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:

"MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA"

Autores:

BAQUE ANZÚLES JONATHAN ANDRÉS

YÉPEZ PINARGOTE JOHNNY FERNANDO

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir los objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar y cumplir con las metas propuestas.

Baque Anzúles Jonathan Andrés

DEDICATORIA

Con gran felicidad dedico el presente trabajo de titulación.

Primero a Dios por darme salud y darme la oportunidad de superación constante y guiarme por un buen camino y poder alcanzar unas de mis metas.

A mis padres por ser pilar fundamental y siempre brindarme apoyo en los momentos difíciles, por inculcarme siempre los buenos valores y hacerme una persona de bien.

A mis hermanas y sobrinos quienes son parte importante por su cariño, ayuda y comprensión y a todas las personas q colaboraron directa o indirectamente en el desarrollo de esta investigación.

Yépez Pinargote Johnny Fernando

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradecemos a Dios que nos guio en todo estos años de estudio y que siempre está presente en nuestro vivir.

A la Universidad Técnica de Manabí quien nos acogió y nos ha formado como profesional con sus sabios consejos y sapiencia impartido por su cuerpo docente que labora en dicha institución.

A la Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, al Ing. Hernán Nieto Castro (Decano de la facultad), Ing. Edgar Menéndez Menéndez, (Vicedecano de la carrera de Ingeniería Civil), a la tutora del proyecto de titulación Ing. María Isabel Zambrano Meza, quien nos dirigió en todo el proceso de este trabajo investigativo.

Así mismo a los señores Miembros del Tribunal, de Revisión, Evaluación y Sustentación.

De manera especial agradecemos también al Dr. Ing. Eduardo Tejeda Piusseaut, por su apoyo incondicional en la realización del presente proyecto.

A todas las personas y familiares de buen corazón que nos ayudaron de alguna manera. Gracias.

Baque Anzúles Jonathan Andrés

Yépez Pinargote Johnny Fernando

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

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 **"MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA";** fue desarrollado bajo mi dirección por los egresados Baque Anzúles Jonathan Andrés y Yépez Pinargote Johnny Fernando, 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

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**: "MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA"** desarrollado por los señores, Baque Anzúles Jonathan Andrés con Cédula No. 131405957-5 y Yépez Pinargote Johnny Fernando con cédula No. 131120098-2, 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. Líder Macías Ramos
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARATORÍA SOBRE DERECHO DEL AUTOR

Nosotros: **Baque Anzúles Jonathan Andrés y Yépez Pinargote Johnny Fernando,** egresados de la Escuela de Ingeniería Civil; declaramos que el presente trabajo de titulación llamado "MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA"; es de responsabilidad nuestra y pertenece exclusivamente a los autores; respetando derechos de terceros, guiada y orientada por nuestro director.

_____ _____

Baque Anzúles Jonathan Andrés Yépez Pinargote Johnny Fernando

ÍNDICE

Contenido

DEDICATORIA 2

AGRADECIMIENTO 4

CERTIFICACIÓN DE LA TUTORA DE TESIS 5

CERTIFICADO DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN 6

RESUMEN 11

SUMARY 12

PRESUPUESTO....13

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL TRABAJO DE TITULACION....14

TEMA:....15

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

2.1. Identificación del Problema....16

2.2. Priorización del Problema 17

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO 18

3.1. ANTECEDENTES 18

3.2. LOCALIZACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO....18

3.2.1 MACRO LOCALIZACIÓN....18

NIVEL NACIONAL 18

3.2.2 MICRO LOCALIZACIÓN. 19

3.3. JUSTIFICACIÓN....20

MARCO TEÓRICO 21

Capítulo uno....21

CONCEPTO Y CLASES DE PAVIMENTOS 21

MATERIALES GRANULARES 21

Pavimentos Flexibles o Asfálticos.....22
Pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles.....22
Pavimentos Rígidos.....22
Bases para pavimentos.....23
SUB-RASANTE.....24
SUB-BASE.....24
BASE.....25
Base granular.....25
Base estabilizada.....26
Materiales granulares.....26
Técnica para la detección o descubrimiento de los yacimientos y canteras.....27
Métodos de diseño empíricos.....27
Emulsiones Asfálticas.....27
Composición de emulsión asfáltica.....28
Agente emulsivo.....28
Objetivo del agente emulsivo.....28
Variables que afectan la calidad y rendimiento de una emulsión asfáltica.....29
Las emulsiones.....29
Importancia del tamaño de partícula en las emulsiones.....16
Los emulsificantes.....1
Estabilidad de las emulsiones.....2
Las emulsiones asfálticas.....3
Tipos de emulsiones asfálticas.....5
CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....7
Rompimiento de las emulsiones asfálticas.....7
Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas.....9

Clasificación del material pétreo 10
Ventajas de las emulsiones asfálticas 12
4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO 15
EN LO SOCIAL 15
EN LO ECONÓMICO 15
EN LO CIENTÍFICO 15
5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES 16
6. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 17
Objetivos de la investigación 17
Beneficiarios 18
Beneficiarios Directos 18
Beneficiarios Indirectos 18
9. ANALISIS DE LOS DATOS ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS (DISCUSIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES). 21
ANEXOS 54
Referencias 66
Bibliografía 67

RESUMEN

El presente estudio denominado "MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA" se hizo referencia a una problemática que nace de la realidad observada sobre la incidencia de concebir una base y sub base de materiales granulares de la cantera "Uruzca", mejorado con una emulsión asfáltica, que incremente la durabilidad de las soluciones tradicionales, con un adecuado diseño. Para concretar este estudio se desarrollaron dos fases bien identificadas: la primera constó del proyecto previo y la segunda al informe del proceso de investigación, el objetivo fue comprobar el mejoramiento en laboratorio de las características resistentes y de durabilidad de los materiales para base o sub-base de pavimentos, mediante la incorporación de emulsiones asfálticas a materiales locales del cantón Portoviejo. La metodología utilizada en el proceso investigativo fue una investigación de campo que conllevo un proceso de análisis ordenamiento, síntesis e interpretación de resultados obtenidos en los distintos estudios sean éstos de campo como de laboratorio; en este contexto, se utilizó el método el método hipotético deductivo, a través de los ensayos se extrajo resultados relevante que comprueban este estudio. Con estos resultados se plantea conclusiones y recomendaciones. Este estudio es de suma importancia ya que está mentalizado para optimizar el proceso de generación de vías en la provincia de Manabí con un material resistente con emulsión asfáltica en frio y de excelente calidad y potenciando el desarrollo de las vías pavimentadas con base o sub-base con material extraído de la cantera URUZCA.

Palabra clave

Cantera, Materiales, Base o Sub-Base, Pavimentos, Emulsión Asfáltica

SUMARY

This study entitled "IMPROVING THE MATERIALS QUARRY" URUZCA "AS SUB-BASE BASE OR BY THE ADDITION OF PAVEMENT ASPHALT EMULSION" reference was made to a problem that stems from the reality observed on the incidence of conceiving a base and sub base materials granular quarry "Uruzca" enhanced with bitumen emulsion, to increase the durability of traditional solutions, with a suitable design. To realize this study identified two well-developed stages: the first consisted of the previous project and the second to report the research process, the aim was to test the improvement in laboratory resistant characteristics and durability of base materials or sub- Based pavement, asphalt by incorporating local materials Portoviejo Canton emulsions. The methodology used in the research process was a field investigation that led planning process analysis, synthesis and interpretation of results obtained in different studies are those of field and laboratory; in this context, the method was used deductive hypothetical method, through relevant testing results that prove this study was extracted. With these results, conclusions and recommendations arises. This study is important because it is psyched to optimize the generation of roads in the province of Manabi resistant material with asphalt emulsion cold and excellent quality and promoting the development of paved roads with base or sub-base with material extracted from the quarry URUZCA.

Keyword

Quarry Materials , or Sub -Base Base , Pavement , Asphalt Emulsion

PRESUPUESTO

presupuesto					
descripción del rubro		unidad	cantidad	p.unitario	p.total
Alquiler de moldes de c.b.r		u	12	8	96
mejoramiento		m3	8	10,7	85,6
pasajes		u	12	15	27
trasporte de material		m3+km	12	20	240
emulsión asfáltica css-1h		gls	5	20	100
materiales de oficina		u	25	8	200
		total			748,6

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL TRABAJO DE TITULACION

TIEMPOS / ACTIVIDADES	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Compra y Traslado del material y Recopilación de información	x									
Ensayo de Laboratorio (Humedad Natural y Granulometría)		X								
Ensayo de Laboratorio (Limites líquido y Plástico)		x	x							
Ensayo de Laboratorio (Proctor Modificado)			x	x						
Ensayo de Laboratorio (CBR sin emulsión)					x					
Ensayo de Laboratorio (CBR con emulsión 5%)					x	x				
Ensayo de Laboratorio (CBR con emulsión 7%)						x	x			
Ensayo de Laboratorio (CBR con emulsión 9%) y Tabulación y análisis de resultados							x	x		
Realización del marco teórico y Tipeo de los Ensayos de Laboratorio								x	x	
Reporte de los resultados (conclusiones y recomendaciones)										x

TEMA:

"MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA"

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia existe desconocimiento sobre la aplicación de tecnología en frio, y como consecuencia no lo consideran como una alternativa en los proyectos viales. La provincia de Manabí se verá beneficiada ya que los resultados de esta investigación se pondrán a disposición de las instituciones públicas y privadas encargadas de la vialidad en la provincia; para contribuir con el mejoramiento de las vías.

Los métodos frecuentes para la utilización de piedra y el lastre en la construcción de bases o sub-bases de los pavimentos de vías, carece de la suficiente durabilidad de los materiales, esto causa que cada cierto periodo se destruyen por los fuertes inviernos que se dan en nuestra provincia cada año, y esto constituye un desembolso anual importante para las autoridades de turno para su mantenimiento. Por lo cual una de las formas de solucionar este problema es la utilización de emulsiones asfálticas para la estabilización de los materiales granulares, ésta sería una buena opción y de bajo costo, que mejoren la durabilidad de las obra.

2.1. Identificación del Problema

Los principales problemas que se pudieron encontrar en el momento de realizar el análisis de los materiales de la cantera Uruzca son los siguientes:

- Técnicas inadecuadas en la preparación de materiales pétreos
- Utilización de material no apto para la base o sub base en la adición de emulsión asfáltica en la construcción de pavimentos.
- Material que no cumples con las normas de calidad
- Falta de estudios y análisis para utilizar métodos y técnicas adecuados en la preparación de material pétreos que sirva de base o sub-base para la adición de emulsión asfáltica en pavimentos.

