base in the pavement structure.

To analyze the behavior of the selected material las Canteras San Jose and MegaRok were chosen in order to determine its variants and characteristics and thus show whether the material meets the technical specifications to be incorporated in the construction of the structure of pavements, as well costs and expenses incurred in this analysis as a whole with the benefits obtained to incorporate them in the construction will be discussed.

1. TEMA

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE CANTERA, TRATADO CON CEMENTO PARA SU UTILIZACIÓN COMO BASE EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS.”

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.Descripción de la realidad problemática

En la construcción de carreteras se presentan inconvenientes en el ámbito constructivo y económico para lo cual se realizará la indagación de acuerdo a los problemas actuales que existen en la estabilización de suelos para comprobar una optimización de materiales ya utilizados.

Para disminuir gastos en la construcción de una estructura de pavimento se debe proponer un diseño de mezcla entre el material natural con aditivo como alternativa factible que cumpla con las características propuestas en las normativas como base en la estructura de pavimento.

Así como también comprobar las condiciones del lugar donde se va a realizar la construcción para poder utilizarla como referencia en la estructura de pavimento.

2.2.Formulación del problema

¿Cómo la incorporación del aditivo cemento mejora las características y comportamiento del material de mejoramiento para su utilización en la estructura de los pavimentos?

2.3.Delimitación de la investigación

2.3.1. Espacial

La investigación se realizará extrayendo material de las canteras “Hermanos Carrillo San José” y “Mega Rock” que se encuentran ubicadas en la parroquia Picoazá del cantón Portoviejo , y se la caracterizará en el laboratorio de Suelos, Rocas y Asfaltos de la Universidad Técnica de Manabí.

2.3.2. Temporal

El tiempo en que se desarrollará la investigación es el periodo comprendido desde el último trimestre del 2015 hasta enero del 2016.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Los métodos empleados en la antigüedad para utilizar los suelos en la construcción eran empíricos y, como las demás actividades artesanas, se transmitían de generación en generación. Los conocimientos en la actualidad sobre este campo se basan principalmente en estudios sistemáticos con fundamento científico corroborado mediante la experimentación y ensayos realizados en los correspondientes laboratorios de suelos contando con equipos necesarios.

Durante el siglo XIX, Inglaterra fue pionera en implementar leyes de pavimentación, con la creación del Comisionado de Pavimentación, dependiente del Parlamento del Reino Unido. Su tarea se remitía al cuidado y mejora de la red vial.

Con la llegada de la Era Industrial se explora con mayor cuidado la realización de rutas de pavimento, utilizando piedras más pequeñas (adoquines). La aparición del automóvil fomenta la diagramación de caminos más extensos, aptos para el traslado de vehículos de peso.

A partir de 1905 comienza a utilizarse el concreto como material para la construcción de las carreteras, dando lugar al proyecto de obras públicas más importante de la historia: el sistema inter-estatal de carreteras, con una longitud de casi 28.000 km.

MegaRok ha definido como política de seguridad, salud y ambiente a la integridad de sus actividades productivas dedicadas a la explotación de canteras, ambiente seguro en el trabajo y calidad en la atención a sus clientes.

La Cantera San José perteneciente a los hermanos Carrillo se compromete en fomentar el bienestar de sus trabajadores con la prevención de accidentes mediante la planificación, asignación y racionalización de los recursos para la implementación.

3.2. Justificación

Uno de los problemas más comunes en las ciudades son las carreteras en que su estructura de pavimento se deteriora dentro de un tiempo menor al diseñado, causando inconvenientes tanto en la inversión y en lo que respecta la seguridad vial de las personas.

Se emprenderá un estudio basado en el material seleccionado para mejoramiento definiendo las propiedades del material en su estado natural y luego proseguir con el tratamiento con cemento para mejorar sus propiedades y así de acuerdo a las normativas establecidas usarlo como base en la estructura de pavimento la cual puede presentar menos inversión y seguridad vial dentro de las nuevas carreteras.

3.3. Marco teórico

Dentro del presente trabajo de titulación se tomaron en cuenta varias definiciones basados en sustentos científicos, analíticos y demás que representan un gran aporte para la consecución de resultados óptimos que se comprobaran mediante la aplicación de ensayos realizados con el material seleccionado. Es por ello que a continuación se detallan varias conceptualizaciones, clasificaciones, normas, entre otras.

3.3.1. Mejoramiento de suelos

Éste es un proceso previo a la pavimentación, realizado para nivelar el suelo y comprobar que el mismo posea una base firme que evite el deterioro en un corto plazo, pudiéndolo comparar con la cimentación de cualquier obra civil que se ejecutare. En lo que respecta a los pavimentos éste debe ser de igual forma realizado ya sea para una carretera de cualesquiera orden establecido.

En lo concerniente a la agresión que pueda recibir este proceso en su deterioro está la cantidad de agua por infiltraciones que se produzcan a la misma, materiales que no cumplan con las características técnicas requerida para su óptimo desempeño, la inadecuada trabajabilidad de los materiales una vez que se está realizando el proceso constructivo, la falta de mantenimiento de la administración competente.

3.3.2. Clasificación de suelos

El Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS), se encuentra normalizado por la American Society for Testing Material: D 2487-69; lo que hace referencia en una clasificación de tres grandes grupos, como son:

Suelos de grano grueso, que encontramos grava y arenas con menos del 50% de finos que pueden pasar por el tamiz N. 200 (0.074mm); lo que genera algunos sub-grupos en función de la granulometría del suelo y de la plasticidad de la fracción que pasa por el tamiz N. 40 (0.42mm).

Suelos de Grano Fino, encontrando los suelos arcillosos y luminosos siendo estos un 50% más fino.

Suelos de Estructura Orgánica, estos son identificados por su color marrón oscuro y su olor de materia orgánica en un estado de descomposición, como son las turbas.

A continuación se presenta un cuadro 1 detallando de la clasificación de suelo por Granos Finos y Granos Gruesos.

| DIVISION PRINCIPAL | | SIMBOLO DEL GRUPO | NOMBRES TÍPICOS | CRITERIO DE CLASIFICACION | | | | |
|---|--|---|--|---|--|----|--|---|
| SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200 | GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 40 | GW | Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{10}}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles | | | | |
| | | GP | Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos | | | | | |
| | | GM | Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo | | | | | |
| | | GC | Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla | | | | | |
| | ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 40 | GRAVAS CON FINOS | SW | Arenas y arenas grávicas bien gradadas con pocos finos o sin finos | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{10}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles. | | | |
| | | | SP | Arenas y arenas grávicas mal gradadas con pocos finos o sin finos | | | | |
| | | ARENAS CON FINOS | SM | Arenas limosas, mezclas de arena limo | | | | |
| | | | SC | Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla | | | | |
| | | | SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200 | LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior | | ML | Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas | GRAFICO DE PLASTICIDAD Para la clasificación de los suelos finos y de la fracción fina de los suelos granulares Los límites de Atterberg situados en el área sombreada corresponden a la clasificación de frontera y requieren símbolos dobles. Ecuación de la línea A: $(IP = 0.73 (LL - 20))$ |
| | | | | | | CL | Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas grávicas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla | |
| OL | Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad | | | | | | | |
| LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50% | MH | Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos | | | | | | |
| | CH | Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas | | | | | | |
| | OH | Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media | | | | | | |
| Suelos altamente orgánicos | PT | Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos | | Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488 | | | | |

Ilustración 1 Clasificación de Suelos de Granos Finos y Suelos de Granos Gruesos

3.3.3. Estabilización de suelos

Es un proceso que consiste en proporcionar una mayor estabilidad y durabilidad de una expansión de terreno, para ello se adicionan un material adecuado que mejore notablemente las condiciones físicas del suelo como pueden ser la cal o cemento.

Al momento de fraguar el cemento puede que este produzca uniones con las partículas del suelo, estas mismas uniones son adecuadas para poder tratar los suelos de granos finos como los de granos gruesos, con la excepción que estos sean excesivamente plásticos o que se encuentren en condiciones húmedas.

Con la utilización de esta técnica llamada estabilización de suelo – cemento se requiere llegar fundamentalmente a un aumento en la capacidad de soporte del suelo a tratar; así también se requiere incrementar su resistencia mecánica.

Con frecuencia, el ingeniero se va a enfrentar con diferentes tipos de suelos por el cual va a tener que examinar mediante ensayos y estos a su vez tendrán características que lo obligaran a tomar debidas precauciones a la hora de tomar desiciones como:

- Aceptar el material en la forma en que se lo encuentra, pero teniendo consideración de las características y la calidad del mismo.
- Suprimir el material de residuo y agregándole uno que sea adecuado para la obra que se vaya a construir.
- Si el material existente se pudiese modificar, esto se lo haría hasta llegar a mejorarlo y que este optimo en calidad para su uso.¹

Dentro de la evolución de la resistencia se puede decir que esta ha alcanzado un desarrollo muy rápido a edades tempranas; para que la estabilidad de dicha muestra sea inmediata depende del suelo de la zona pudiendo mejorarlo por medio de aumento de porcentaje de elementos gruesos.

Unas de las ventajas que proporciona la estabilización de suelo podemos resaltar que permite el aprovechamiento de suelos que poseen propiedades desfavorables, reducir el contenido de agua que se encuentra en la zona donde se baja a ejecutar la obra, reducir los índices de erosión que se presenten en la zona

¹ Ingenieria de Pavimentos 2010, Alfonso Montejo Fonseca Capitulo 4 Estabilizacion de Suelos.

de terreno y demás factores climáticos que puedan afectar. En palabras más específicas se puede decir que la estabilización de suelos es la corrección de una deficiencia para proporcionar mayor resistencia y estabilidad en un terreno.

3.3.4. Base granular

Podemos definirla como agregados triturados parcial o totalmente, la misma que es la que se encuentra colocada sobre la sub-base en una estructura de pavimento y posee una alta resistencia para así mismo poder soportar las presiones del suelo.

Tipo de base granular:

Clase 1: este tipo de base resulta de las constituidas por los agregados gruesos y finos que se encuentran en un 100% triturados y uniformemente graduados dentro de los límites que muestran en el cuadro 1. De la Clasificación de suelos. Dentro de lo que corresponde a la trituración si llegase a hacer falta para completar el relleno que se requiere se podrá completar dicha cantidad con una trituración secundaria que se la realice o también podemos completarla con arena fina y a su vez se puede mezclar dentro de la planta de trituración.

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los matices de malla cuadrada | |
|------------------|---|--------|
| | Tipo A | Tipo B |
| 2'' (50.8mm) | 100 | -- |
| 1 1/2'' (38.1mm) | 70-100 | 100 |
| 1'' (25.4mm) | 55-85 | 70-100 |
| 3/4'' (19.0) | 55-80 | 60-90 |
| 3/8'' (9.5mm) | 35-60 | 47-75 |
| N° 4 (4.76mm) | 25-50 | 30-60 |
| N° 10 (2.00mm) | 20-40 | 20-50 |
| N° 40 (0.425mm) | 10-25 | 10-25 |
| N° 200 (0.075mm) | 2-12 | 2-12 |

Tabla 1 Clase 1

Clase 2: en lo que corresponde a este tipo de base granular son fragmentos de rocas o gravas trituradas al menos en un 50% en peso, en sus especificaciones deben estar inmersas en los límites Granulométricos de la tabla 2. Referente al proceso de trituración se lo realiza dentro de la planta, y en caso

de necesitar relleno de material se procederá a completar con material procedente de una trituración adicional con preferencia mezclada en planta.²

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada |
|------------------|--|
| 1'' (25.4mm) | 100 |
| 3/4'' (19.00mm) | 70-100 |
| 3/8'' (9.5mm) | 50-80 |
| N° 4 (4.76mm) | 35-65 |
| N° 10 (2.00mm) | 25-50 |
| N° 40 (0.425mm) | 15-30 |
| N° 200 (0.075mm) | 3-15 |

Tabla 2 Clase 2

Clase 3: en lo referente a esta clase de base granular se deduce que esta constituida por fragmentos de rocas y gravas trituradas que se reducen en un 25% referente al peso de las mismas. Estas condiciones o características se encuentran resaltadas en la tabla 3. Y lo que respecta a la trituración se puede mezclar el material tanto en la planta como en el camino.

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada |
|------------------|--|
| 3/4'' (19.00mm) | 100 |
| N° 4 (4.76mm) | 45-80 |
| N° 10 (2.00mm) | 30-60 |
| N° 40 (0.425mm) | 20-35 |
| N° 200 (0.075mm) | 3-15 |

Tabla 3 Clase 3

Clase 4: esta última clase de agregado de base se pueden considerar piedras gradualmente naturales y que gradualmente cumplan los límites granulométricos indicados continuación en la tabla 4.³

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada |
|------------------|--|
| 2'' (50.8mm) | 100 |
| 1'' (25.4mm) | 60-90 |
| N° 4 (4.76mm) | 20-50 |
| N° 200 (0.075mm) | 0-15 |

Tabla 4 Clase 4

² Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP2002. Quito Capitulo 400 Seccion 404.

³ Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP2002. Quito Capitulo 400 Seccion 404.

3.3.5. Bases tratadas con cemento

En lo concerniente a este procedimiento se llevara a cabo para mejorar todas las características del material en el caso de que no cumplan con las especificaciones técnicas establecidas. Los materiales que se utilizaran dentro de las bases estabilizadas con cemento son las mezclas de agregados triturados. Estos agregados deben estar graduados en los límites granulométricos.

Para geo referenciar los yacimientos de donde se pudo extraer el material agregado de base se deberán señalar en los documentos en donde este detallada las especificaciones del contrato.

El método favorable de suelo-cemento puede ser obstaculizada cuando este contiene materia organica, lo que hace mas complicado la acción aglutinante del cemento en los suelos de granulometría gruesa. Por lo general, en casi todos los países exigen que el contenido de esta materia organica no se exceda de entre el 1% y el 2% en peso, y si este cumple con este requerimiento se puede considerar que esta apto para estabilizarlo con cemento.⁴

3.3.6. Utilizacion en estructuras de pavimentos

Es comúnmente realizar dicha utilización en obras de pequeña magnitud o también en obras con fines políticos sociales o económicos. A su vez la utilización del suelo cemento como base podrá reemplazar a las dos capas inferiores ya que esta se encuentra diseñada para resistir y funcionar de soporte para la estructura.

La base desempeña un rol importante en la estructura de cualquier pavimento ya que de una forma u otra es la que le dará seguridad y estabilidad dentro de la vida útil de la misma, adicional a ello también deberá estar protegido para que esta no sufra deformaciones como puede ser el hinchamiento o la fisuración que se da por la mala compactación del suelo en donde se vaya a realizar el pavimento.

Es importante utilizarla ya que entidades que son responsables de la seguridad vial concuerdan con criterios propios y profesionales de que se requiere de una mejor seguridad y a su vez una mayor durabilidad en las estructuras de pavimentos, en un empleo adecuado de materiales que cumplan

⁴ Ingenieria de Pavimentos 2010, Alfonso Montejo Fonseca Capitulo 4 Estabilizacion de Suelos.

con las características y especificaciones técnicas y un diseño correcto de la misma.

4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

4.1. Alcance social

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad en el aspecto social de proporcionar una mayor estabilidad y durabilidad a los accesos, caminos y carreteras que son de aporte fundamental para el desarrollo socio-económico en la ciudad o cualquier lugar donde se ejecuten obras viales donde se incorpore el material seleccionado; adicional a ello aportara con la seguridad vial de todos quienes transiten por la misma.

4.2. Alcance económico

Del análisis obtenido de acuerdo a los ensayos realizados podemos especificar que, dicho material es muy óptimo para un proyecto a futuro ya que su implementación en la ejecución de obras viales generara que la durabilidad planteada sea mucho mayor a la convencional.

4.3. Alcance científico

Incorporando cada uno de los conocimientos adquiridos en las aulas y en sus exteriores mediante la realización de ensayos de laboratorios, visitas técnicas a obras y seminarios realizados en nuestra formación académica profesional, pudimos determinar que el resultado obtenido mediante los ensayos realizados es una alternativa muy confiable tanto de carácter social como económico, ya que garantiza una mayor durabilidad generando también seguridad para la sociedad.

5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICION DE VARIABLES

5.1. Hipótesis

El tratamiento del material seleccionado para mejoramiento, tratado con cemento, mejorara sus condiciones para ser utilizado dentro de la estructura de pavimento como base.

5.2. Definicion de variables

5.2.1. Variable independiente:

Material seleccionado para mejoramiento.

5.2.2. Variable dependiente:

Base para estructura de pavimento.

5.2.3. Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE: Material seleccionado para mejoramiento

| MANIFESTACIÓN | CATEGORÍA | INDICADOR | ITEMS | TÉCNICA |
|---|--|---|---|---|
| El material de mejoramiento es aquel material que se utiliza sobre el suelo que no cumple con las especificaciones técnicas para la construcción de pavimentos. | Mejoramiento de suelos. Estabilización de Suelos. | Clasificación de suelo. Normas y Especificaciones. | ¿Conoce usted el material seleccionado de mejoramiento usado en la construcción de pavimentos? ¿Identifica usted las especificaciones técnicas del uso de material de mejoramiento según la construcción de pavimento? | Ensayos de laboratorio. Recopilación de información. |

VARIABLE DEPENDIENTE: Base para estructura de pavimento

| MANIFESTACIÓN | CATEGORÍA | INDICADOR | ITEMS | TÉCNICA |
|--|--|---|---|---|
| Las bases son capas de material pétreo adecuadamente seleccionadas para traspasar las cargas de la carpeta de rodadura a la sub-rasante. | Material de Base. Granulometría del material. | Tipos de materiales para base. Normas de Especificaciones Técnicas reguladas por el MTOP. | ¿Conoce usted la clasificación de los materiales para base? ¿Conoce usted las normas de especificaciones técnicas reguladas por el MTOP? | Ensayos de laboratorio. Recopilación de información. |

5.3. Nivel de investigación

5.3.1. Investigación de campo

En la realización del presente trabajo, se utilizará la técnica de investigación de campo, donde se comprobará el beneficio de los materiales bajo ensayos realizados a las muestras proporcionadas por las canteras establecidas en las instalaciones óptimas del laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí.

5.3.2. Método

Dentro del proceso de investigación se determinará de manera analítica cada una de las características que proporcionan los materiales a estudiar dentro del presente proyecto, con el fin de justificar su confiabilidad y calidad en el proceso constructivo.

5.3.3. Técnica

Las técnicas a realizarse serán de acuerdo a ensayos y prácticas de estudio en los laboratorios de suelo, para definir si el material proporcionado por las canteras cumple con las características requeridas para satisfacer con las especificaciones.

6. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

6.1. Objetivos

6.1.1. Objetivo general

Demostrar con los estudios de laboratorio que el tratamiento del material seleccionado para mejoramiento con cemento puede ser usado como base de una estructura del pavimento.

6.1.2. Objetivos específicos

- Definir las propiedades del material seleccionado para mejoramiento en su estado natural.
- Determinar el contenido óptimo de cemento para el tratamiento del material seleccionado para su empleo como base.
- Comprobar si el material mejorado satisface las necesidades establecidas por las normativas como base en la estructura del pavimento.

7. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA

El material seleccionado para mejoramiento fueron tomados de las canteras Hermanos Carrillo - San José y Mega Rok, ubicadas en la parroquia Picoazá del cantón Portoviejo; después de su caracterización se tomó el material con propiedades más favorables para su tratamiento con cemento Porlant y que se llegue a cumplir con las características de base establecida por la Norma de MTOP Capítulo 400 Sección 404 - Bases., siendo más viable y opcional el material proporcionado por la cantera “Mega Rok”.

8. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

8.1. Material Natural

8.1.1. Humedad Natural

La humedad natural es de mucha necesidad en la ejecución de ensayos de cualquier material ya que este determinara la cantidad de agua que contiene.

8.1.2. Granulometria

El material de mejoramiento de las canteras Megarok y Hermanos Carrillo - San José, proporcionan resultados que se indican en la ilustración 2 siendo ambos material granular grueso ya que el porcentaje retenido en el tamiz N° 200 es mayor que el 50% y 35 % según la normativa SUCS y AASHTO respectivamente.

En la ilustración N° 3 dada la granulometría según la normativa del MTOP en la sección 404 capitulo 400, estos materiales se encuentran ubicados dentro de la curva granulométrica indicada pudiendo ser un material base clase 1A.

Dentro de las curvas granulométricas bases clases 1B, 2, 3,4 de las ilustraciones N° 4,5,6,7 se puede observar que el material de las dos canteras no cumple con esta normativa.