2.2. Priorización del Problema

Se analizó la problemática existente en el lugar objeto de estudio que afecta en la dosificación de materiales granulares para las bases o sub-base, repercutiendo en la construcción de pavimentos; y con la participación de los involucrados se alcanzó obtener información fidedigna del manejo de la preparación de material pétreo.

Se consideró que la realización de este proyecto es un factor relevante para los Ingenieros Civiles en el campo profesional en construcción de pavimentos, por lo tanto se propone el proyecto denominando "MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA".

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES

En las últimas dos décadas el esfuerzo científico y tecnológico a nivel mundial también se ha dirigido al desarrollo de materiales asfálticos para la construcción de vías, cuyas especificaciones son cada vez más exigentes.

Una de estas aplicaciones es el desarrollo tecnológico del asfalto, con el uso de las emulsiones asfálticas, utilizados en la estabilización de bases en caminos como una de sus múltiples aplicaciones en el campo de los pavimentos flexibles, utilizando materiales pétreos en sus diferentes variedades o suelos naturales con baja plasticidad.

Las emulsiones asfálticas son, sin duda, la forma más económica, menos contaminante, y de menor consumo energético que existe para un asfalto en una vía. Avances en la química de los tensoactivos, en equipos de fabricación, el resurgir de técnicas de estabilización o reciclado, la aparición de asfaltos modificados, entre otros, han originado que esta técnica que empezó por los años 30, tengan hoy un nivel tecnológico adecuado a los métodos más sofisticados de construcción y conservación de carreteras, pudiendo diseñar con ellas desde el tratamiento de conservación de un camino hasta una mezcla de altas prestaciones.

3.2. LOCALIZACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO

3.2.1 MACRO LOCALIZACIÓN

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

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]

NIVEL LOCAL

Portoviejo es la capital provincial y centro de manifestaciones políticas y culturales de Manabí que tiene una población urbana de 230.832 habitantes y un rural de 66.583 habitantes con una población de 297.415 habitantes. Limita al norte con el 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 la Cantera "URUZCA" vía Portoviejo Manta Cerro Guayabal, localizadas al Norte de la provincia de Manabí.

Las Latitudes del sitio del proyecto son las siguientes:
1° 0,2" 39.05"Sur
80° 27" 20.10"Oeste
Elev: 43m

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

3.3. JUSTIFICACIÓN

La construcción o mejoramiento trae consigo un crecimiento socio- económico en cualquier lugar que se ejecute, y por tal razón es necesario que las vías sean construidas con eficiencia y además se les brinde un mantenimiento periódico y adecuado, para mejorar esta situación hay que poner en práctica todas las alternativas posibles, que ofrezcan soluciones económicas, donde se aprovechen mejorar los recursos materiales.

Mediante este estudio se determinó la composición óptima de la base de pavimento empleando el material granular en las emulsiones asfálticas en función de las necesidades de las vías de la provincia de Manabí. La realización de este proceso investigativo es de gran importancia, porque se logrará contribuir el fortalecimiento del desarrollo de la provincia de Manabí, ya que se caracterizará los agregados previos al análisis del diseño y selección de una emulsión asfáltica, porque se logrará preparar materiales adecuadas para la obtención de una base de pavimento funcional, económico y de gran durabilidad es decir, una combinación que represente una alternativa eficaz en la construcción de vías de penetración en la provincia de Manabí.

Por otra parte también es importante, ya que se formulará el pavimento para soportar los áridos y las condiciones climáticas, una de las consecuencias es que el sol en muchas ocasiones supera los 40º de temperatura y en el inviernos las precipitaciones son continuas, por lo tanto el asfalto debe resistir el calor de las altas temperaturas y poseer hidrofobicidad, lo cual alarga la vida útil de la vía así como disminuye los costos de mantenimiento, lo mismo que se traduce en un ahorro considerable.

El impacto de la realización de esta investigación será altamente positivo y pondrá a disposición de la comunidad y de las entidades públicas y privadas información valiosa para la construcción de vías de penetración mediante el empleo de materiales granulares mejorados con emulsiones asfálticas. Aparte de beneficiar a la provincia este estudio, fortalecerá los conocimientos de sus autores al inmiscuirse en todo el proceso de realización de este aporte científico en la construcción de obras viales.

MARCO TEÓRICO

Capítulo uno

CONCEPTO Y CLASES DE PAVIMENTOS

Los pavimentos son estructuras que consisten en capas superpuestas de materiales procesados por encima del terreno natural con la finalidad de distribuir las cargas aplicadas por un vehículo a la subrasante.

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas de materiales de mejoramiento y colocadas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales adecuados y compactados.

La estructura del pavimento debería ser capaz de proveer:

- Una calidad de manejo aceptable
- Una adecuada resistencia al ahuellamiento, deslizamiento y agrietamiento
- Apropiados niveles de reflejo de luz, y un nivel bajo de ruido.

La figura 1.1 el objetivo final de la estructura es transmitir las cargas de la llanta de tal manera que no se sobrepase la capacidad portante de la subrasante.

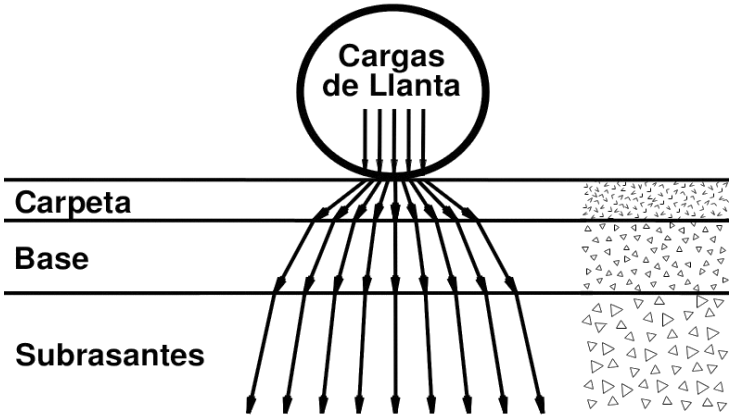


Figura 1-1 Esquema La estructura del pavimento

Los Pavimentos que se usan generalmente en nuestro país se los puede clasificar de la siguiente manera:

- Pavimentos flexibles o asfálticos
- Pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles
- Pavimentos rígidos
- Pavimentos articulados

Pavimentos Flexibles o Asfálticos

Este tipo de pavimentos está constituido por una capa de rodadura formada por material bituminoso o asfáltico, apoyado en la mayoría de los casos sobre dos capas de materiales no rígidos conocidos como base y sub-base, sin ser obligatoria la presencia de una de estas capas, justificándose la presencia de las mismas por características de los materiales que constituyen el pavimento.

Pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles

Estos pavimentos tienen la misma estructura de los pavimentos asfálticos, con la diferencia que las capas que los conforman se encuentran rigidizadas de manera artificial, mediante la presencia de aditivos que en su mayoría de casos puede ser: asfalto, emulsión asfáltica, cementos, cal, enzimas y químicos.

El empleo de estos aditivos se justifica al corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales o cercanos a la obra, que no son aptos directamente para la su uso como capas, que conforman la estructura del pavimento, teniendo en cuenta que los materiales más indicados con mejor calidad pueden encontrarse a grandes distancias, que encarecerían notablemente los costos de construcción.

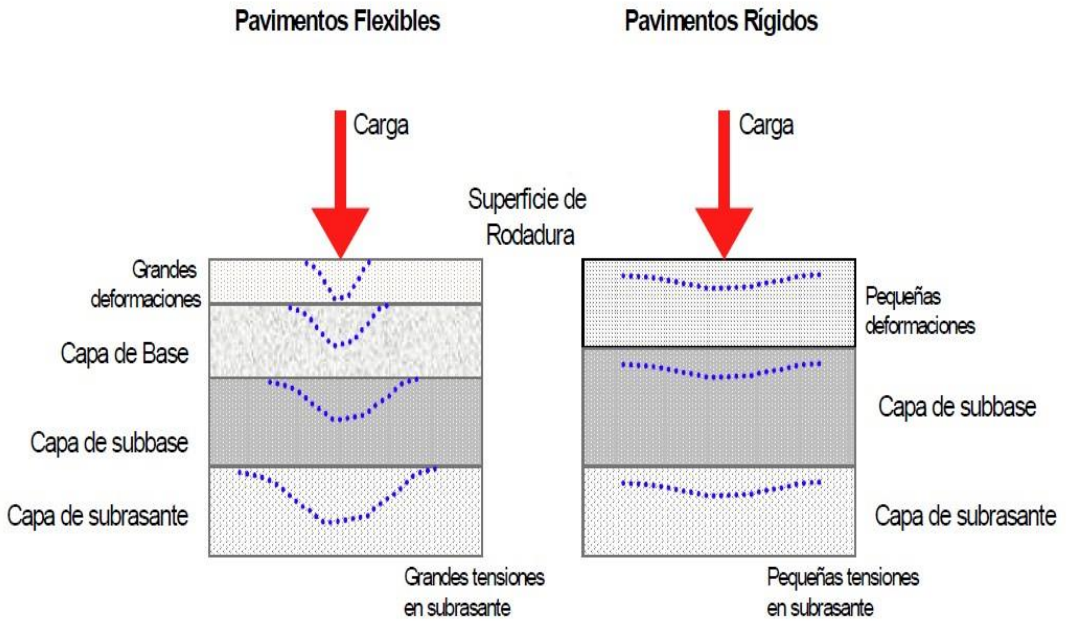
Pavimentos Rígidos

Son los que están constituidos principalmente por una losa de hormigón y apoyados sobre materiales seleccionados o en otros casos sobre la sub-rasante. Debido a la alta rigidez que presenta el hormigón, así como el elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se realiza sobre una amplia zona.

El hormigón también es capaz de resistir, en cierto nivel, los esfuerzos a tensión, por esta propiedad tiene un comportamiento muy aceptable cuando existan zonas débiles en la sub-rasante.

La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de las resistencias de las losas, por lo tanto la capacidad que ejercen las otras capas de pavimento tienen menor influencia en el diseño del espesor del pavimento

La figura 1.2 Indica la diferencia de comportamiento entre los pavimentos Flexibles y Rígidos en presencia de una carga.



Fuente:
ITURBIDE, J. (2002)

Bases para pavimentos

Estructura de Los pavimentos: Capas de materiales

El pavimento de manera general está compuesto por una serie de capas de la siguiente manera:

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

Las siguientes definiciones están basadas en el Manual Centro Americano para Diseño de Pavimentos (ITURBIDE, 2002).

SUB-RASANTE

Es la capa de terreno de una vía que resiste la estructura del pavimento, ocupa hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Esta capa puede estar creada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes detalladas en los planos finales de diseño.

El grosor de pavimento está muy relacionado con la calidad de la sub-rasante, se busca que esta capa supere los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

El diseño de un pavimento de forma básica es el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la sub-rasante.

SUB-BASE

Es la capa de la estructura del pavimento que tiene por funciones: soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas desde la superficie de rodadura del pavimento a la sub- rasante.

La Sub-base debe soportar las variaciones que pueden afectar al suelo, controla los cambios de elasticidad y volumen que pueden dañar el pavimento.

Esta capa se utiliza también como capa de drenaje y para el control de ascensión capilar de agua, cuidando la estructura de pavimento, por lo que ordinariamente se usan materiales granulares. La presencia de capilaridad en esta capa produce hinchamientos por acción del congelamiento del agua en temperaturas bajas, si no se dispone de una sub-rasante y Sub-base adecuada se producirán fallas en el pavimento.

Esta capa de material actúa como material de transición entre la sub-rasante y la capa de base.

Según la tabla 1-1 se presenta los clases de subbases por su granulometría propuestos por el MOP.

TAMIZ		Porcentaje en peso que pasa a través		
		CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3"	(76.2 mm.)	--	--	100
2"	(50.4 mm.)	--	100	--
1 ½	(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 2-1 Clasificación de Sub bases

Fuente: MOP-001-F-2002. (2002)

BASE

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub base y la capa de rodadura que tiene como funciones: la distribución y transmisión de las cargas generadas por el tránsito, a capas inferiores del pavimento como: la Sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa que sirve de soporte a la capa de rodadura.

Las bases especificadas son las siguientes:

- Base granular; y
- Base Estabilizada

Base granular

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, en su estado natural.

Los materiales que forman esta capa deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento.

Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, todas estas propiedades dependerán de la relación entre la cantidad de finos y de agregado grueso.

Base estabilizada

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, esta mezcla se combina con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de Sub- base. Los materiales estabilizadores más utilizados son: asfalto, enzimas, emulsiones asfálticas, cemento y cal.

Materiales granulares

"Los materiales granulares son fragmentos de roca producidos por acciones erosivas. Su tamaño y forma dependen de: la calidad de la roca madre de donde se originaron, del grado de meteorización, y del desgaste que haya sufrido durante el transporte.

Se encuentran en sitios muy variados en la superficie terrestre. Se localizan en: los depósitos glaciares, los fondos de los valles, acumulaciones volcánicas, las brechas de falla, los lechos de los ríos y lagos, y los mares. Dada su distribución es frecuente utilizarlo como material de cimentación en obras de infraestructura civil. También se utilizan para la construcción de estructura de tierra como: presas, pedraplenes de carreteras y vías férreas, pavimentos, capas de basalto. Debido a su uso tan generalizado, se dispone de una gran cantidad de estudios experimentales que describen su comportamiento bajo distintas condiciones de carga.

La clasificación clásica de los materiales granulares se basa en los tamaños de las partículas que los conforman. Partiendo de un tamaño menor hacia uno mayor tenemos: limos, arenas, gravas, y escolleras).”[3]

Técnica para la detección o descubrimiento de los yacimientos y canteras

“Un método reciente empleado en el descubrimiento de los yacimientos es el empleo de los métodos eléctricos a base de fijar las líneas equipotenciales que se manifiestan en el suelo con detectores especiales y el plano de resistencia del terreno. Otro método muy utilizado es el empleo de aparatos electromagnéticos.”[4]

Métodos de diseño empíricos

“Las metodologías de diseño de pavimentos flexibles son generalmente de carácter empírico o mecánico – empíricas. En el caso de los métodos empíricos se correlaciona el comportamiento de los pavimentos in situ, a través de observaciones y mediciones de campo, con los factores que causan los mecanismos de degradación en estas estructuras. Los factores más importantes son las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales (principalmente temperatura y precipitación) a las cuales se encuentra sometida la estructura, el tipo de suelo o terreno de fundación (subrasante), la calidad de los materiales empleados y deficiencias durante el proceso constructivo. Todos estos factores son controlados y medidos durante las fases de estudio para correlacionarlos con los mecanismos de degradación y crear así el método de diseño.”[5]

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:

---

[3] Raad, L., et al. (2001). “Field Aging Effects on Fatigue of Asphalt Concrete and Asphalt-Rubber Concrete”. Transportation Research Record No. 1767, pp. 126-134.

[4] Rubén Gabriel Cabana/Escuela tecnica (E.E.T. nº2 Profesor Raúl Salazar)4º año.

[5] Hugo Alexander, Rondón Quintana/Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol. 17-2, pp. 41-65. Bogotá, Diciembre de 2007. ISSN 0124-8170

parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa)".[6]

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) %".[7]

Agente emulsivo

"El agente emulsivo es, de los componentes individuales de la emulsión asfáltica, el más importante y las propiedades de las emulsiones asfálticas dependen en gran medida de éste. El emulsivo es un agente tenso- activo o surfactante. El agente emulsivo mantiene las gotitas de asfalto en suspensión estable y controla el tiempo de rotura."[8]

Objetivo del agente emulsivo

"El objetivo del agente emulsivo es lograr una dispersión estable del cemento asfáltico en el agua, suficientemente estable para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado y mezclada. La emulsión debe romper rápidamente tras entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o tras ser distribuida la rotura es la separación del agua del asfalto.

---

[6] ASPHALT INSTITUTE; AEMA. (2001). *Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N° 19S.* Lexington.
[7]BRACHO, C. L. (2005). *Cuaderno FIRP S366C Emulsiones asfálticas.* Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
[8]CHOVA; Laboratorio de Ensayo. (2012). *Certificado de Emulsión Css - 1h.* Quito.

Al curar, el residuo asfaltico conserva toda la capacidad adhesiva, la durabilidad y la resistencia al agua propias del cemento asfaltico con el cual fue elaborado."[9]

Variables que afectan la calidad y rendimiento de una emulsión asfáltica

"Las emulsiones tienen muchos factores que afectan sus características en las diferentes etapas de fabricación, almacenamiento, uso y comportamiento. Todos los factores tienen igual importancia en la afectación de la emulsión. Entre las variables tenemos las siguientes:

- Propiedades químicas de la base de cemento asfáltico.
- Dureza y cantidad del cemento asfáltico de base
- Tamaño de las partículas de asfalto en la emulsión.
- Tipo y concentración del agente emulsivo.
- Condiciones de elaboración tales como temperatura, presión, y esfuerzo para separar las partículas de asfalto (afectan al molino coloidal)
- Carga iónica en las partículas de emulsión.
- Orden en que se agregan los elementos.
- Tipo de equipo empleado en la elaboración de la emulsión.
- Propiedades del agente emulsivo.
- Adición de modificadores químicos o de polímeros.
- Calidad del agua (dureza del agua) ."[10]

Las emulsiones

Podemos definir una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificantes, emulsionante o emulgente. Las emulsiones son

[9] CORREDOR, G. (2005). *Apuntes de Pavimentos* (2005 ed., Vol. Volumen 2; Mezclas Asfálticas Materiales y Diseño). Venezuela.
[10] National Lime Association. Manual de estabilización de suelostratados con cal, 2004.

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). Esto puede apreciarse en la siguiente Figura, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión.

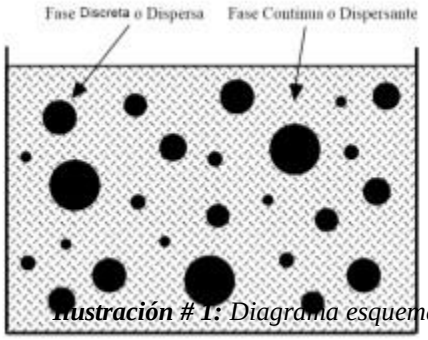


Ilustración # 1: *Diagrama esquemático de una emulsión*

Generalmente el tamaño de la fase discreta tiene alguna dimensión lineal entre 1 nanómetro y 1 micra. Son estos tamaños tan pequeños los que le dan a las emulsiones sus importantes e interesantes propiedades. La ciencia que trata con las emulsiones es multidisciplinaria, ya que involucra física, química, biología, etc. Existen varios tipos de dispersiones de partículas de diferentes tamaños en diferentes tipos de medios; entre estas dispersiones se encuentran las emulsiones, las cuales son dispersiones de un líquido en otro. En la siguiente Tabla se muestran los diferentes tipos de suspensiones que existen:

Diferentes Tipos de Suspensiones

Fase Continua	Fase Discreta	Sistema
Gas	Líquido	Aerosoles, Niebla, Rocío
Gas	Sólido	Smoke, Aerosol
Líquido	Gas	Espuma
Líquido	Líquido	Emulsión, Solución Coloidal
Líquido	Sólido	Sol, Solución Coloidal, Gel, Suspensión
Sólido	Gas	Espumas Sólidas (piedra poma), Zeolitas
Sólido	Líquido	Gel, Emulsión Sólida
Sólido	Sólido	Aleación

Tabla # 1: *Tipos de suspensiones*

Lo importante de las emulsiones no es la composición química de la muestra (ya sea orgánica o inorgánica), ni su origen (mineral o biológico), ni su estado físico (una fase o más); es su tamaño la característica importante.

"Consecuentemente, podemos decir que a la ciencia de las emulsiones le interesan las moléculas grandes y los sistemas macroscópicos subdivididos muy finamente, ya sea mono- o multi-fásicos"[11].

Las áreas de aplicación de las emulsiones son:

- **En Física:** Nucleación, metalurgia, aleaciones, cerámicas, cementos, polímeros, filtros, aerosoles, espumas, electroforésis, tratamiento de aguas, purificación de agua, recuperación de petróleo, etc.
- **En Química:** Fenómenos de absorción, intercambio iónico, cromatografía GPC, nefelometría, ósmosis, catálisis, detergentes y jabones, pinturas, adhesivos, tintas, emulsificantes, colorantes, papel, lubricantes, recubrimientos, pigmentos, espesantes, etc.
- **En Biología:** Micro-encapsulación, virus, proteínas, ácidos nucléicos, hematología, alimentos, cosméticos, saborizantes, etc.