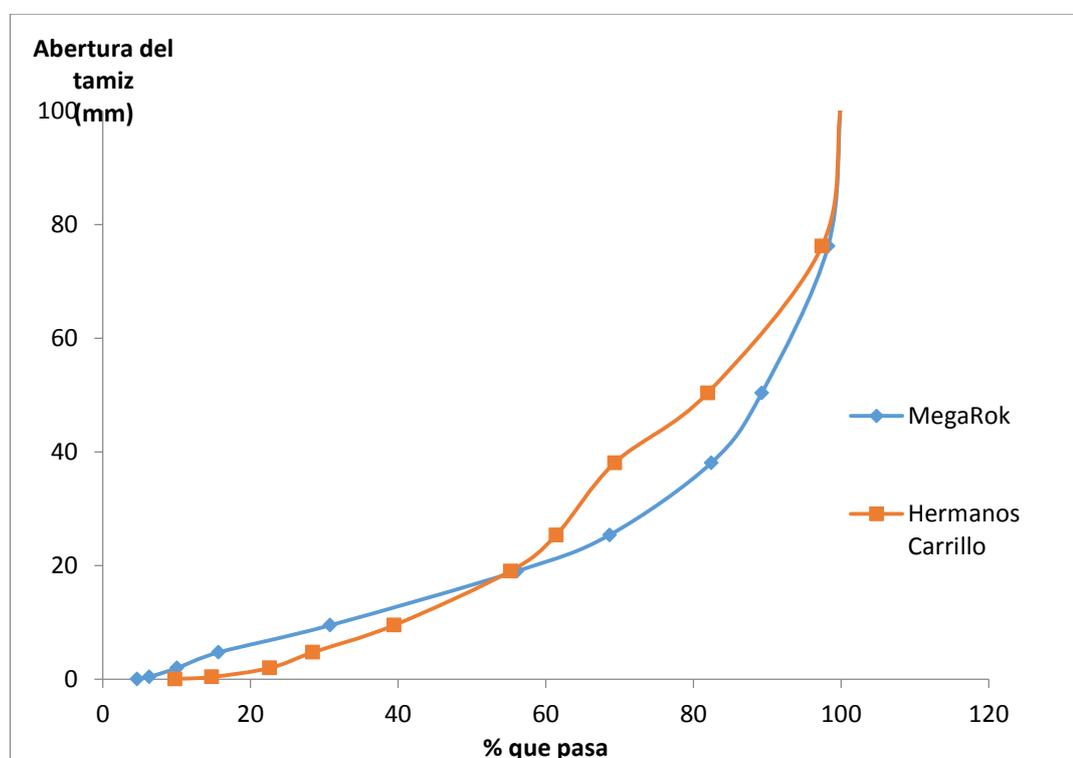


Ilustración 2 Granulometría de Material de Mejoramiento

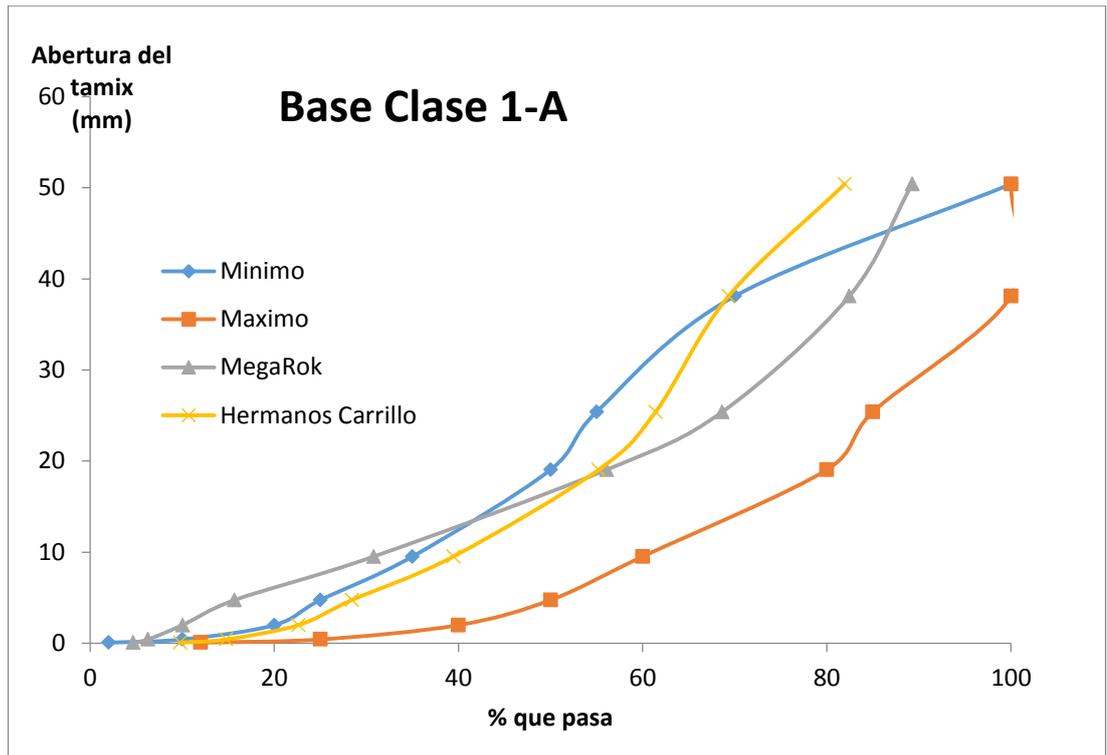


Ilustración 3 Curva Granulométrica Base Clase 1A

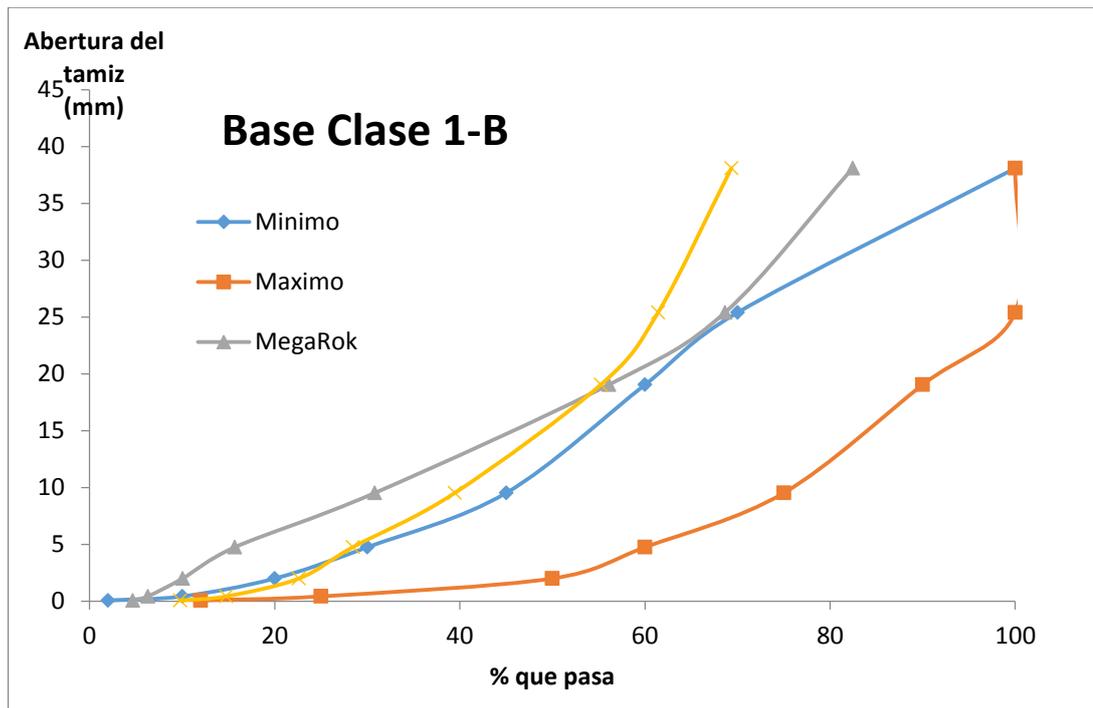


Ilustración 4 Curva Granulométrica Base Clase 1B

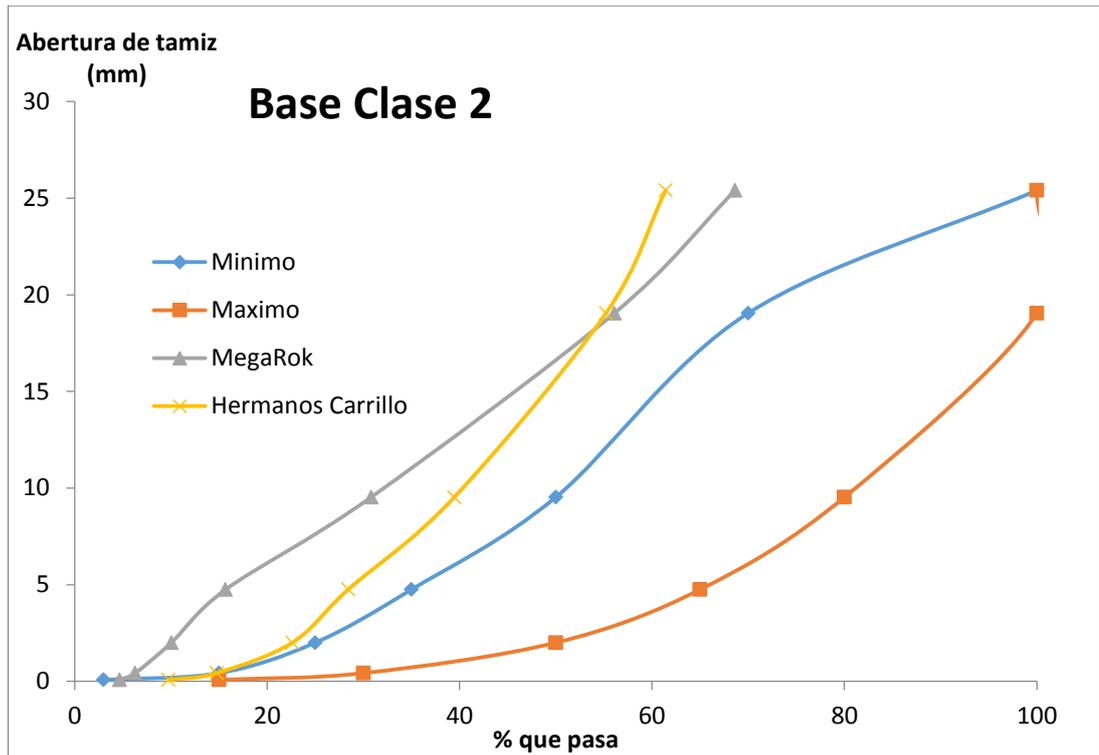


Ilustración 5 Curva Granulométrica Base Clase 2

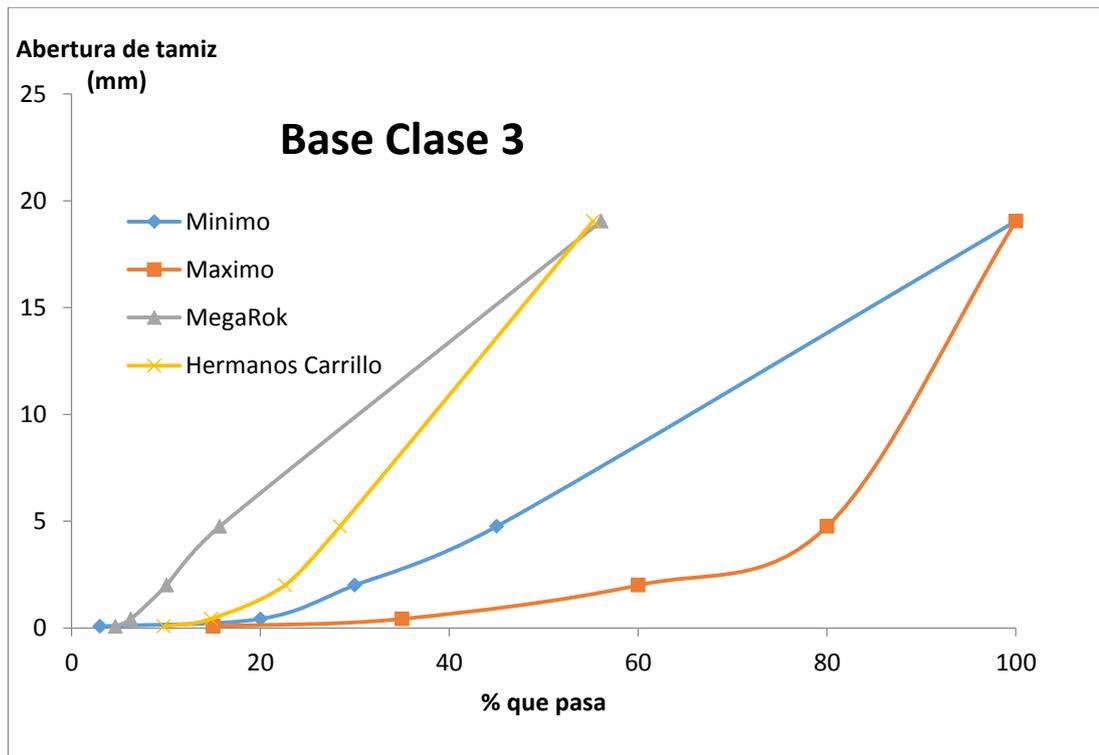


Ilustración 6 Curva Granulométrica Base Clase 3

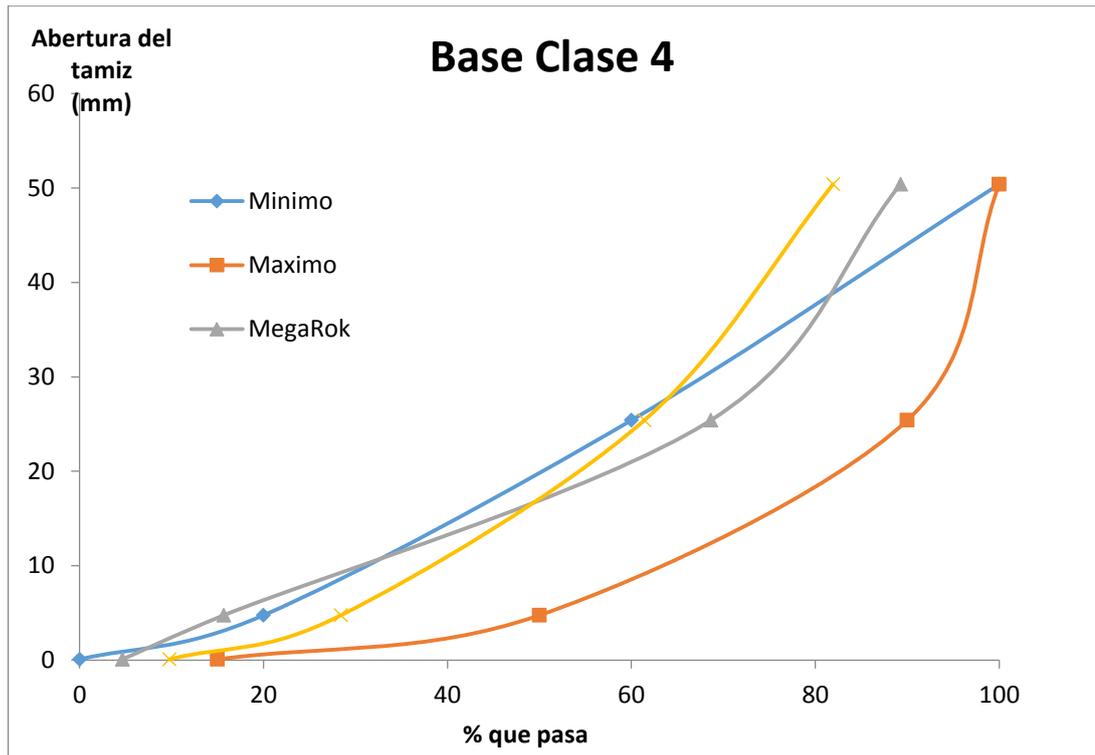


Ilustración 7 Curva Granulométrica Base Clase 4

8.1.3. Límites de Atterberg

Dentro de la normativa para determinar un material como base el índice de plasticidad debe ser menor o igual al 6%, obteniendo resultados de ambos materiales un índice de plasticidad fuera de este rango considerándolo como material plástico.

| | Hermanos Carrillo | MegaRok |
|--------------------------------|-------------------|---------|
| Límite Líquido "LL" (%) | 45,10 | 45,98 |
| Límite Plástico "LP" (%) | 25,07 | 36,80 |
| Índice de Plasticidad "IP" (%) | 19,94 | 9,18 |

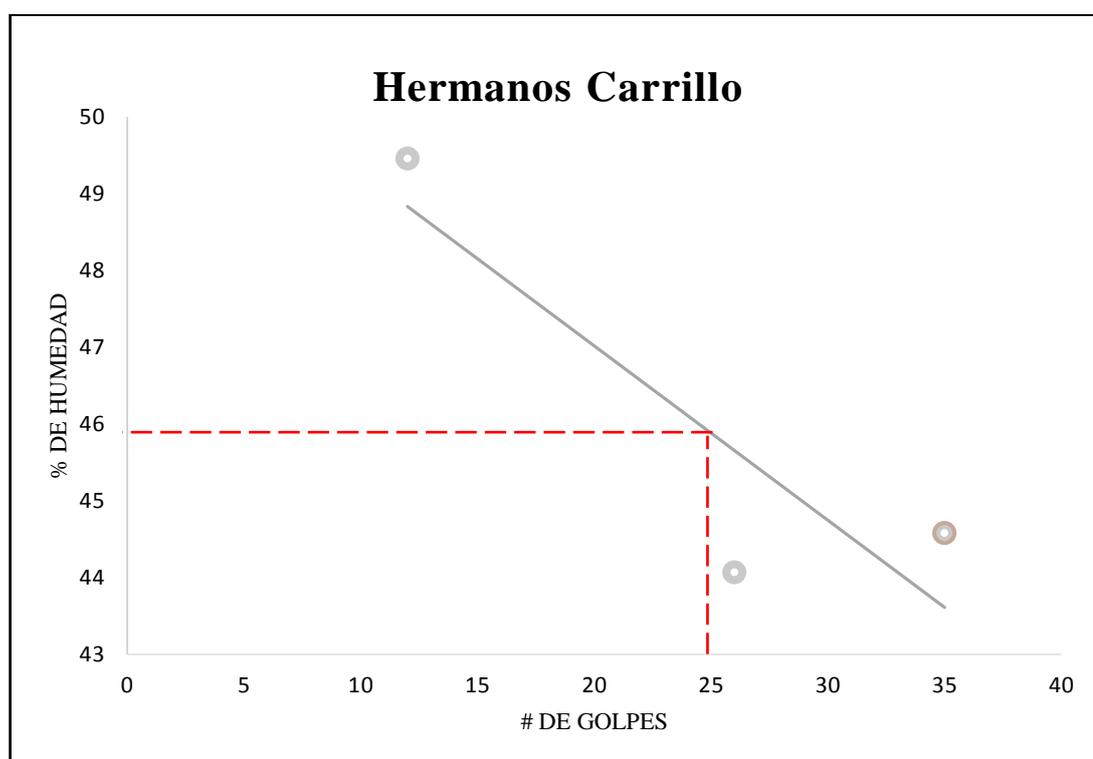


Ilustración 8 Índice de Plasticidad (Hermanos Carrillo)

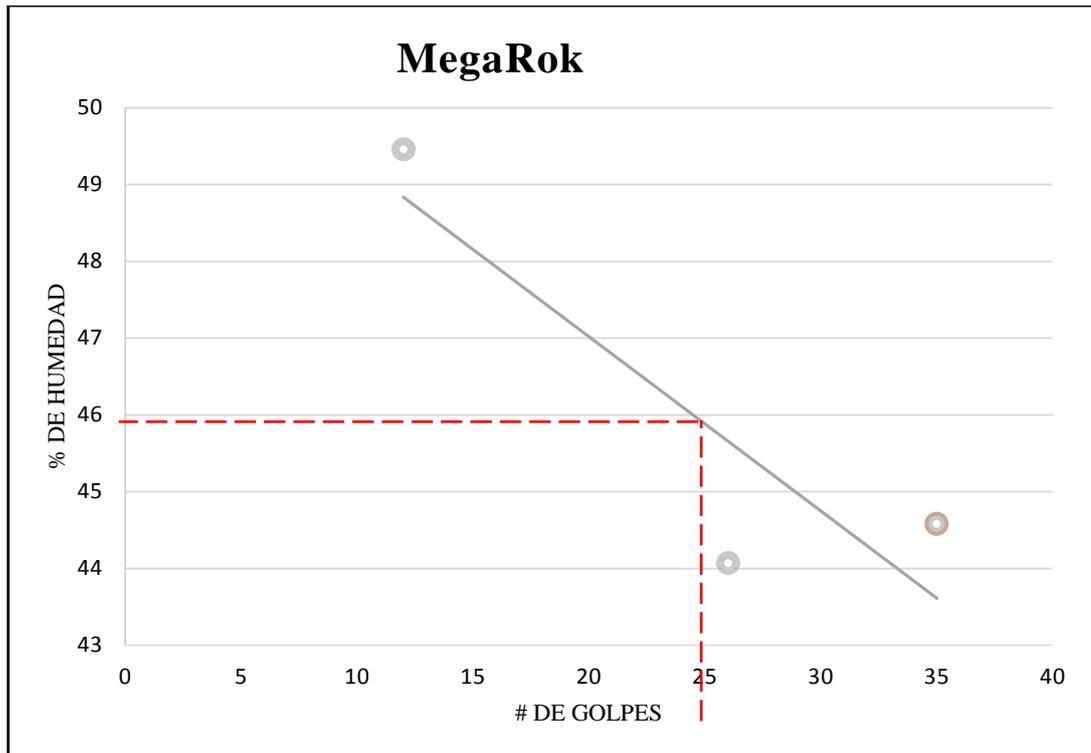


Ilustración 9 Índice de Plasticidad (MegaRok)

8.1.4. Abrasion

Para realizar este ensayo se obtuvo una muestra de 5000 gramos, luego de esto se procedió a realizar el ensayo de desgaste de los angeles realizando 500 vueltas y agregándole 12 esferas para conocer cual seria el porcentaje en que se desgasta el material. Obteniendo en total un desgastes para el material de la cantera de MegaRok el 12.5% y para el material de la cantera Hermanos Carrillo el de 30%.

8.1.5. Proctor

Este ensayo sirvió como pilar fundamental para poder comprobar la densidad máxima y la humedad óptima del material que estuvimos analizando, con el cual, este valor proporcionado se refiere para establecer las características del material en sus condiciones óptimas.

| | Hermanos Carrillo | MegaRok |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------|
| Densidad Maxima Seca (Kg/cm3) | 1639 | 1740 |
| Humedad Optima (%) | 15,6 | 20 |

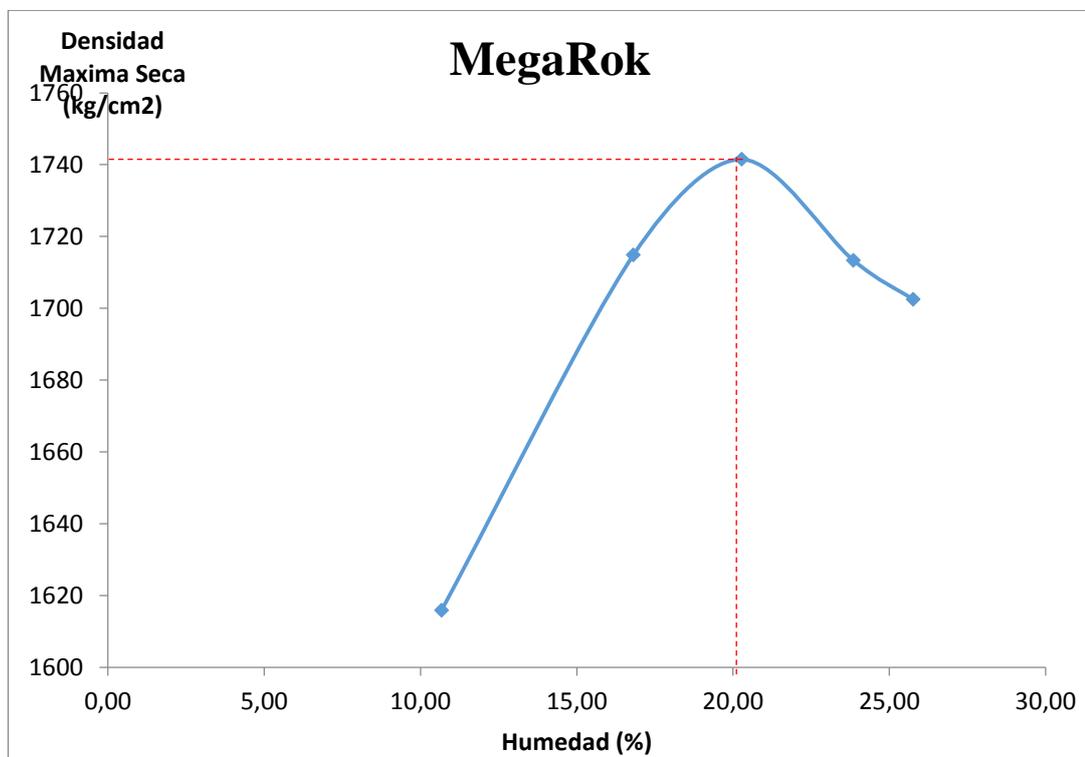


Ilustración 10 Curva de Densidad Óptima (MegaRok)

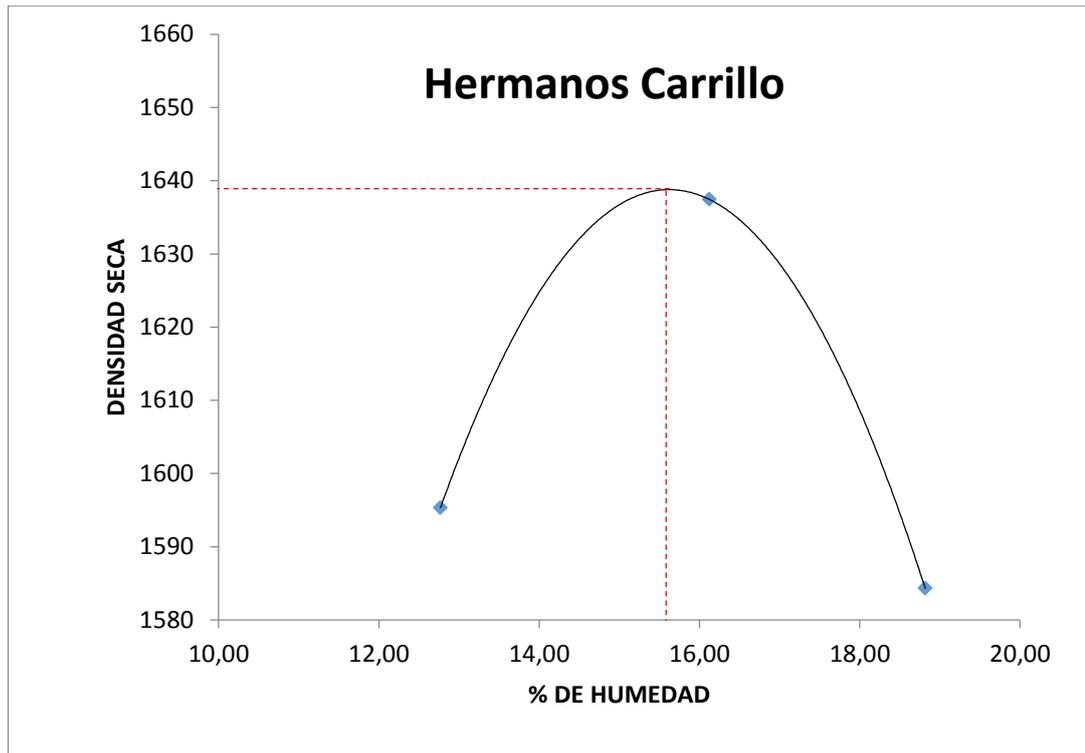


Ilustración 11 Curva de Densidad Óptima (Hermanos Carrillo)

8.1.6. C.B.R.

El presente ensayo se realizó con el objetivo de poder establecer una relación entre el material extraído de canteras y el comportamiento de este como base en la estructura de pavimentos. Con esto se pudo corroborar la resistencia al punzonamiento del material en las condiciones más desfavorables de mismo y luego poder comprobar si este produjo algún tipo de esponjamiento durante el tiempo que se encontró en inmersión.

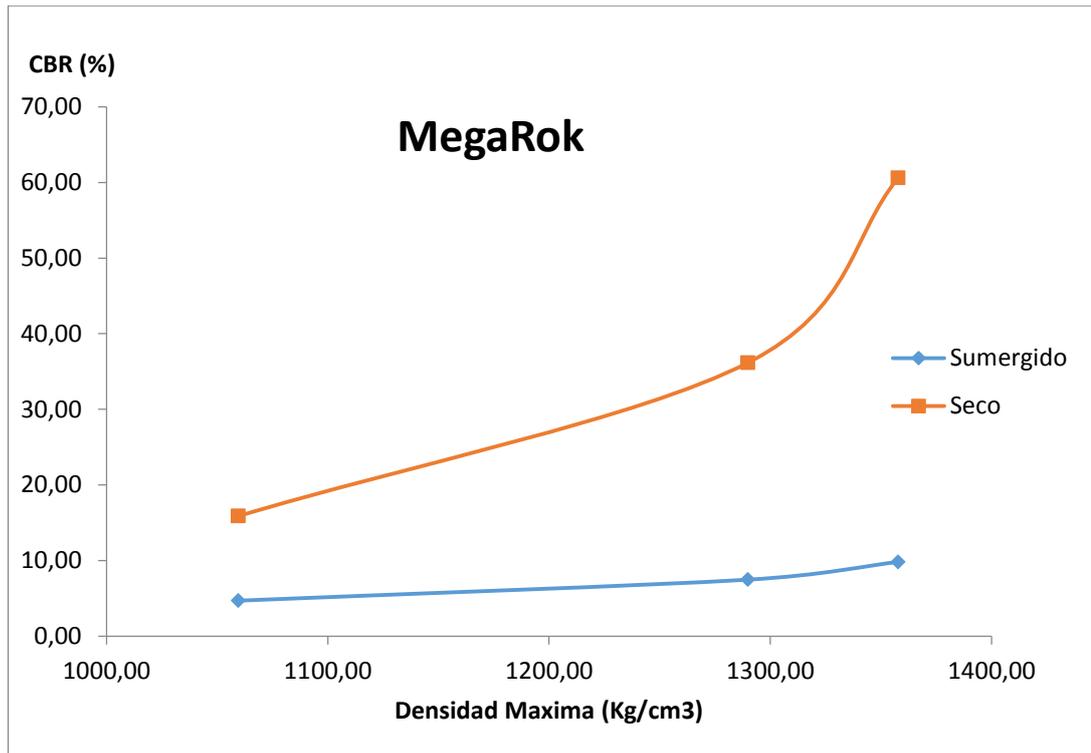


Ilustración 12 Índice de Resistencia C.B.R. (MegaRok)

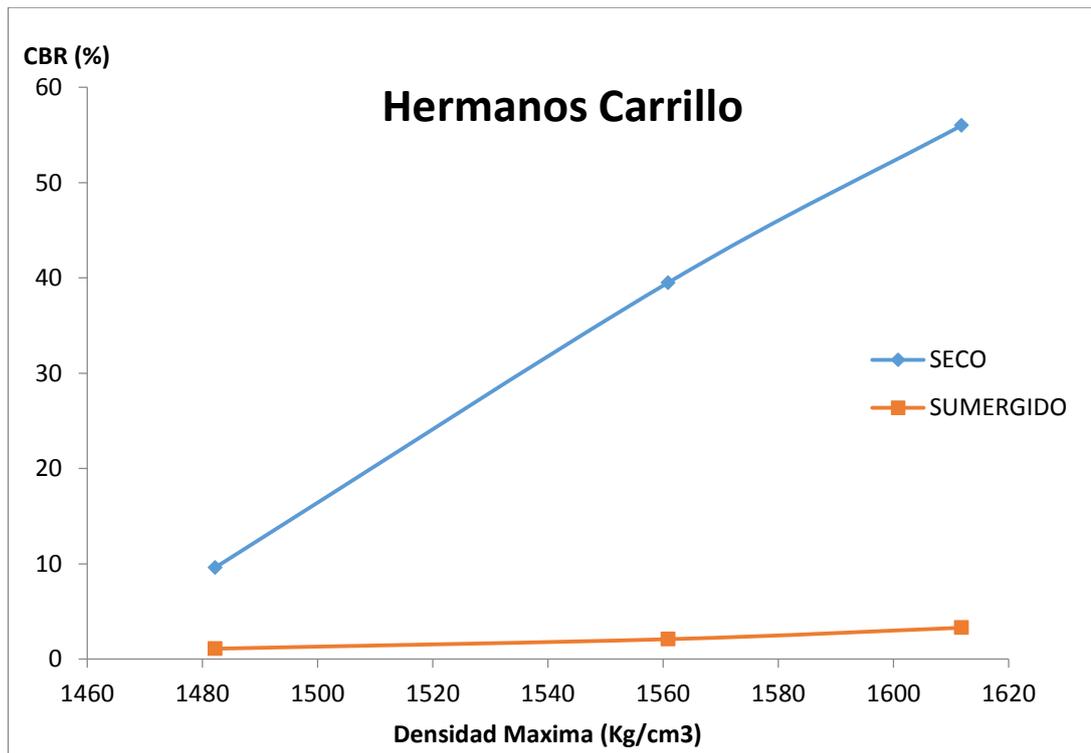


Ilustración 13 Índice de Resistencia C.B.R. (Hermanos Carrillo)