Podemos mencionar que existen dos tipos de emulsiones:

- Emulsiones formadas por macromoléculas en solución (sistemas de una fase)
- Emulsiones formadas por materia finamente dividida (sistema de 2 o más fases)

Las emulsiones las podemos dividir en:

- **Liofílicas:** si a la partícula le gusta el solvente.

[11] RIVERA, Gustavo. (1987), Emulsiones Asfálticas, Tercera Edición, México.

- **Liofóbicas;** si a la partícula no le gusta el solvente. Si el medio es agua, entonces:

Liofílico = Hidrofílico y Liofóbico = Hidrofóbico.

Las emulsiones liofílicas son verdaderas soluciones (desde el punto de vista termodinámico), por lo que no es fácil hablar de la superficie de la emulsión. Por el contrario, para emulsiones liofóbicas, debido a la diferencia de fases entre las partículas en la emulsión y el medio donde se encuentran dispersas, no existe ningún problema para definir la superficie de la emulsión. Por lo tanto, el concepto de superficie sólo es aplicable a sistemas multifásicos.

Importancia del tamaño de partícula en las emulsiones

"La ciencia de las emulsiones requiere un capítulo especial, ya que este tipo de sistemas no está en el dominio microscópico (del orden de 1 Å), ni en el dominio macroscópico (del orden de 100 micras)"[2]. Ellas se encuentran en un nivel de descripción intermedio llamado mesoscópico.

Cuando subdividimos un trozo de material, el área total de las partes es mayor que el área original. Esto es debido a que, como el volumen va como R3, al dividir el radio, por ejemplo a la mitad, el volumen se reduce por un factor de 8 y como la masa es proporcional al volumen, el número de esferas se incrementa por un factor también de 8.

Por otro lado, como el área va como R_2 , al dividir él radio a la mitad, el área de cada esfera pequeña se reduce por un factor de 4, pero como el número de partículas se incrementa por un factor de 8, entonces hay un aumento neto del área total por un factor de [12].

[12] SANZ, Julián, (1994), Innovaciones en las Emulsiones Asfálticas, México.

Los emulsificantes

Los emulsificantes son compuestos orgánicos de peso molecular relativamente elevado (entre 100 y 300); tienen una parte hidrofóbica (generalmente es una cadena hidrocarbonada ya sea lineal o cíclica) que es soluble en el medio orgánico (en nuestro caso en el asfalto) y una parte hidrofílica (generalmente es un grupo polar de tipo orgánico o inorgánico), soluble en el medio acuoso.

Los emulsificantes están compuestos generalmente por un radical alquilo R el cual es hidrofóbico y un componente hidrofílico, que se encuentran saponificados y con el contacto con el agua se disocian, quedando con cargas negativas o positivas según el tipo de emulsificante.

En la siguiente figura se muestra una representación pictórica de la emulsión aniónica y la catiónica.

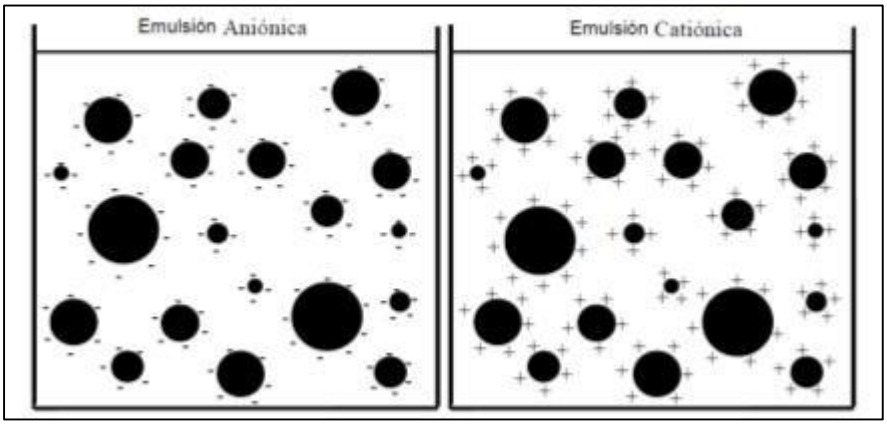


Ilustración # 2: *Representación esquemática de una emulsión aniónica y de una catiónica*

El tipo de emulsificante define el tipo de emulsión: los emulsificantes aniónicos, tienen grupos ácidos en su parte hidrofílica, con carga eléctrica negativa; éstos tienen como fórmula general: R-COONa.

Los emulsificantes son los que, producida la emulsión, se sitúan en su mayor parte en la "interfase". Su parte hidrofóbica se dirige hacia el asfalto y su parte polar hacia el agua.

Con estos emulsificantes iónicos las partículas adquieren cargas eléctricas del mismo signo, repeliéndose entre ellos y estabilizando al sistema.

Estabilidad de las emulsiones

Las emulsiones liofílicas, como forman una verdadera solución, son estables indefinidamente. Mientras que las emulsiones liofóbicas, como a ellos les disgusta el solvente, tratan de separarse en dos fases con el fin de reducir la energía libre superficial de Gibbs, volviéndose inestables. Para una emulsión, mientras mayor área superficial tenga la dispersión (i.e. mientras más pequeñas sean las partículas), mayor será la energía libre superficial de Gibbs. Por lo tanto, las emulsiones liofílicas son termodinámicamente estables, mientras que las emulsiones liofóbicas son termodinámicamente inestables.

Debido a que existen diferentes tipos de estabilidad, aquí nos concentraremos en la estabilidad respecto a la separación de fases. Esta inestabilidad significa que las partículas se comienzan a unir formando partículas más grandes llamados agregados. Podemos definir un sistema estable como aquel en que las pequeñas partículas en la emulsión están uniformemente distribuidas en el medio continuo y así permanecen conforme transcurre el tiempo.

Existen 2 procesos diferentes mediante los cuales se agregan las partículas en la emulsión: la floculación o coagulación y la coalescencia.

- **Floculación o Coagulación:** Proceso mediante el cual 2 partículas se unen para formar partículas más grandes. En este proceso no se pierde la identidad de las partículas originales. En este caso no hay reducción en el área superficial total, sólo se imposibilitan algunos sitios activos.

- **Coalescencia:** Proceso mediante el cual 2 o más partículas se funden para formar una partícula más grande. En este caso, el área superficial total es reducida. En este proceso si se pierde la identidad de las partículas originales.

La estabilización de los sistemas coloidales se puede lograr fundamentalmente por dos mecanismos diferentes:

- **Estabilización por Carga Eléctrica:** Esta se obtiene colocando una carga eléctrica neta en la superficie de las partículas y por pura repulsión electrostática se estabiliza la dispersión.

- **Estabilización Estérica: E s t a** se obtiene absorbiendo moléculas de polímero en la superficie de las partículas, ya que cuando dos partículas con polímero colocadas en su superficie se aproximan una a otra, éstas se repelen mutuamente debido a un aumento en la concentración de monómero en la región de traslape; este aumento en la concentración produce una presión osmótica que hace que se separen las cadenas poliméricas.

Las emulsiones asfálticas

En el caso de emulsiones asfálticas, los líquidos no miscibles son el agua y el asfalto. Adicionalmente se tiene el emulgente el cual se deposita en la interface entre el agua y el asfalto y estabiliza la emulsión; éste depende del tipo de emulsión que se requiera.

Las emulsiones del tipo asfáltico aparecieron en el mercado a principios del siglo XX en diferentes lugares y con usos muy diversos. A principios de 1900 (en 1905) se empleó por primera vez una emulsión asfáltica en la construcción de carreteras en la ciudad de Nueva York; la emulsión utilizada es del tipo aniónica se empleó en lugar de los usuales caminos fabricados con material pétreo, como una alternativa para evitar el polvo cuando transitaban los vehículos.

En 1914 el estado de Indiana comenzó a realizar trabajos de reparación de caminos empleando estas emulsiones aniónicas. En ese mismo año, en Hamburgo, Alemania, se construyó una carpeta asfáltica con un tratamiento superficial de varias capas, empleando una emulsión estabilizada la cual reacciona activamente con la arcilla del substrato pétreo.

Las emulsiones aniónicas se comenzaron a emplear en Europa en 1925. En la fabricación de éstas se aprovecharon los ácidos nafténicos contenidos en el asfalto para que actuaran como el agente emulsificante en el momento de agregar agua con sosa cáustica al sistema y someterlo a una vigorosa agitación.

Las emulsiones asfálticas se comenzaron a utilizar en México de 1930 a 1935 para la construcción de caminos. El gran inconveniente que tuvieron fue el largo tiempo de rompimiento de la emulsión, que en la época de lluvias causaba muchos retrasos y graves problemas de construcción. Por este motivo, los asfaltos rebajados ganaron la preferencia del constructor y hasta la fecha, no han podido ser desplazados totalmente.

"Las emulsiones asfálticas catiónicas aparecieron en Europa en 1953 y en Estados Unidos hasta 1958"[13]. Aparentemente, su aplicación inicial en la construcción de caminos coincidió con la aparición de nuevos productos químicos tenso-activos en el mercado, los cuales tienen, adicionalmente, otros usos como en el campo de las pinturas, en la industria petrolera, en la industria textil, etc.

Al principio, tales emulsiones se usaron únicamente en la construcción de tratamientos superficiales, como riego de liga y de sello. Al reconocerse la ventajade las emulsiones catiónicas sobre las aniónicas y los rebajados, se inició la búsqueda de un emulsificante que produjera una emulsión de rompimiento lento, capaz de mezclarse con una granulometría para base o para carpeta.

[13] HERNANDEZ, G, Mechanical Properties of Asphalt Modified.

Las emulsiones catiónicas se conocieron en México en el año de 1960. En ese año se hicieron varias pruebas y los ingenieros mexicanos presentaron en el Congreso Panamericano de Carreteras en Bogotá, Colombia, un trabajo titulado: "Primeras investigaciones realizadas en México con emulsiones asfálticas catiónicas".

En 1973, los países árabes, poseedores de la mayoría del petróleo mundial, aumentaron el valor del barril de petróleo crudo resultando afectados los derivados del mismo, entre ellos los solventes empleados en los asfaltos rebajados; esto provocó un incremento en el uso mundial de las emulsiones asfálticas.