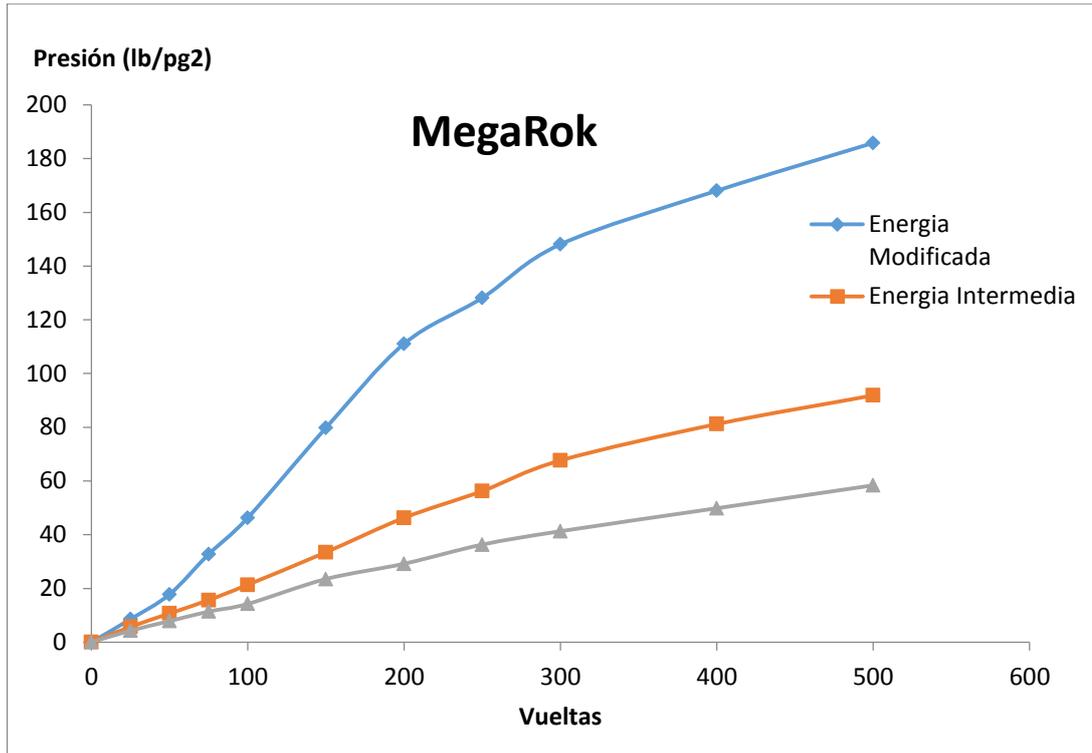


Ilustración 14 Valores de Presiones para una Penetracion Establecida "C.B.R en Inmersión " (MegaRok)

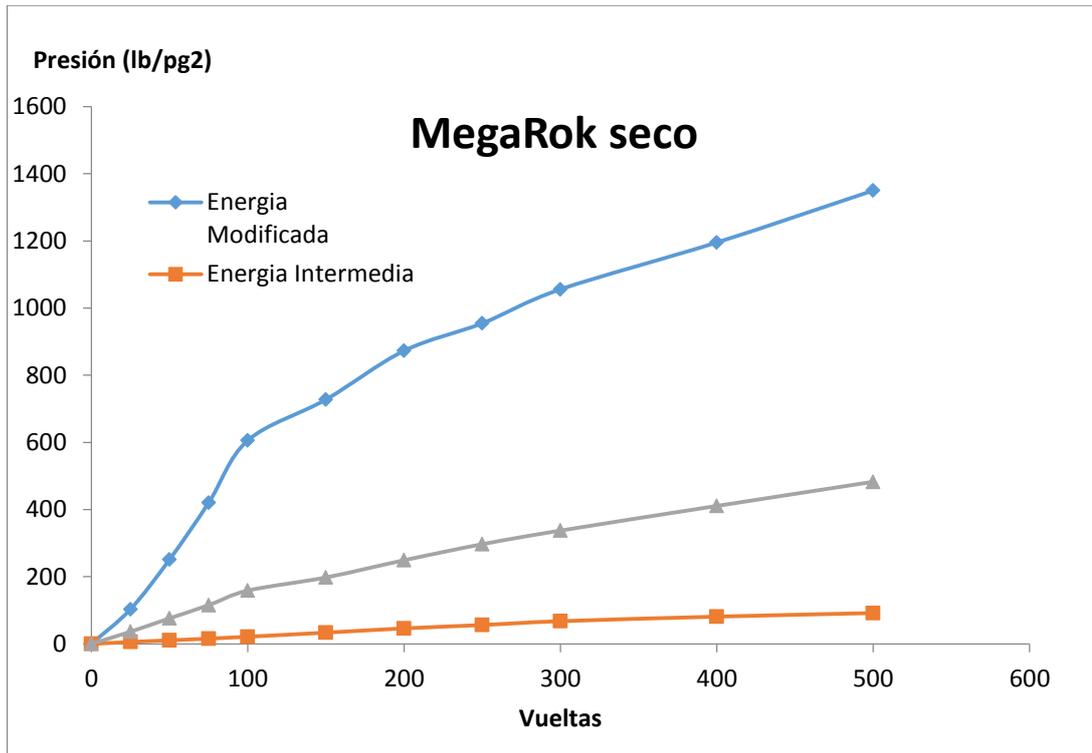


Ilustración 15 Valores de Presiones para una Penetracion Establecida "C.B.R en Seco" (MegaRok)

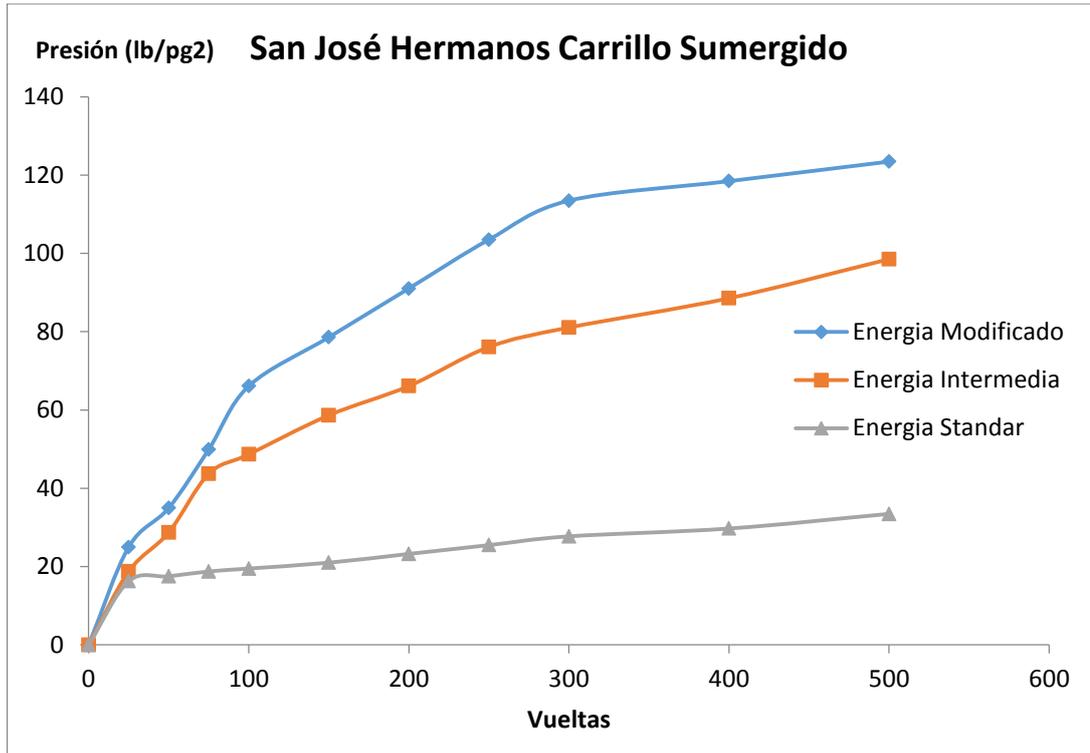


Ilustración 16 Valores de Presiones para una Penetración Establecida "C.B.R en Inmersión " (Hermanos Carrillo)

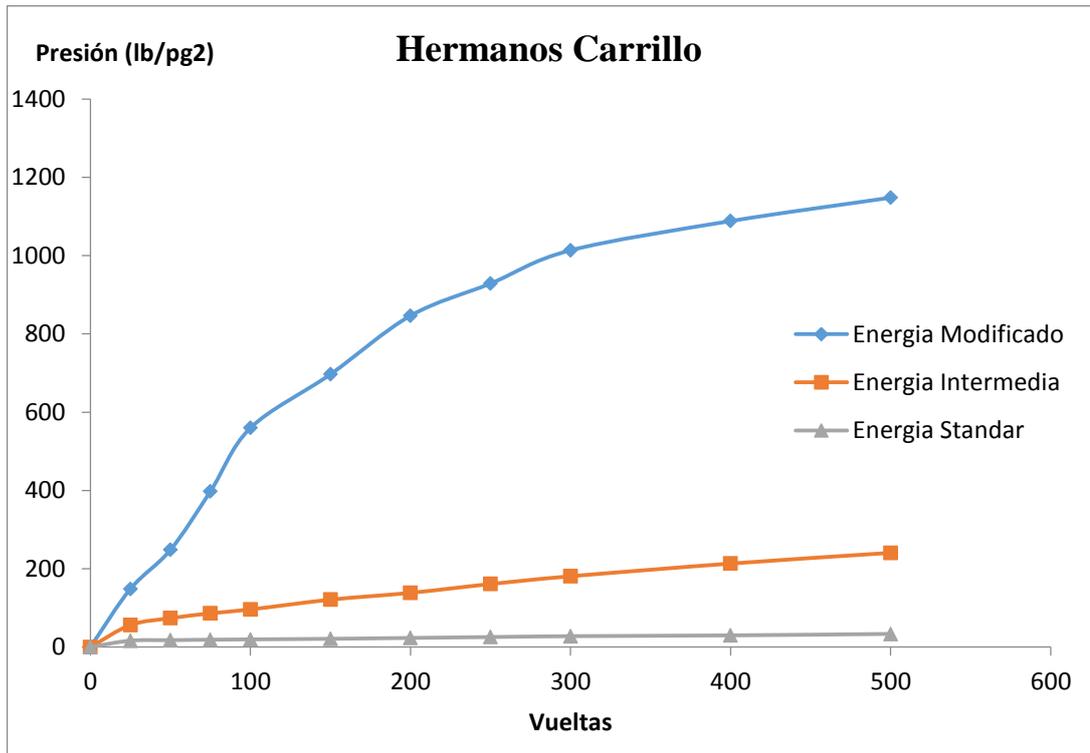


Ilustración 17 Valores de Presiones para una Penetración Establecida "C.B.R en Seco " (Hermanos Carrillo)

8.2. Material Mejorado

Una vez realizado todos los análisis mediante ensayos se pudo realizar la comparación entre los materiales de las canteras, se pudo constatar que estos no cumplen con las propiedades recomendadas por el MTOP, y por esta razón se determino que el material de la cantera MegaRok fue la alternativa que se acerco mas a los requerimientos dados por el MTOP para poder cumplir como una base de estructura de pavimentos.

8.2.1. Resistencia a Compresión

El objeto de este ensayo fue de encontrar la capacidad máxima de soporte de este material, que a su vez se le agrego el 5%, 7% y 9% de cemento a la muestra debido a la clasificación del material que este fue determinado como un material tipo A-2. El porcentaje de cemento se lo pudo determinar mediante las especificaciones brindadas por el Portland Cement Association.

| % Cemento | Presión (Kg/cm ²) |
|-----------|-------------------------------|
| 5 | 34,323 |
| 7 | 48,909 |
| 9 | 69,105 |

Tabla 5 Porcentaje de Cemento y Presiones

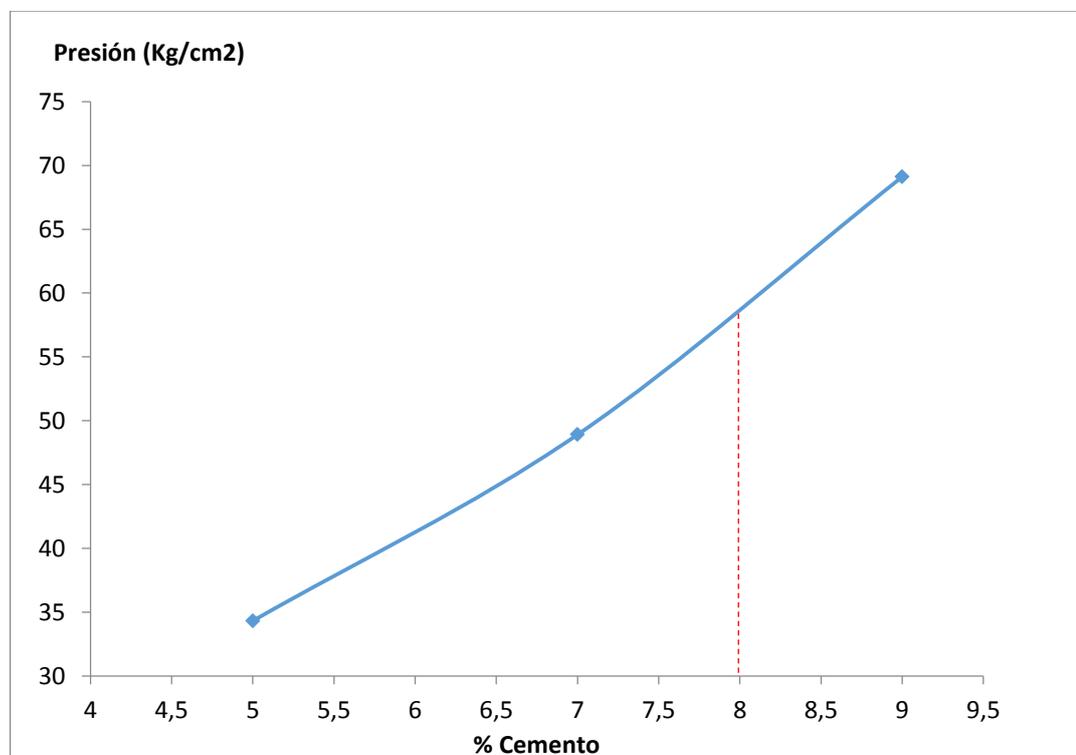


Ilustración 18 Resistencia Máxima a la compresion del material Mejoramiento (MegaRok)

8.2.2. Humedecimiento – Secado

Este ensayo se lo realizo para comprobar el porcentaje de desgaste que tuvo el material una vez tratado con el aditivo que fue el cemento. Este proceso se llevo a cabo por medio de un curado de 7 dias para luego poder llevarlo a inmersión y asi poder llevar a cabo el procedimiento de cepillado manualmente, para este se tuvo que realizar un proceso de 24 horas en inmersión y 4 horas de secado al horno.

| Día | Desgaste (% - con respecto al peso inicial) |
|-----|---|
| 1 | 3,77 |
| 2 | 5,20 |
| 3 | 7,72 |
| 4 | 7,86 |
| 5 | 10,69 |
| 6 | 11,50 |
| 7 | 23,69 |

Tabla 6 Porcentaje de Desgaste

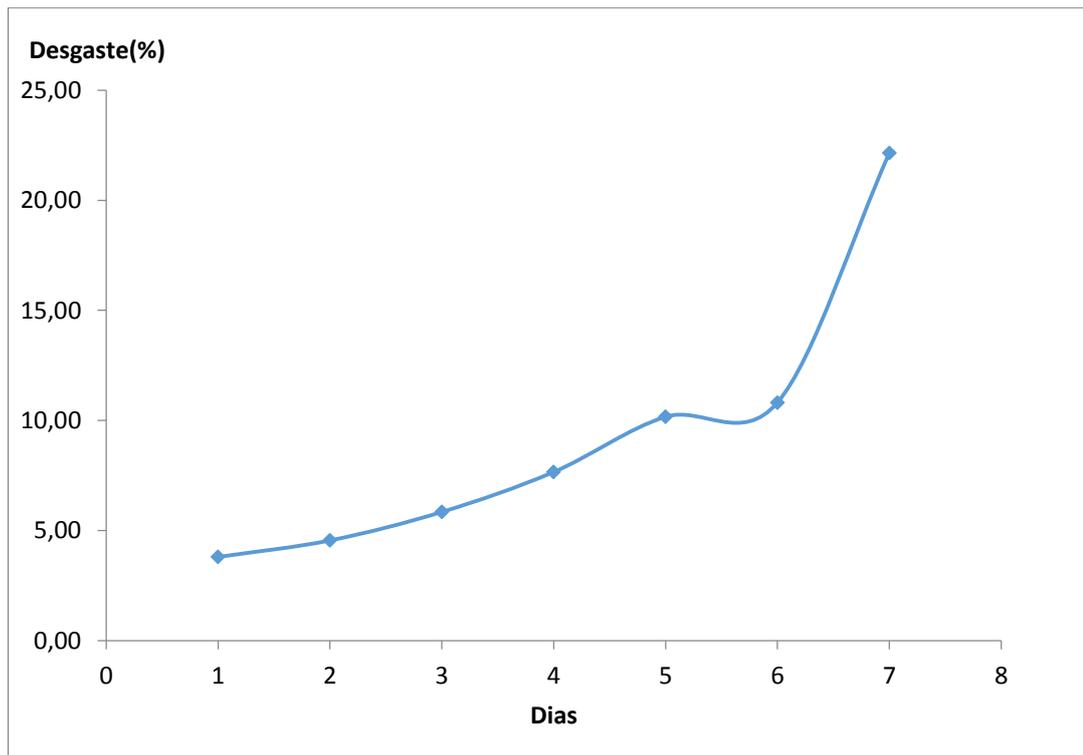


Ilustración 19 Curva de Porcentaje de Desgaste

9. ANÁLISIS DE LOS DATOS

El material de mejoramiento estudiado dentro de este proceso fueron de las canteras Hermanos Carrillo y MegaRok, a las cuales después de los ensayos realizados presentaron las distintas propiedades.

El material de la cantera Hermanos Carrillo presento una humedad natural 30% , el 25.07% del limite plástico, 44.93% limite liquido representando un indice de plasticidad de 19.86%, mediante estos resultados se clasificó el material dando según la normativa AASHTO: A2-7; y por el método unificado (SUCS): un suelo tipo (GC) con presencia de grava, arena y arcilla.

Las características que presento el material de la cantera MegaRok son las siguientes: Humedad natural 17.33%, limite liquido 45.98%, limite plástico 36.8%, índice de plasticidad 9.18%; clasificándolo como un suelo tipo A2-6 y (GM) con presencia de grava, arena y limo, según las normas AASHTO y SUCS respectivamente.

Para la consideración de un material como base se debe de tener en cuenta los valores considerados en las especificaciones técnicas, ambos materiales no se pueden considerar como base, ya que se obtuvieron valores de C.B.R. 6.6% y 8.50% de las canteras Hermanos Carrillo y MegaRok, para el análisis del material tratado con cemento de este proyecto, se escogio el material con las características menos desfavorables.

Para el análisis se consideró la tabla del Protland Cement Association la cual nos proporcionó el porcentaje recomendado de cemento a utilizar en función al tipo de suelo según la clasificación SUCS, siendo este un tipo A2-6; de la cantera MegaRok, esta nos recomienda el uso de el 5%, 7% y 9% con relacion a su peso teniendo los diferentes resultados que se dieron a la resistencia a la compresión de 34.5 kg/cm², 48.98kg/cm² y 69.68 kg/cm² y estos a su vez presentaron presiones equivalentes a valores de C.B.R. de 50%, 71%, 101%, para cada porcentaje que se agrego de cemento de 5%, 7% y 9% respectivamente.

Dentro del ensayo de humedecimiento- secado se obtiene el porcentage de desgaste , se considero agregarle el 8% de cemento el que representa la presión máxima de 57.26 kg/cm² equivalente a un 83% de C.B.R. el cual es superior al minimo establecido que es el 80% para una base en la estructura de pavimento;

luego del proceso de inmersión- secado-cepillado el resultado es 23,69% del peso inicial de la muestra durante los 7 días.

| Características | MegaRok | Hermanos Carrillo |
|------------------------|----------------|--------------------------|
| Humedad Natural | 17.33 % | 30 % |
| Limite Liquido | 45.98 % | 25.07 % |
| Limite Plastico | 36.80 % | 44.93 % |
| Índice de Plasticidad | 9.18 % | 19.86 % |
| Abrasion | 12.5 % | 32 % |
| Proctor | 1740 Kg/cm3 | 1639 Kg/cm3 |
| Clasificacion SUCS | GM | GC |
| Clasificación AASHTO | A2-6 | A2-7 |
| C.B.R. | 8.50 % | 6.6 % |
| C.B.R. Modificado 5% | 50 % | |
| C.B.R. Modificado 7% | 71 % | |
| C.B.R. Modificado 9% | 101 % | |
| Desgaste a los 7 días | 23.69 % | |

Tabla 7 Características y Resultados del Análisis

10. ELABORACION DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS

10.1. Conclusiones

- La diferencia de propiedades entre las muestras tomadas del material seleccionado para mejoramiento de las canteras “Hermanos Carrillo” y “MegaRok” presenta grandes variaciones, a pesar de ser un mismo tipo de material.
- Las variaciones entre dichos materiales no representan que estos no sean favorables óptimamente para su utilización como base en la estructuras de pavimentos, sin embargo uno de ellos cumple con ciertas especificaciones técnicas que permiten su utilización como material seleccionado para mejoramiento siendo éste extraído de la cantera “MegaRok”.
- Los análisis realizados mediante los resultados obtenidos se pudo constatar que las muestras de material seleccionado para mejoramiento poseen un índice de plasticidad de 19,86% y 9,18% de las canteras “Hermanos Carrillo” y “MegaRok” respectivamente, teniendo como especificacion técnica según el MTOP para base granular el índice de plasticidad es no myor a 6% y al no cumplir las muestras seleccionadas de manera natural se podría incorporar un aditivo para controlar los límites de consistencia, sientio este el cemento porlant.
- Se determinó que con la incorporación de un porcentaje de cemento del 7,6%, se logró optimizar la capacidad al esfuerzo cortante del material seleccionado para mejoramiento a una presión equivalente a 55.19 kg/cm² y este a su vez un C.B.R equivalente al 80%, siendo éste el mínimo requerido para un material a utilizarse como base en la estructura de pavimentos.
- La aplicación de esta alternativa de diseño en la estructura de pavimentos significa un costo representativo para emplearlo en obras viales de gran longitud, puesto que se tiene como conclusión que al ponerla en practica de esta manera generara una inversión muy alta y ello no se lo considera sustentable en la actualidad. Dicha alternativa es mas recomendable en la construcción de obras viales de corta longitud.

10.2. Recomendaciones

- Emplear la tabla proporcionada por Porlant Cement Association para identificar los porcentajes adecuados y determinar si la relación combinada de ellos proporciona óptimos resultados.
- Incorporar esta alternativa de diseño en la estructura de pavimentos no representa impacto alguno que pueda afectar al ambiente, al momento de la construcción de una obra vial.
- Identificar que el material seleccionado para mejoramiento de las canteras “Hermanos Carrillo” y “MegaRok” en su estado natural no cumple con las especificaciones requeridas para incorporarlas como base en una estructura de pavimentos.
- Se podría realizar la aplicación de esta alternativa de diseño reajustando la cantidad de cemento o mejorando las propiedades de mezclas de agregados para poder mejorar las condiciones y que estas satisfagan las especificaciones técnicas.

11.PRESUPUESTO

| DESCRIPCION | VALOR |
|--|------------------|
| Material de cantera y transporte | \$ 100,00 |
| Viáticos, Transporte y alimentos | \$ 90,00 |
| Ensayos y estudios | \$ 150,00 |
| Hojas y copias e impresiones | \$ 25,00 |
| Otros materiales (cemento, fundas, cintas, entre otros) | \$ 20,00 |
| TOTAL | \$ 385,00 |

Tabla 8Presupuesto Referencial

12. 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 |

13.BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso Montejo Fonseca, AMF2010. Ingeniería de Pavimentos. Colombia: Universidad Católica de Colombia
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP2002. Quito
- IECA, "Manual de Pavimentos Industriales". Madrid, Septiembre del 2010

WEBGRAFÍA

- Jorge Mario, J2008. Determinación de la humedad natural de una muestra de suelo. Octubre,07,2008, <http://ingevil.blogspot.com/2008/10/determinacin-de-la-humedad-natural-de.html>.
- Suelo-Cemento sus usos propiedades y aplicaciones M en I. Eduardo de la Fuente Lavalle; 1995 Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/016294/016294_Cap3.pdf
- Suelo Cemento 1a parte, Consultado el 5 de marzo del 2016, <http://www.imcyc.com/ct2008/mar08/ingenieria.htm>
- Juan Ramos Lachi, JRL2008. INFORME CBR. Agosto, 29, 2008, <https://es.scribd.com/doc/5256272/INFORME-CBR>.

14. ANEXOS



Imagen 1 Material de Mejoramiento



Imagen 2 Recoleccion de la muestra



Imagen 3 Separacion del Material



Imagen 4 Mezcla de material



Imagen 6 Toma de muestra realizada en el laboratorio



Imagen 5 Tamizado del material para su respectivo ensayo



Imagen 7 Peso de la muestra



Imagen 8 Muestras puestas al horno



Imagen 9 Colocación de las muestras en la piscina para su respectivo control de hinchamiento



Imagen 10 Colocación de las muestras en la piscina para su respectivo control de hinchamiento



Imagen 12 Realización del ensayo de compactación



Imagen 11 Realización de la extracción del núcleo



Imagen 14 Prueba de Resistencia en el laboratorio de la Universidad



Imagen 13 Toma de datos obtenido de la resistencia



Imagen 16 Muestra sumergida en el agua para el ensayo de humedecimiento-secado



Imagen 15 Ecurrimiento de muestras para su colocación al horno



Imagen 17 Muestras colocadas en el horno



Imagen 18 Muestras para realizar la determinación del desgaste



Imagen 19 Realización del raspado para conocer el desgaste



Imagen 20 Muestras luego de haberse realizado el raspado

| Clasificación general | Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz Nº 200) | | | | | | | Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz Nº 200) | | | |
|-------------------------------------|---|---------|--------------------|------------------------------|---------|---------|---------|--|---------|-------------------|-----------------------|
| | A - 1 | | A - 3 ^A | A - 2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 A-7-5 A-7-6 |
| Clasificación de grupo | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | |
| Tamizado, % que pasa | | | | | | | | | | | |
| Nº 10 (2.00mm) | 50 máx. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Nº 40 (425 µm) | 30 máx. | 50 máx. | 51 mín. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Nº 200 (75 µm) | 15 máx. | 25 máx. | 10 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 35 máx. | 36 mín. | 36 mín. | 36 mín. |
| Consistencia | | | | | | | | | | | |
| Límite líquido | ... | | ... | B | | | | 40 máx. | 41 mín. | 40 máx. | 41 mín. |
| Índice de plasticidad | 6 máx. | | N.P. | B | | | | 10 máx. | 10 máx. | 11 mín. | 11 mín. ^B |
| Tipos de materiales característicos | Cantos, grava y arena | | Arena fina | Grava y arena limoarcillosos | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | |
| Clasificación | Excelente a bueno | | | | | | | Regular a malo | | | |

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30

Imagen 21 Tabla de Clasificación de Suelo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Tipo de material: Mejoramiento

Nombre de Cantera: Megarok

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

MUESTRA # 1

| Id. Tara | Masa húmeda + 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 % | |

Imagen 22 Ensayo de Humedad Natural

ENSAYO GRANULOMETRICO

PROYECTO: Proyecto de titulacion

UBICACION: Portoviejo

LAB. N°

YACIMIENTO: Cantera SAN JOSE

FECHA :