Los países con mayor producción de emulsiones asfálticas son, en orden de importancia: Estados Unidos, Francia, España y Japón. Entre estos cuatro países se fabrica un 40% aproximadamente de la producción mundial de emulsión asfáltica, que se estima actualmente próxima a los dieciséis millones de toneladas, de la que más del 85% es del tipo catiónico.

Tipos de emulsiones asfálticas

"Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulgente usado. En este caso podemos hablar de dos tipos, aniónicas y catiónicas"[14][4]:

- **Emulsiones Aniónicas:**

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad negativa a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga negativa.

- **Emulsiones Catiónicas:**

[14] ESCALANTE, Gustavo (1987), Emulsiones Asfálticas. Fábrica de Asfalto Emulsionados de Alto Rendimiento S.A. 1° Congreso Internacional de Vías Terrestres. Chihuahua,

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad positiva a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

Respecto a la estabilidad de las emulsiones asfálticas, éstas se pueden clasificar 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 Medio:**

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 sobrecarpetas.

- **De Rompimiento Lento:**

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 en la emulsión, su tipo y polaridad, las emulsiones asfálticas de clasifican como se muestra en la siguiente Tabla:

CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

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: *Clasificación de las Emulsiones asfálticas*

Rompimiento de las emulsiones asfálticas

Cuando uno usa emulsiones asfálticas, es necesario tener control sobre la estabilidad de la emulsión, o sea, se tiene que poder controlar el rompimiento de la misma. Pasado un tiempo determinado, el cual depende de la situación en particular que se esté trabajando, las emulsiones tienen que desestabilizarse para que el asfalto se deposite como una capa sobre el material pétreo.

Este fenómeno de rompimiento o ruptura de la emulsión ocurre debido a la carga eléctrica que tiene el material pétreo. La carga que tiene el material pétreo neutraliza la carga de las partículas de asfalto en la emulsión, permitiendo que se acerquen unas a otras para formar agregados de gran tamaño; estos agregados son los que se depositan sobre el material pétreo formando una capa asfáltica.

Durante este proceso el agua es eliminada del sistema asfalto-pétreo. En el proceso de desestabilización, la emulsión como va perdiendo agua, pasa por una emulsión inversa en donde el asfalto forma la fase continua y el agua la fase discreta, o sea que se forman pequeñas gotas de agua en el interior del asfalto, las cuales posteriormente, cuando se deposita la capa de asfalto, son eliminadas.

En general, los factores que influyen en la ruptura de la emulsión aniónica son la evaporación de la fase acuosa, la difusión del agua de la emulsión y la absorción superficial de una parte del emulsificante en el material pétreo. La ruptura de la emulsión catiónica se produce por la absorción de la parte polar del emulgente por los agregados, provocando la ruptura de la emulsión y haciendo que las partículas del asfalto se adhieran inmediatamente a las partículas del material pétreo, aun en presencia de humedad.

En la figura siguiente podemos observar el proceso de ruptura de una emulsión en tres pasos: primero se observa la emulsión, enseguida cuando se inicia el rompimiento y después cuando se produce la ruptura completa y queda el material pétreo cubierto por el asfalto.

La forma de rompimiento de las emulsiones asfálticas catiónicas, en la mayoría de los casos, mejora la adherencia y permite una mejor distribución de la mezcla dentro de la masa del agregado pétreo; adicionalmente permite proseguir los trabajos de asfaltado en regiones con climas húmedos o durante una temporada de lluvias, garantizando la apertura de caminos al tránsito en un corto período de tiempo.

Ilustración # 3: *Ruptura de una Emulsión Asfáltica sobre un Material Pétreo*

Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas

Las emulsiones asfálticas deben de satisfacer los requisitos de calidad que se indican a continuación:

Las emulsiones asfálticas aniónicas, según su clasificación, deben de cumplir con todos los requisitos establecidos en la Tabla siguiente.

Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas aniónicas

Características	EAR-55	EAR-60	EAM-60	EAM-65	EAL-55	EAL-60	EAI-60
Contenidos Asfalto	55	60	60	65	55	60	60
Viscosidad S-F (25C)	5	--	--	--	20	20	5
Viscosidad S-F (50C)	--	40	50	25	--	--	--
Asentamiento (5 días)	5	5	5	5	5	5	5
Retenido en Malla 20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pasa 20 retiene 60	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cubre Agregado Seco	--	--	90	90	90	90	--
Cubre Agregado Húmedo	--	--	75	75	75	75	--
Miscible Cemento Portland	--	--	--	--	2	2	--
Cargas de partículas	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Desmulsibilidad	60 min	50 min	30max	30max	--	--	--

Tabla # 3: *Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas aniónicas*

Las emulsiones asfálticas catiónicas, según su clasificación, deben de cumplir con todos los requisitos establecidos en la Tabla siguiente:

Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas catiónicas

Características	EAR-60	EAR-65	EAM-70	EAM-65	EAL-65	EAL-45	EAI-60
Contenidos Asfalto	60	65	68	65	65	60	60
Viscosidad S-F (25C)	--	--	--	--	25	5	25
Viscosidad S-F (50C)	5	40	50	25	--	--	--
Asentamiento (5 días)	5	5	5	5	5	10	5
Retenido en Malla 20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pasa 20 retiene 60	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cubre Agregado Seco	--	--	--	90	90	--	90
Cubre Agregado Húmedo	--	--	--	75	75	--	75
Cargas de Partículas	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Disolvente (vol.)	--	3	3	5	--	15	--
Índice de Ruptura	<100	<100	<100	80-140	>120	--	>120

Tabla # 4: Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas catiónicas

Clasificación del material pétreo

Debido a que el rompimiento de la emulsión asfáltica se lleva a cabo por la interacción química de ésta con el material pétreo, es necesario conocer el tipo de material pétreo que se tiene, para determinar el tipo de emulsión asfáltica más apropiada.

La clasificación de las rocas tiene en cuenta la proporción en sílice que contienen: ácidas, son las que tienen más del 66 por ciento de dióxido de silicio (Si O2); intermedias, las que contienen entre 52 y 66 por ciento del mismo mineral y básicas, las que contienen menos del 52 por ciento. En la siguiente tabla se muestran rocas representativas de estos grupos.

Clasificación del material pétreo por su contenido de sílice.

Rocas	Rocas	Rocas
Granitos	Sienita	Gabro
ranodiorita Granito	Traquita	Basalto Peridotita
pórfido Riolita	Traquiandesita	Piroxenita
Diacita	s Diorita	Diabasa
	Andesita	Dolerita
	Fonolita	

Tabla # 5: *Clasificación del material pétreo por su contenido de sílice*

Durante muchos años se tuvo la idea que los materiales silíceos ácidos tenían cargas eléctricas negativas y que los materiales silíceos básicos o alcalinos, cargas positivas.

Sin embargo, en trabajos de investigación recientes, ha quedado establecido que todos los agregados pétreos tienen cargas eléctricas negativas, incluyendo granitos, calizas, dolomitas, areniscas, basalto y cuarzo.

Por las características de las emulsiones catiónicas ya mencionadas, se prefieren éstas para la realización de trabajos en ingeniería, con todas las ventajas que las mismas presentan sobre los asfaltos rebajados y mezclas asfálticas en caliente.

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.
- Recomendaciones para el uso de emulsiones asfálticas
- Las recomendaciones más generales para el uso de las emulsiones asfálticas son las que se describen a continuación:
- Si el depósito se usó para almacenar emulsiones aniónicas y se van a almacenar emulsiones catiónicas, es necesario neutralizar la acción de aquella lavando el tanque, primero con agua y posteriormente con ácido clorhídrico diluido al uno por ciento.

- Por el contrario, si el depósito se usó para almacenar emulsiones catiónicas y se quiere almacenar emulsiones aniónicas, se tendrá que lavar con agua y neutralizarlo con sosa cáustica al 0.3 por ciento.

- Para descargar más emulsión sobre la ya almacenada, es necesario que el tubo de descarga llegue al fondo para no romper la nata de la superficie, de otra forma, se corre el riesgo de obstruir las bombas.

- Cuando una fábrica o compañía está establecida permanentemente en una región donde se registran temperaturas muy bajas, los tanques deben tener un sistema de calentamiento adecuado o estar cubiertos con algún sistema aislante, para evitar la congelación.
- Cuando los tanques de almacenamiento sean los que usa una compañía constructora, los depósitos se protegerán con mechones alrededor, lo que será suficiente para que no baje la temperatura. Si los tanques están enterrados, no hay necesidad de tomar otra medida para evitar la congelación.
- Antes de recibir una emulsión en obra, se recomienda comprobar su calidad y el tipo de emulsión de que se trate, haciendo las pruebas de identificación que se recomiendan en cada caso.

- Una emulsión que cumple con las especificaciones de calidad, puede estar almacenada durante más de un año, si se recircula sistemáticamente para mantenerla homogénea.
- Los tanques de almacenamiento deberán tener un sistema de recirculación, con el objeto de evitar el asentamiento del asfalto contenido en la emulsión.
- La temperatura ambiente al aplicarse la emulsión, deberá ser de 10 ºC mínimos y en ascenso y nunca debe de hacerse cuando baje la temperatura durante la noche.
- La emulsión, una vez que es desestabilizada (o sea que ya se produjo el rompimiento), no debe de re-emulsificarse aún en presencia de agua y del paso de los vehículos; por este motivo es muy importante que el emulsificante sea el adecuado.

4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

"Estudio sobre el Mejoramiento de los materiales de la cantera "URUZCA" como base o sub-base de pavimentos mediante la adición de emulsión asfáltica.

EN LO SOCIAL

El presente proyecto está enfocado en potenciar la preparación del material pétreo de la cantera "URUZCA" que los Ingenieros Civiles en la pavimentación que utilizan base o sub-base de pavimentos mediante la adición de emulsión asfáltica., con lo cual se evitará tener problema al construir pavimentaciones.

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 paciencia en el estudio de los resultados obtenidos en el laboratorio de la universidad.

5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

La hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación: **"**El mejoramiento de los materiales base o sub-base con emulsión asfáltica es la mejor alternativa en la habilitación de vías en el cantón Portoviejo ya que mejoran la durabilidad de la obra y son de bajo costo.**"** ha quedado ampliamente comprobada puesto que con el análisis realizado en el laboratorio de la universidad sobre el material pétreo con emulsión asfáltica en frio para preparar una base o su-base de excelente calidad a utilizar en trabajos de pavimentación.