DESCRIPCION DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO

| TAMIZ | P.RETENIDO PARCIAL | P. RETENIDO ACUMULADO | % RETENIDO | % QUE PASA | % ESPECIFICA |
|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------|---------------|
| GRANULOMETRIA | | | SERIE GRUESA | | |
| 4" | 0 | 0 | 0,00 | 100,00 | |
| 3" | 505 | 505 | 2,59 | 97,41 | |
| 2 ½" | | 505 | 2,59 | 97,41 | |
| 2" | 3017,8 | 3522,8 | 18,06 | 81,94 | 100 |
| 1½" | 2458,7 | 5981,5 | 12,61 | 69,33 | 70-100 |
| 1" | 1545,6 | 7527,1 | 7,92 | 61,41 | 55-85 |
| ¾" | 1207 | 8734,1 | 6,19 | 55,22 | 50-80 |
| ½" | | 8734,1 | 0,00 | 55,22 | |
| ⅜" | 3076,5 | 11810,6 | 15,77 | 39,45 | 35-60 |
| N°4 | 2150,3 | 13960,9 | 11,02 | 28,42 | 25-50 |
| PASA N°4 | 5543,8 | 19504,7 | 28,42 | | |
| TOTAL | 19504,7 | | | | |

| SERIE FINA | | | | | |
|-------------------|---------------|--|-----------------|----------|---------|
| N°4 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 10 | 102,30 | | 5,82 | 22,61 | 20 - 40 |
| 16 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 30 | | | | | |
| 40 | 138,18 | | 7,85 | 14,75 | 10 - 25 |
| 50 | | | | | |
| 60 | | | | | |
| 100 | | | | | |
| 200 | 87,80 | | 4,99 | (9,76) | 2 - 12 |
| PASA N°200 | 171,72 | | (9,76) | | |
| TOTAL | 500,00 | | | | |

P inicial humedo= **500** grms

P inicial seco= **454,44** grms

| N° TARRO | PESO HUMEDO | PESO SECO | PESO TARRO | % W | % PROMEDIO |
|------------------------|-------------|-----------|------------|-------|--------------|
| HUMEDAD NATURAL | | | | | |
| 12 | 308,32 | 289,34 | 82,32 | 9,17 | |
| 48 | 246,56 | 230,56 | 79,96 | 10,62 | |
| 17 | 252,24 | 235,50 | 72,73 | 10,28 | 10,03 |

HUMEDAD NATURAL: 10,03 %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
 FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

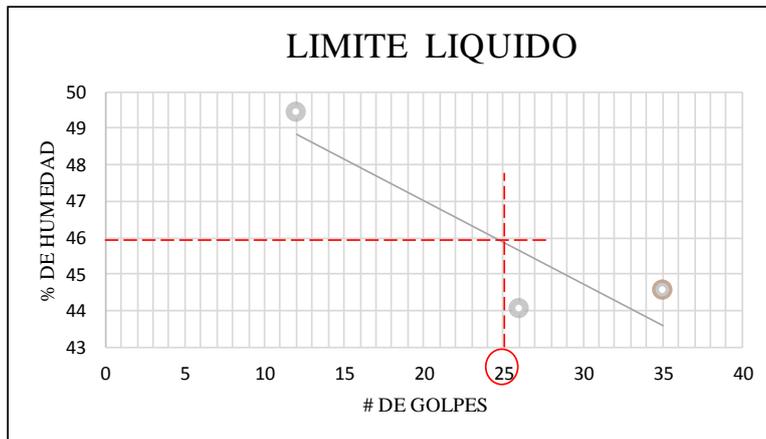
Tipo de material: Mejoramiento
 Nombre de Cantera: Megarok

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 |
|-------------|----------|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------------|---------|
| 35 | 33 | 47,96 gr | 38,71 gr | 17,96 gr | 9,25 gr | 20,75 gr | 44,58 % |
| 26 | A5 | 39,06 gr | 32,30 gr | 16,96 gr | 6,76 gr | 15,34 gr | 44,07 % |
| 12 | 99 | 38,57 gr | 31,75 gr | 17,96 gr | 6,82 gr | 13,79 gr | 49,46 % |

46,03 %



L.L= 46,03 %

LIMITE PLASTICO (L.P.)

| Id. Tara | Masa humeda + tara | Masa seca + tara | Masa tara | Masa agua | Masa suelo seco | Humedad |
|----------|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------------|---------|
| 15 | 9,61 gr | 8,86 gr | 6,82 gr | 0,75 gr | 2,04 gr | 36,76 % |
| 81 | 8,76 gr | 8,23 gr | 6,69 gr | 0,53 gr | 1,54 gr | 34,42 % |
| 72 | 8,42 gr | 7,91 gr | 6,61 gr | 0,51 gr | 1,30 gr | 39,23 % |

36,80 %

| | |
|-----------------|-------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 46,03 |
| LÍMITE PLÁSTICO | 36,80 |
| ÍNDICE PLÁSTICO | 9,23 |

Imagen 24 Ensayos de Límites de Atterberg

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

GRANULOMETRIA SERIE GRUESA

| Tamiz | Peso Retenido Parcial | Peso Retenido Acumulado | Porcentaje Retenido | Porcentaje que Pasa | Porcentaje de Especificación |
|--------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 4" | 0 gr | 0 gr | 0,00 % | 100,00 % | |
| 3" | 568 gr | 568 gr | 1,75 % | 98,25 % | |
| 2" | 2909 gr | 3477 gr | 10,73 % | 89,27 % | |
| 1 1/2" | 2213 gr | 5690 gr | 17,56 % | 82,44 % | 70-100 |
| 1" | 4472 gr | 10162 gr | 31,36 % | 68,64 % | 55-85 |
| 3/4" | 4067 gr | 14229 gr | 43,91 % | 56,09 % | 50-80 |
| 3/8" | 8194 gr | 22423 gr | 69,20 % | 30,80 % | 35-60 |
| N°4 | 4899 gr | 27322 gr | 84,32 % | 15,68 % | 25-50 |
| N°10 | 1828 gr | 29150 gr | 89,96 % | 10,04 % | |
| N°40 | 1218 gr | 30368 gr | 93,72 % | 6,28 % | |
| N°200 | 529 gr | 30897 gr | 95,35 % | 4,65 % | |
| PASA n° 4 | 1506 gr | 32403 gr | | | |
| TOTAL | 32403 gr | | | | |

Imagen 25 Ensayo de Granulometria Gruesa

| DESGASTE DE AGREGADOS | |
|-----------------------|---------|
| Peso del material | 5000 gr |
| Ret Tamiz N°12 | 4375 gr |
| Pasa Tamiz N°12 | 625 gr |
| Desgaste | 12,5 % |

Imagen 26 Ensayo de Abrasión

PROYECTO: Proyecto de titulacion
UBICACION: Portoviejo
YACIMIENTO: Cantera SAN JOSE
DESCRIPCION DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO

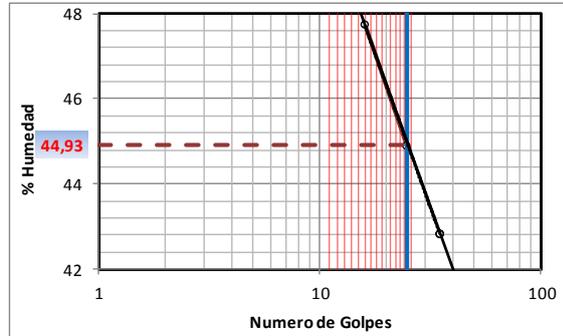
LAB. N°
FECHA :

LIMITE LÍQUIDO

| | | | |
|--|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE # | 102 | 200 | 41 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (| 30,98 | 44,35 | 39,85 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2 | 26,43 | 35,91 | 33,22 |
| MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2) | 4,55 | 8,44 | 6,63 |
| MASA DE RECIPIENTE (P4) | 16,90 | 17,10 | 17,74 |
| MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4) | 9,53 | 18,81 | 15,48 |
| % DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5) | 47,74 | 44,87 | 42,83 |
| # DE GOLPES | 16 | 25 | 35 |

LIMITE PLÁSTICO

| | | | |
|--|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE # | 9 | 82 | 16 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (| 7,85 | 8,21 | 9,30 |
| MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2 | 7,63 | 7,97 | 8,92 |
| MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2) | 0,22 | 0,24 | 0,38 |
| MASA DE RECIPIENTE (P4) | 6,76 | 6,77 | 7,65 |
| MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4) | 0,87 | 1,20 | 1,27 |
| % DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5) | 25,29 | 20,00 | 29,92 |



Observaciones :

Normas de Referencia

INEN 691-1982
 INEN 692-1982
 ASTM D 4318-98
 AASHTO T 89-94
 AASHTO T 90-94

L. Líquido = 44,93
L. Plástico = 25,07
I. Plasticidad = 19,86

Imagen 27 Ensayos de Límites de Atterberg (Hermanos Carrillo)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO: Proyecto de titulación

UBICACION: Portoviejo

LAB. N°

SECTOR: Cantera SAN JOSE

FECHA :

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO

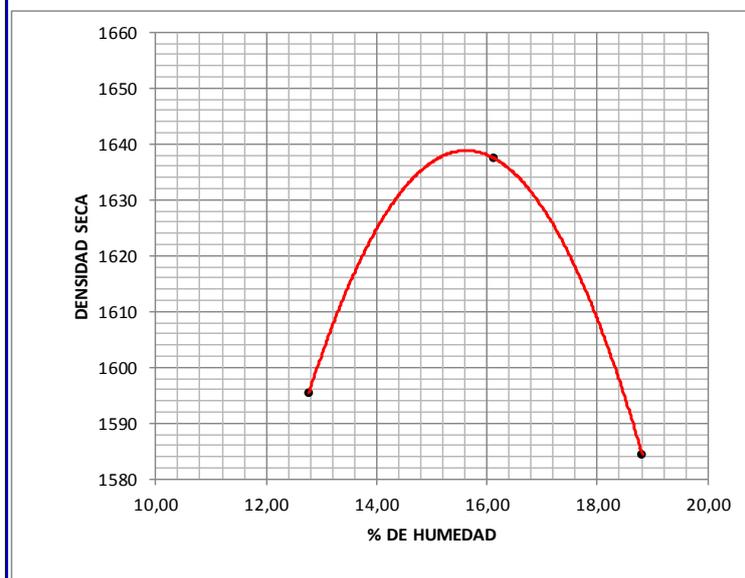
| | | | | |
|----------------------------------|----------|---------|----------------------|---------------------------------------|
| MASA DEL CILINDRO (P7) | 6538 | Cil. 1A | TIPO DEL ENSAYO | Modificado Ø=6" ; 18"-4.5 Kg. ; 5c-56 |
| VOLUMEN DEL CILINDRO (V) | 2049,894 | | # DE CAPAS | 5 |
| MASA DEL MARTILLO (lb.) | 10 | | # DE GOLPES POR CAPA | 56 |
| ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO () | 45,72 | | | |

DATOS PARA LA CURVA

| | | | | | |
|---------------------------------|---------|----------|---------|--|--|
| MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO | 10225,8 | 10435,75 | 10396,8 | | |
| MASA DE SUELO HÚMEDO | 3687,8 | 3897,75 | 3858,8 | | |
| DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO | 1799 | 1901 | 1882 | | |
| DENSIDAD SECA DEL SUELO | 1595 | 1637 | 1584 | | |

CONTENIDO DE AGUA

| PUNTO # | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|---|---|---|
| % DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO | 3% | | 6% | | 9% | | | | |
| RECIPIENTE N° TARA | 2a | B2 | 33 | 1m | 11 | 14 | | | |
| TARA + SUELO HUM. (GRS.) | 579 | 578 | 466 | 419 | 457 | 473 | | | |
| TARA + SUELO SECO (GRS.) | 520 | 524 | 414 | 371 | 399 | 409 | | | |
| PESO AGUA | 59 | 54 | 52 | 48 | 58 | 64 | | | |
| PESO DE TARA | 77 | 82 | 85 | 79 | 81 | 79 | | | |
| PESO SUELO SECO | 443 | 442 | 329 | 292 | 318 | 330 | | | |
| CONT. DE AGUA % | 13 | 12 | 16 | 16 | 18 | 19 | | | |
| CONT. PROM. AGUA % | 12,77 | | 16,12 | | 18,82 | | | | |



**ENSIDAD SECA MÁXIMA/
1639 Kg/m³
% DE HUMEDAD ÓPTIMA/
15,62 %**

Observaciones:
Normas de Referencia
ASTM D 698-91
ASTM D 1557-91
AASHTO T 99-94
AASHTO T 180-93

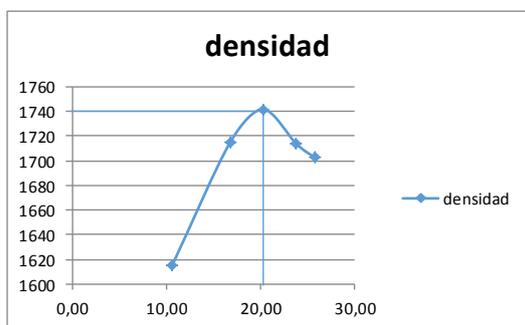
Imagen 28 Ensayo de Proctor (Hermanos Carrillo)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
 FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Tipo de material: Mejoramiento
 Nombre de Cantera: MegaRok

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 cm ³ | | | | | | | |
| # de Golpes / Capas | 56 | Masa del martillo | 10 lb | | | | | | | |
| | | Altura de caída | 45,72 cm | | | | | | | |
| DATOS PARA LA CURVA | | | | | | | | | | |
| ítems | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| Masa de suelo humedo | 3666 kg | 4106 kg | 4294 kg | 4350 kg | 4389 kg | | | | | |
| Masa del molde + S.H. | 9440 kg | 9880 kg | 10068 kg | 10124 kg | 10163 kg | | | | | |
| Densidad Hum. del Suelo | 1788 kg/cm ³ | 2003 kg/cm ³ | 2095 kg/cm ³ | 2122 kg/cm ³ | 2141 kg/cm ³ | | | | | |
| Densidad seca del suelo | 1616 kg/cm ³ | 1715 kg/cm ³ | 1741 kg/cm ³ | 1713 kg/cm ³ | 1702 kg/cm ³ | | | | | |
| CONTENIDO DE AGUA | | | | | | | | | | |
| % H ₂ O agregada acum. | 0 ml | 0 % | 240 ml | 4 % | 480 ml | 8 % | 720 ml | 12 % | 960 ml | 16 % |
| Tara n° | | | | | | | | | | |
| Tara + Suelo Humedo | 298,81 gr | 300,18 gr | 218,19 gr | 240,56 gr | 243,05 gr | 187,63 gr | 328,12 gr | 279,47 gr | 259,85 gr | 222,55 gr |
| Tara + suelo seco | 277,84 gr | 276,16 gr | 193,85 gr | 210,77 gr | 204,75 gr | 163,25 gr | 270,65 gr | 235,64 gr | 215,74 gr | 197,63 gr |
| Peso del Agua | 21,0 gr | 24,02 gr | 24,34 gr | 29,79 gr | 38,30 gr | 24,38 gr | 57,47 gr | 43,83 gr | 44,11 gr | 24,92 gr |
| Peso de la Tara | 45,67 gr | 81,11 gr | 41,96 gr | 41,43 gr | 31,69 gr | 31,04 gr | 41,40 gr | 42,06 gr | 78,96 gr | 68,35 gr |
| Peso suelo Seco | 232,17 gr | 195,05 gr | 151,89 gr | 169,34 gr | 173,06 gr | 132,21 gr | 229,25 gr | 193,58 gr | 136,78 gr | 129,28 gr |
| % Contenido de agua | 9,03 % | 12,31 % | 16,02 % | 17,59 % | 22,13 % | 18,44 % | 25,1 % | 22,64 % | 32,2 % | 19,28 % |
| Cont. Prom. de Agua | 10,67 % | | 16,81 % | | 20,29 % | | 23,86 % | | 25,76 % | |



Densidad max. Seca:
1740 kg/cm³

% de Humedad Optima:
20 %

| % | densidad |
|-------|----------|
| 10,67 | 1616 |
| 16,81 | 1715 |
| 20,29 | 1741 |
| 23,86 | 1713 |
| 25,76 | 1702 |

Imagen 29 Ensayo de Proctor (MegaRok)

ENSAYO C. B. R.

PROYECTO Proyecto de titulación

UBICACION Portoviejo

LAB. N°

SECTOR: Cantera SAN JOSE

FECHA :

DESCRIPCION DEL MATEMEJORAMIENTO-SAN JOSE

| Molde N° | 1 | | 2 | | 5 | |
|--------------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes por capas | 61 | | 27 | | 11 | |
| | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO |
| Peso muestra húmeda + molde Gr | 11221 | | 10974 | | 10893 | |
| Peso del molde Gr | 6820 | | 6850 | | 7330 | |
| Peso muestra húmeda Gr. | 4401 | | 4124 | | 3563 | |
| Volumen de la muestra cm.3 | 2366 | | 2347 | | 2552 | |
| Densidad húmeda kg/m.3 | 1860 | | 1757 | | 1396 | |
| Densidad seca kg/m.3 | 1604 | | 1514 | | 1206 | |

CONTENIDO DE AGUA

| Tarro N° | E | R | DG |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| P. muestra húmeda + tarro Gr. | 126,18 | 118,7 | 119,86 |
| P. muestra seca + tarro Gr. | 113,12 | 106,61 | 107,83 |
| Peso agua Gr. | 13,06 | 12,08 | 12,03 |
| Peso tarro Gr. | 31,32 | 31,32 | 31,36 |
| Peso muestra seca Gr. | 81,80 | 75,29 | 76,47 |
| Contenido de humedad % | 15,97 | 16,04 | 15,73 |
| Contenido promedio de h. % | | | |
| Agua absorbida % | | | |

Imagen 30 Ensayo de C.B.R. (Hermanos Carrillo)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Tipo de material: Mejoramiento
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 cm ³ | 2323 cm ³ | 2328 cm ³ |
| Densidad Humeda | 1693 kg/m ³ | 1611 kg/m ³ | 1325 kg/m ³ |
| Densidad Seca | 1358 kg/m ³ | 1290 kg/m ³ | 1060 kg/m ³ |

Imagen 31 Ensayo C.B.R. Sumergido (Hermanos Carrillo)

| Dia y mes | Hora | Tiempo Transcurrido | Molde N° 2 a 61 Golpes | | | | Dia y mes | Hora | Tiempo Transcurrido | Molde N° 1 a 27 Golpes | | | | Dia y mes | Hora | Tiempo Transcurrido | Molde N° 3 a 11 Golpes | | | |
|------------|------|---------------------|------------------------|--------|---------------|------|------------|------|---------------------|------------------------|--------|---------------|------|------------|------|---------------------|------------------------|--------|---------------|------|
| | | | Lectura | Altura | Esponjamiento | | | | | Lectura | Altura | Esponjamiento | | | | | Lectura | Altura | Esponjamiento | |
| | | | | | pulg | % | | | | | | pulg | % | | | | | | pulg | % |
| 01/12/2015 | 3:00 | 1 | 210 | 5 | 0,21 | 4,2 | 01/12/2015 | 3:00 | 1 | 240 | 5 | 0,24 | 4,8 | 01/12/2015 | 3:00 | 1 | 140 | 5 | 0,14 | 2,8 |
| 02/12/2015 | 3:00 | 2 | 215 | 5 | 0,215 | 4,3 | 02/12/2015 | 3:00 | 2 | 244 | 5 | 0,244 | 4,88 | 02/12/2015 | 3:00 | 2 | 147 | 5 | 0,147 | 2,94 |
| 03/12/2015 | 3:00 | 3 | 217 | 5 | 0,217 | 4,34 | 03/12/2015 | 3:00 | 3 | 245 | 5 | 0,245 | 4,9 | 03/12/2015 | 3:00 | 3 | 150 | 5 | 0,15 | 3 |
| 04/12/2015 | 3:00 | 3 | 217 | 5 | 0,217 | 4,34 | 04/12/2015 | 3:00 | 3 | 249 | 5 | 0,249 | 4,98 | 04/12/2015 | 3:00 | 3 | 152 | 5 | 0,152 | 3,04 |

CONSTANTE DE ANILLO DE DEFORMACION (2,2/3,09)*DL

| Tiempo | | Penetracion | MOLDE N° 2 a 61 GOLPES | | | | | MOLDE N° 1 a 27 GOLPES | | | | | MOLDE N° 3 a 11 GOLPES | | | | |
|--------|------|-------------|------------------------|-----------|----------------------|--------------------|----------------|------------------------|-----------|----------------------|--------------------|----------------|------------------------|-----------|----------------------|--------------------|----------------|
| Seg. | Min. | | Carga | Presiones | Presiones Corregidas | Presiones Estandar | Valores C.B.R. | Carga | Presiones | Presiones Corregidas | Presiones Estandar | Valores C.B.R. | Carga | Presiones | Presiones Corregidas | Presiones Estandar | Valores C.B.R. |
| | | 0 | | 0 | | | | 0 | | | | | 0 | | | | |
| 30 | | 25 | 12 | 8,54 | | | 8 | 5,70 | | | | 6 | 4,27 | | | | |
| 60 | 1 | 50 | 25 | 17,80 | | | 15 | 10,68 | | | | 11 | 7,83 | | | | |
| 90 | | 75 | 46 | 32,75 | | | 22 | 15,66 | | | | 16 | 11,39 | | | | |
| 120 | 2 | 100 | 65 | 46,28 | | 4,72 | 30 | 21,36 | | 2,18 | 2,14 | 20 | 14,24 | | 1,45 | 1,42 | |
| 180 | 3 | 150 | 112 | 79,74 | | | 47 | 33,46 | | | | 33 | 23,50 | | | | |
| 240 | 4 | 200 | 156 | 111,07 | | 11,34 | 65 | 46,28 | | 4,72 | | 41 | 29,19 | | | | |
| 300 | 5 | 250 | 180 | 128,16 | | | 79 | 56,25 | | | | 51 | 36,31 | | | | |
| 360 | 6 | 300 | 208 | 148,09 | | | 95 | 67,64 | | | | 58 | 41,29 | | | | |
| 480 | 8 | 400 | 236 | 168,03 | | | 114 | 81,17 | | | | 70 | 49,84 | | | | |
| 600 | 10 | 500 | 261 | 185,83 | | | 129 | 91,84 | | | | 82 | 58,38 | | | | |

Imagen 32 Resultados del C.B.R Sumergido (Hermanos Carrillo)

ENSAYO C. B. R.

PROYECTO Proyecto de titulación

UBICACION Portoviejo

LAB. N°

SECTOR: Cantera SAN JOSE

FECHA :

DESCRIPCION DEL MATERIAL MEJORAMIENTO-SAN JOSE

| Molde N° | 12 | | 13 | | 3 | |
|--------------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes por capas | 61 | | 27 | | 11 | |
| | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO |
| Peso muestra húmeda + molde Gr | 11418 | 12956 | 11526 | 12299 | 10893 | 11813 |
| Peso del molde Gr | 6788 | | 7197 | | 6867 | |
| Peso muestra húmeda Gr. | 4630 | | 4329 | | 4026 | |
| Volumen de la muestra cm.3 | 2477 | | 2390 | | 2347 | |
| Densidad húmeda kg/m.3 | 1869 | | 1811 | | 1715 | |
| Densidad seca kg/m.3 | 1612 | | 1561 | | 1482 | |

CONTENIDO DE AGUA

| Tarro N° | E | R | DG |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| P. muestra húmeda + tarro Gr. | 126,18 | 118,7 | 119,86 |
| P. muestra seca + tarro Gr. | 113,12 | 106,61 | 107,83 |
| Peso agua Gr. | 13,06 | 12,08 | 12,03 |
| Peso tarro Gr. | 31,32 | 31,32 | 31,36 |
| Peso muestra seca Gr. | 81,80 | 75,29 | 76,47 |
| Contenido de humedad % | 15,97 | 16,04 | 15,73 |
| Contenido promedio de h. % | | | |
| Agua absorbida % | | | |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Tipo de material: Mejoramiento
Nombre de Cantera: Megarok

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

HUMEDAD NATURAL

| Id. Tara | Masa húmeda + 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 húmeda + molde | 10688 gr | 10713 gr | 10219 gr |
| Peso del Molde | 7176 gr | 6955 gr | 6275 gr |
| Peso muestra húmeda | 3512 gr | 3758 gr | 3944 gr |
| Volumen del molde | 2328 cm ³ | 2323 cm ³ | 2403 cm ³ |
| Densidad Húmeda | 1509 kg/m ³ | 1618 kg/m ³ | 1641 kg/m ³ |
| Densidad Seca | 1137 kg/m ³ | 1219 kg/m ³ | 1237 kg/m ³ |

Imagen 34 Ensayo de C.B.R. Seco (MegaRok)

| Tiempo | | Penetración | MOLDE 3 A 61 GOLPES | | | | | MOLDE 2 A 27 GOLPES | | | | | MOLDE 1 A 11 GOLPES | | | | |
|--------|------|-------------|---------------------|-----------|----------------------|--------------------|----------------|---------------------|-----------|----------------------|--------------------|----------------|---------------------|-----------|----------------------|--------------------|----------------|
| Seg. | Min. | | Carga | Presiones | Presiones Corregidas | Presiones Estandar | Valores C.B.R. | Carga | Presiones | Presiones Corregidas | Presiones Estandar | Valores C.B.R. | Carga | Presiones | Presiones Corregidas | Presiones Estandar | Valores C.B.R. |
| | | 0 | | 0 | | | | 0 | | | | | 0 | | | | |
| 30 | | 25 | 145 | 103,24 | | | | 23 | 16,38 | | | | 51 | 36,31 | | | |
| 60 | 1 | 50 | 353 | 251,33 | | | | 160 | 113,92 | | | | 107 | 76,18 | | | |
| 90 | | 75 | 590 | 420,06 | | | | 375 | 266,99 | | | | 162 | 115,34 | | | |
| 120 | 2 | 100 | 851 | 605,89 | | 61,85 | 60,59 | 508 | 361,68 | | 36,92 | 36,17 | 223 | 158,77 | | 16,21 | 15,88 |
| 180 | 3 | 150 | 1022 | 727,64 | | | | 681 | 484,85 | | | | 278 | 197,93 | | | |
| 240 | 4 | 200 | 1226 | 872,88 | | 89,10 | 87,29 | 825 | 587,38 | | 59,96 | 58,74 | 350 | 249,19 | | 25,44 | 24,92 |
| 300 | 5 | 250 | 1341 | 954,76 | | | | 914 | 650,74 | | | | 417 | 296,89 | | | |
| 360 | 6 | 300 | 1483 | 1055,86 | | | | 1015 | 722,65 | | | | 474 | 337,48 | | | |
| 480 | 8 | 400 | 1679 | 1195,40 | | | | 1150 | 818,77 | | | | 577 | 410,81 | | | |
| 600 | 10 | 500 | 1896 | 1349,90 | | | | 1292 | 919,87 | | | | 678 | 482,72 | | | |

Imagen 35 Resultados del C.B.R. Seco (MegaRok)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Tipo de material:
Nombre de Cantera:

Mejoramiento
MEGAROK S.A.

HUMEDECIMIENTO - SECADO

| Molde | Peso Inicial | Día 1 | | Día 2 | | Día 3 | | Día 4 | | Día 5 | | Día 6 | | Día 7 | |
|-------|--------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| | | Peso | % Desgaste |
| 1 | 4275 | 4126 | 3,49 | 4117 | 3,70 | 3949 | 7,63 | 3938 | 7,88 | 3830 | 10,41 | 3784 | 11,49 | 3381 | 20,91 |
| 2 | 4276 | 4094 | 4,26 | 4093 | 4,28 | 4067 | 4,89 | 3976 | 7,02 | 3902 | 8,75 | 3842 | 10,15 | 3375 | 21,07 |
| 3 | 4254 | 4098 | 3,67 | 4012 | 5,69 | 4040 | 5,03 | 3910 | 8,09 | 3771 | 11,35 | 3794 | 10,81 | 3213 | 24,47 |
| | | | 3,80 | | 4,55 | | 5,85 | | 7,66 | | 10,17 | | 10,82 | | 22,15 |

Imagen 36 Ensayo de Humedecimiento-Secado