Mediante la técnica de mejoramiento de material pétreo con emulsión asfáltica se puede aprovechar el material extraído en el sector de la cantera URUZCA, que con el análisis se comprobó que tiene una excelente consistencia con dicha adición para realizar cualquier tipo de trabajo de pavimento.

6. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Objetivos de la investigación

1. OBJETIVOS

GENERAL

- Comprobar el mejoramiento en laboratorio de las características resistentes y de durabilidad de los materiales para base o sub-base de pavimentos, mediante la incorporación de emulsiones asfálticas a materiales locales del cantón Portoviejo.

ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto que produce la emulsión asfáltica en las propiedades resistentes y durabilidad de los materiales de lastre o mejoramiento, utilizados como base o sub-base de pavimentos.
- Ejecutar los ensayos pertinentes para definir la capacidad del material mediante el uso de emulsiones asfálticas
- Escoger los agregados y el tipo de emulsión asfáltica para la base o sub-base del pavimento
- Proponer un diseño para la obtención de una base o sub-base de pavimento a partir de la incorporación de una emulsión asfáltica a un material de lastre o mejoramiento.

Campo de acción

Análisis de los materiales de la cantera “URUZCA” en el laboratorio de la universidad para demostrar la consistencia del material pétreo con mulsión asfáltico en frio.

Beneficiarios

El proyecto de titulación "**MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES DE LA CANTERA "URUZCA" COMO BASE O SUB-BASE DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA**" tiene dos tipos de beneficiarios los cual enunciaremos a continuación.

Beneficiarios Directos

- Los propietarios de la cantera URUZCA
- Autores del trabajo de titulación.

Beneficiarios Indirectos

- Comunidad en general.
- Los profesionales

7. DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA MUESTRA

Población y muestra

La población universo de esta investigación estuvo constituida por la Cantera "Uruzca" de la provincia de Manabí, en las cuales se pueden encontrar material granular para la aplicación de las respectivas pruebas de laboratorio.

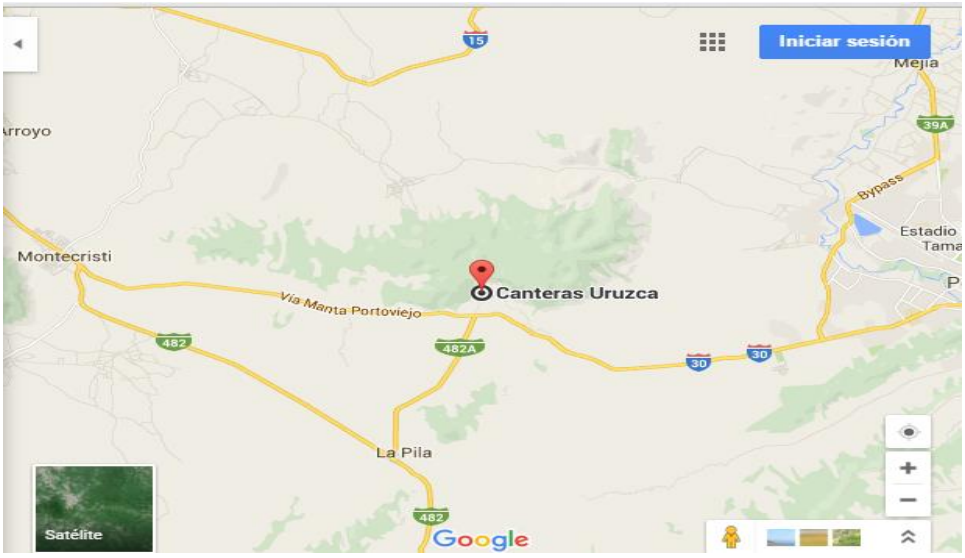
Muestreo.

En efecto se ha utilizado una cantera para nuestra investigación ya que queremos tener una clara idea del tipo de material que se extrae en él y si cumplen con las especificaciones para la creación de caminos rurales; pese a esto se necesita establecer que el material existente en dichos cantones puede ser mejorado con la emulsión asfáltica y brindar óptimos resultados y gran estabilidad de los caminos en los que se emplease.

Ubicación de las fuentes de materiales.

Cantera URUZCA

Esta cantera está ubicada en la vía Portoviejo-Manta Km. 11 1/2 Sitio Cerro Guayabal E30 Oeste S/N.



VERIFICACIÓN DE OBJETIVOS

Muestras e instrumentos de recolección de datos

La principal técnica de investigación empleada en este estudio es la prueba de ensayo de materiales realizados en el laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí estos ensayos fueron aplicados a las muestras tomadas de los materiales extraídos de la Cantera "Uruzca" estas muestras se realizaron las siguientes:

- Granulometría

- Estabilidad de la emulsión.

Metodología de los ensayos y normas empleadas.

Normas Empleadas

Normas Descripción

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)

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

ENSAYO

Determinación del análisis granulométrico de los agregados (norma aashto t-27)

Graduación y Tamaño máximo de la partícula

Todas las especificaciones de materiales utilizados en construcción y en especial en pavimentos requieren el cumplimiento del tamaño de partículas que conforman las mezclas de agregados, esto se consigue mediante el establecimiento de márgenes y la presencia de tamaños de partículas en ciertas proporciones.

La distribución de los diferentes tamaños de partículas que conforman los agregados se denomina graduación del agregado o graduación de la mezcla. Es preciso comprender el método de medición del tamaño de las partículas y la graduación para determinar si el agregado cumple o no con las especificaciones.

Tamaño Máximo de la Partícula

El Tamaño Máximo de las Partículas más grandes de los agregados debe ser definitivo, porque las especificaciones sugieren un tamaño máximo de partículas para cada agregado usado. Existen dos criterios usados para la designación del tamaño máximo de partículas:

- **Tamaño Máximo Nominal**

Designado como un tamiz más grande que el primer tamiz que retiene más del 10 por ciento de las partículas de agregado, en una serie normal de tamices.

- **Tamaño Máximo**

Designado como un tamiz más grande que el tamaño máximo nominal de partícula. Se acostumbra que este tamiz sea el más pequeño por el cual pasa el 100 por ciento de las partículas de agregado

Granulometrías

La granulometría de las partículas se determina por análisis de tamices o granulometría sobre la muestra de los agregados.

El análisis de tamices consiste en pasar la muestra por una serie de tamices, cada tamiz tiene aberturas de tamaño especifico, los tamices se los denomina por el tamaño de la abertura.

Para trabajar con agregados se los ha clasificado en dos grupos: por su tamaño, poniendo como característica los agregados retenidos por tamices grandes se denominan agregado grueso, y los retenidos por tamices pequeños, agregados finos.

La granulometría del agregado tiene en cuenta el porcentaje en peso total de la muestra que pasa por cada uno de los tamices.

La granulometría se determina calculando el peso del contenido de cada tamiz después de haber efectuado el análisis de tamices. Luego se resta el peso del contenido de cada tamiz del peso total de la muestra.

La forma de establecer la distribución granulometría de un agregado, es graficando el peso del agregado con el respectivo tamaño retenido.

Para la determinación del tamaño retenido se utilizan tamices con diferentes aberturas, estos tamices están formados de mallas cuadradas sobre marcos circulares que pueden ser colocados uno sobre otro.

Existen ciertos términos usados para denominar a las fracciones de agregados, con el propósito de describirlos por su tamaño de la siguiente manera:

- Agregado Grueso: Material retenido por el tamiz 2.36 mm (N° 8)
- Agregado Fino: Material que pasa el tamiz 2.36 mm (N° 8)
- Relleno Mineral: Fracciones de agregado fino que pasa el tamiz de 0.6 mm (N° 30)
- Polvo Mineral: fracciones de agregado fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200)

Existen dos métodos usados para determinar la graduación de los agregados: Tamizados en seco y tamizados por lavado. El tamizado en seco se usa con material de agregado grueso, Se aconseja utilizar tamizado por lavado cuando los agregados están cubiertos por polvo o material limo arcilloso.

Tamizado en Seco

- Las muestras para el tamizado se las reduce por medio de un "cuarteador" de muestras o cuarteo manual
- Se separa los materiales finos y gruesos
- Se secan las muestras para hasta tener un peso constante
- Las muestras finas y gruesas se tamizan por separado

Para el análisis granulométrico de agregados gruesos y finos para tamizado en seco según el MOP (MOP-001-F-2002, 2002) sugiere se siga la Norma INEN 697, (AASHTO T-27).

Tamizado por vía húmeda

- Las muestras para tamizado por este método son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo, limos y arcillas, después de haber sido reducidas, separadas, secadas y pesadas.
- Después de ser lavadas las muestras son nuevamente secadas y pesadas

- La diferencia en peso antes y después del lavado representa la cantidad de polvo, limos y arcillas en la muestra original.

Para el análisis granulométrico de agregados grueso y finos para tamizado por vía húmeda según el (MOP-001-F-2002, 2002) sugiere se siga la Norma INEN 696, (AASHTO T-11).

Objetivo

Conocer la distribución de tamaños existente en las muestra del material de mejoramiento.

Equipo

1. Balanza con sensibilidad de 0.1 % del peso de la muestra a ensayarse.
2. Juego de tamices: 1 1/2", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", Nº 4, Nº 8, Nº 10, Nº 16, Nº 40, Nº 50, Nº 200, incluyendo tapa y fondo, las mallas son de abertura cuadrada. (Dependiendo del uso se puede agregar o retirar tamices)
3. Horno de graduación de temperatura de hasta 110 ºC como mínimo.
4. Bandeja con capacidad suficiente para colocar la muestra.
5. Depósito para lavar la muestra.

PROCEDIMIENTO

El proceso de la determinación de una granulometría total de una muestra sería una actividad inútil que tomaría mucho tiempo, por este motivo es recomendable el procedimiento conocido como "Cuarteo" que consiste en disminuir el tamaño de la muestra por obtener una muestra representativa a un tamaño conveniente que facilite su manejo, o de dividirla en partes con similares características para utilizarlo en otros ensayos.

Se procede de la siguiente manera:

1. Se coloca la muestra buscando ocupar el mayor espacio posible en una superficie limpia y plana.

2. Se combina toda la muestra usando palas.
3. Se procede a formar con el material un depósito en forma cónico, este depósito cónico se aplana con palas quedando la muestra de forma circular uniforme.
4. Con las palas se procede a dividir en cuatro partes más o menos iguales, se eligen dos partes opuestas y se unen, desechándose las otras dos.
5. Existen cuarteadores mecánicos que dividen la muestra más rápidamente, de preferencia son utilizados para grandes cantidades de material, pero se obtiene el mismo resultado
6. Se repite el procedimiento anterior hasta tener la cantidad de material necesario para el análisis granulométrico, en nuestro caso por tener partículas de tamaño máximo 1 pulgada más o menos 5 a 6 kg para el agregado grueso, para el agregado fino se emplean cantidades desde 300 gramos.
7. Se seca en horno el material obtenido por cuarteo durante 24 horas a una temperatura de 110 ºC o a la intemperie si el clima lo permite, la finalidad es conseguir un peso constante.
8. Se disuelven los terrones arcillosos del material. Se pesa la muestra seca sin lavar y se anota como Peso de la muestra secada al horno.
9. Se lava, vertiendo el agua con material suspendido en el tamiz Nº 200, y se elimina el material que pasa por dicho tamiz, que vendría a ser la parte de arcilla del agregado.
10. Se seca la muestra lavada en horno a 110 ºC por 24 horas, hasta que tenga peso constante. Es muy utilizado para comprobar si un material se encuentra seco colocar vidrio sobre la muestra, si se empaña es que todavía contiene humedad, sino se empaña la muestra está seca.
11. Se ubican los tamices colocándolos en forma descendente en cuanto a su diámetro, los diámetros mayores queden se sitúan arriba, el último tamiz colocado es el Nº 200, debajo de la cual se coloca una base.
12. Se pasa el agregado por los tamices y se sacude un tiempo adecuado hasta que se observe que la muestra no pase al siguiente tamiz.
13. Para obtener mejores resultados se realiza el tamizado de agregados grueso y fino de manera separada, como sugerencia se hace pasar el total de la muestra primero por el tamiz Nº4 para separar finos y gruesos.

14. Se coloca una base o fondo para tamizar por separado cada malla debajo de la que se coloca la misma y se tamiza hasta que no pase material a ésta, el pasante se agrega al tamiz siguiente. El material retenido en cada tamiz se coloca en la base y luego se pesa. Para el agregado grueso es sencillo colocarlo en la base, en el agregado fino es necesario cuidar que no se pierda material o que quede retenido en un tamiz para evitar esto se utilizara una escobilla.
15. En todos los tamices se realiza el mismo procedimiento, registrándose en cada uno el peso que retiene. También se apunta el material que se almacena en la base que paso la malla Nº 200. Esto nos permite controlar en caso de existencia de errores. Se anota el peso seco lavado antes de pasarlo por los tamices, la suma de los pesos retenidos en los distintos tamices hasta la malla Nº 200 más el peso que queda en la base debe coincidir con éste.

E N S A Y O G R A N U L O M E T R I C O

PROYECTO:	TESIS URUZCA					
UBICACION:						
CONTRATISTA:				muestra=	2901	gms
DESCRIPCION DEL MATERIAL:		MEJORAMIENTO				
FECHA:						

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICA
	GRANULOMETRIA			**SERIE GRUESA**	
4"	0	0	0,00	100,00	100
3"	221	221	7,77	92,23	100
2 ½"	0	221	7,77	92,23	
2"	658	879	31	69	
1½"	278	1157	41	59	
1"	295	1452	51	49	
3/4"	181	1633	57	43	
1/2"	0	1633	57	43	
3/8"	351	1984	70	30	
N°4	236	2220	78	**(22)**	30-70
PASA N°4	624,8	2844,8	**(98)**	2	
TOTAL	2844,8				
				SERIE FINA	
N°4					
8					
10	9,6	9,60	0	21	
16					
20					
30					
40	9,80	19,40	1	21	
50					
60					
100					
200	13,00	32,40	2	**(20)**	0-20
PASA N°200	2,00	397,03	**(0,10)**		
TOTAL	429,43				

P inicial humedo=	**500**	grms
P inicial seco=	**429,43**	grms

N° TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% W	% PROMEDIO
	HUMEDAD NATURAL				
1	489,69	432,87	84,76	16,32	
2	497,82	437,48	72,77	16,54	**16,43**
		HUMEDAD NATURAL:		16,43 %	

Resultado:

Como podemos observar en el ensayo cumple con las especificaciones técnicas para ser un material de mejoramiento que indica que tiene que pasar x el tamiz 4¨ el 100% y retener un minino 22% en el tamiz N#4.

Obteniendo una humedad natural de 16.43%.

DETERMINACION DEL LÍMITE LÍQUIDO Y EL LÍMITE PLÁSTICO

Plasticidad

Es la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. (AVILA, 2004)

La determinación de esta propiedad se la realiza separando de la mezcla de agregados el material que pasa la malla N° 40. Por este motivo se asume que este material fino se comportaría como un suelo.

Al tratar de definir en términos simples la plasticidad, no resulta suficiente decir que un suelo plástico, puede deformarse y remodelarse sin agrietamiento, pues una arena fina y húmeda tiene esas características cuando la deformación se produce lentamente y, a pesar de ello, no es plástica en un sentido más amplia de la palabra; hay entre el comportamiento de la arcilla y el de la arena en cuestión una importante diferencia: el volumen de la arcilla permanece constante durante la deformación, mientras que el de la arena varía; además, la arena se desmorona en deformación rápida.

Límite Líquido

Indica el contenido de humedad en que el suelo pasa del estado plástico al líquido, además revela si el suelo contiene humedad suficiente para superar la fricción y cohesión interna.

Cuando la plasticidad se convirtió en una propiedad índice fundamental, a partir de la utilización que Terzaghi y Casagrande hicieron de ella, la determinación de los límites de plasticidad se transformó en prueba de rutina en todos los laboratorios; en este caso, los métodos de Atterberg se revelaron ambiguos, dado que la influencia del operador es grande y que muchos detalles, al no estar especificados, quedaban a su elección. En vista de lo cual, Terzaghi sugirió a Casagrande la tarea de

elaborar un método de prueba para la determinación del límite líquido estandarizando todas sus etapas.

Para situar el material en el límite líquido se utiliza la copa de Casagrande.

El límite líquido se determina conociendo 3 o 4 contenidos de agua diferentes en su vecindad, con los correspondientes números de golpes y trazando la curva Contenido de agua – Número de golpes.

Para la construcción de curva de fluidez sin salirse del intervalo en que puede considerarse recta.

Casagrande recomienda registrar valores entre los 6 y 35 golpes, determinado 6 puntos, tres entre 6 y 15 golpes, y tres entre 23 y 32. La fuerza que compone a la fluencia de los lados de la ranura proviene de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, este material tiene una resistencia mínima al esfuerzo cortante de 25 gr/cm².

El número de golpes requerido para cerrar la ranura es una medida de esa resistencia, al correspondiente contenido de agua.

Límite Plástico

Cuando el suelo pasa de semi-sólido a plástico porque contiene humedad suficiente se dice que ha traspasado su límite plástico. La resistencia del suelo disminuye rápidamente al aumentar el contenido de humedad más allá del límite plástico.

La prueba para la determinación del límite plástico, tal como Atterberg la definió, no específica el diámetro a que debe llegarse al formar el cilindro de suelo requerido. Terzaghi agregó que el diámetro sea de 3 mm (1/8”). La formación de los rollitos se hace usualmente sobre una hoja de papel totalmente seca, para acelerar la pérdida de humedad del material; también es frecuente efectuar el rolado sobre una placa de vidrio. Cuando los rollitos llegan a los 3 mm, se doblan y presionan,

formando una pastilla que vuelve a rolarse, hasta que en los 3 mm justos ocurra el desmoronamiento y agrietamiento; en tal momento se determinará rápidamente su contenido de agua, que es el límite plástico.

El índice plástico

El índice plástico se lo define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Es una medida de la plasticidad del suelo.

Objetivo

Determinar en el laboratorio, el Límite Plástico y Límite Líquido de los agregados.

Equipo

1. Dispositivo mecánico (Copa de Casagrande)
2. Papel periódico para secado de muestras
3. Muestras de material a ensayarse
4. Envase de plástico que contiene agua
5. Acanaladores: Tipo ASTM Tipo Casagrande o laminar
6. Franela o esponja
7. Plato para mezclado, de aproximadamente 115 mm de diámetro.
8. Espátula
9. Superficie de rodadura.- Una placa de vidrio esmerilado.
10. Recipientes
11. Balanza
12. Horno capaz de mantener constantemente una temperatura de 110 °C

PROCEDIMIENTO

Para hallar el Límite Líquido

1. Colocamos la muestra en el recipiente metálico y mezclar con la espátula hasta obtener una pasta homogénea y densa que pueda moldearse fácilmente.

2. Con la ayuda de la espátula colocar una porción de la pasta en la Copa de Casagrande sobre la parte que descansa en la base, extendiéndola rápida y cuidadosamente con la espátula, presionando bien para que no quede espacios dentro de la muestra.

3. Con la espátula enrazar la superficie de la muestra de tal manera que tenga una profundidad de 1 cm en la sección de espesor máximo, regresando el suelo sobrante al recipiente metálico.

4. Con el acanalador tipo ASTM realizar un canal en la muestra, de manera que el plano de simetría del canal sea perpendicular a la articulación de la copa y procurando además, que el acanalador se mantenga normal a la superficie de la copa.

5. Girar la manivela a una velocidad constante de 2 golpes/seg, y contar los golpes necesarios para que las dos mitades de muestra se pongan en contacto al fondo del canal en una longitud continua de alrededor de 1 cm, por fluencia de la muestra y no por deslizamiento entre la muestra y la copa.

6. Si el número de golpes para la primera determinación esta entre 25 y 45 golpes, continuar normalmente como se indica los siguientes pasos, si no, añadir agua o secarla al aire, lo que fuera más apropiado y repetir los pasos anteriores hasta que esta condición se obtenga.

7. Regresar el material de la copa al recipiente metálico y mezclar completamente, limpiar y secar la copa y el acanalador y repetir los pasos 2 y 6, hasta que se obtenga dos determinaciones congruentes con diferencia máxima de un golpe.

8. Del lugar donde se juntan los bordes del canal, tomar con la espátula una porción de muestra y colocarlo en el recipiente adecuado para proceder a determinar el contenido de humedad.

9. Para efectuar los distintos ensayos, hacer el amasado de la muestra únicamente mediante el aumento progresivo de agua, de tal manera que cada vez el suelo se torne más fluido.

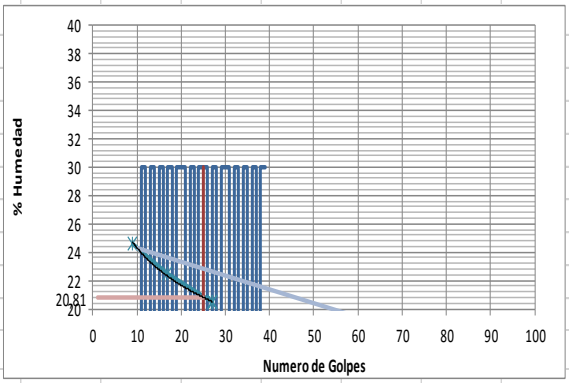
Fotografía 2-9 Determinación del Límite Plástico

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS

PROYECTO: TESIS URUZCA
UBICACION: MUESTRA 3
ABSCISA:
DESCRIPCION DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO

LIMITE LÍQUIDO

RECIPIENTE #	52	54	61
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1	32,96	31,83	30,80
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	26,62	26,20	25,88
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	6,34	5,63	4,92
MASA DE RECIPIENTE (P4)	11,34	11,35	11,46
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	15,28	14,85	14,42
% DE HUMEDAD (W = P3 x 100 ÷ P5)	41,49	37,91	34,12
# DE GOLPES	10	20	30



LIMITE PLÁSTICO

RECIPIENTE #	85	76	69
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1	8,82	8,77	8,59
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	8,30	8,43	8,32
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	0,52	0,34	0,27
MASA DE RECIPIENTE (P4)	6,70	6,73	6,81
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	1,60	1,70	1,51
% DE HUMEDAD (W = P3 x 100 ÷ P5)	32,50	20,00	17,88

Observaciones :

Normas de Referencia

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

L. Líquido =	34,81
L. Plástico =	23,46
I. Plasticidad =	11,35

Resultados:

En este ensayo pudimos constatar que el material de mejoramiento obtuvo un índice de plasticidad del 11,35%, un límite liquido de 34,81% y un límite plástico de 23,46% de lo cual se puede decir que es un buen material y cumple con las especificaciones técnicas de un material de mejoramiento.

Compactación

La relación entre la humedad y la densidad de un suelo o mezcla de materiales compactados como las bases, tienen una gran importancia y siempre se debe controlar que se cumpla en obra evitando grandes variaciones.

Para determinar estas propiedades se desarrolla el ensayo Próctor que lleva el nombre de quien investigo esta relación y quien propuso el procedimiento.

El procedimiento de este ensayo consiste en dejar caer un martillo de 5.5 libras de una altura de 12 pulgadas, sobre una superficie de material conociendo su volumen, una serie de golpes por capas, este procedimiento es conocido como PRÓCTOR NORMAL, luego se lo denominó AASHTO ESTÁNDAR T-99.

Posteriormente la necesidad de obtener mejor respuesta del suelo y mezcla de materiales obligó a que se modifique este ensayo, manteniendo el procedimiento anterior pero modificando el martillo a 10 libras de peso, la altura de caída a 18” y el volumen de los materiales a compactar.

A esta modificación se la conoce como PRÓCTOR MODIFICADO o AASHTO MODIFICADO

T-180 usado generalmente en construcción de pavimentos, nos permite determinar la humedad óptima que se puede definir como la humedad ideal en la cual el suelo o la mezcla de materiales alcanza las mejores propiedades mecánicas.

El valor de la humedad óptima depende de la cantidad de energía de compactación a la que se expone el material a compactar. Esta humedad depende directamente de la cantidad de energía de compactación a la que se ha sometido el material; al ser mayor la energía de compactación, la humedad óptima será menor y la densidad seca será mayor.

En el método de compactación Próctor Estándar y Modificado la energía se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

En donde:

E= Energía de compactación

n = Número de capas

N= Número de golpes por capa

W= Peso del Martillo

h = Altura de Caída

V = Volumen del molde

Las energías de compactación son las siguientes:

Ensayo Próctor Modificado: Ee = 27.2 kg-cm/cm

Ensayo Próctor Estándar: Ee= 6.1 kg-cm/cm

El empleo de una mayor energía de compactación permite alcanzar densidades secas mayores y humedades óptimas menores, esto se comprueba al analizar los resultados obtenidos con las pruebas Próctor Estándar y Próctor Modificado mediante el uso de una curva de compactación.

Para el control de obras viales el MOP propone el uso de Próctor Modificado T-180 debido a la exigencia que presentan los materiales expuestos a los esfuerzos de las cargas vehiculares.

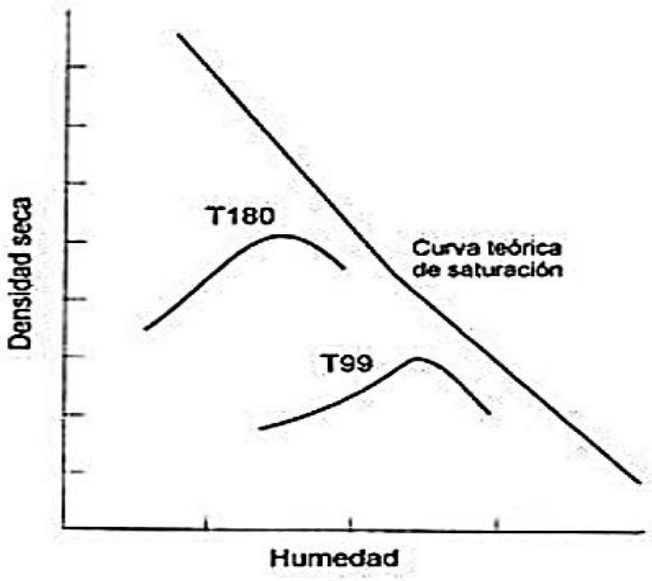


Figura 2-4 Curva de Compactación Densidad Seca = f (Humedad) Próctor

Objetivo

Determinar en el laboratorio el contenido óptimo de humedad que permite la mejor compactación de la mezcla de agregados en estudio.

Equipo:

1. Tamices Nº 4 y ¾ pulg.
2. Martillo de cabeza de caucho.
3. Bandeja metálica grande.
4. Balanza de precisión, aproximación 0.1 gr.
5. Probeta graduada, capacidad 250 o 500 cm3 de volumen.
6. Calibrador, aproximación 0.01 cm.
7. Molde de compactación cilíndrico, metálico. 152.4 mm de diámetro, Con un collar ajustable aproximadamente de 60 mm (2pulg) de altura.
8. Martillo de compactación con peso de 4.536 kg y cae desde una altura de 45.72 cm
9. Utensilio para enrasar (Cuchillo)
10. Bandeja
11. Horno de graduación de temperatura de hasta 110 ºC como mínimo

Procedimiento

1. Si la muestra de material granular se encuentra húmeda cuando se recibe, se la seca en el horno a una temperatura que no exceda los 60 °C o se seca al aire.

2. Se utiliza material pasante sobre el tamiz N° 3/ 4, el resto se desecha.

3. Si más del 75% de la muestra pasa por el tamiz de N° ¾, se utiliza todo el material para preparar los especímenes de ensayo, si el material retenido por el tamiz N° ¾ es mayor al 25 % se hace un reemplazo por material que pase el tamiz de N° ¾ y es retenido por el tamiz N° 4.

4. Seleccione una muestra representativa, se recomiendo muestras de 11 kg o más.

5. Se mezcla la muestra con agua hasta conseguir una humedad de 4% debajo del óptimo contenido de humedad.

6. Se deja reposando la muestra en un envase hermético por un tiempo mínimo.

7. Se procede a formar un espécimen en el molde de 152.4 mm de la siguiente manera: 5 capas de aproximadamente el mismo espesor y en cada capa se realizara la compactación mediante 56 golpes del martillo dejándolo caer de 457 mm de altura.

8. Luego de la compactación se procede a remover el collarín metálico y se retira el material adherido a este.

9. Se procede a eliminar cuidadosamente el material sobrante del molde metálico, para esto nos valemos de una regla metálica, el material grueso eliminado será reemplazado por material fino que cubrirá los espacios dejados.

10. Se pesa el molde más la muestra en una balanza.

11. Se saca la muestra se toma la humedad actual, luego se la pone en el horno para determinar la humedad en el momento de la compactación.

Fotografía 2-10 Compactación en Molde Metálico

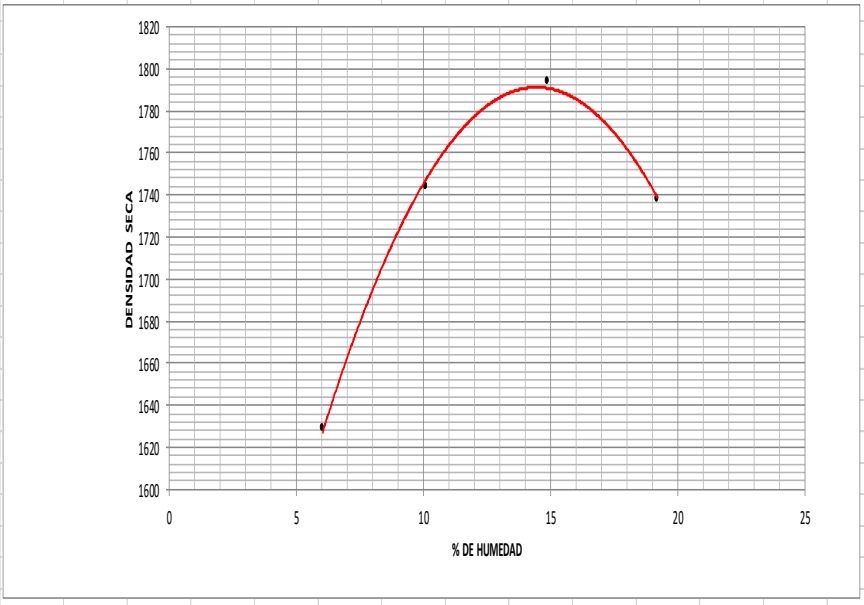
DESCRIPCION DEL MATERIAL:		MEJORAMIENTO	
MASA DEL CILINDRO (P7)	6540	TIPO DEL ENSAYO	Modificado Ø=6" ; 18"-4.5 Kg. ; 5c-56g/c
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2032,22	# DE CAPAS	5
MASA DEL MARTILLO (lb.)	10	# DE GOLPES POR CAPA	56
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72		

DATOS DE LA CURVA

CONTENIDO DE AGUA	0%	240ml 4%	480ml 8%	720ml 12%		
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO	10510	10804	11003	10904		
MASA DE SUELO HÚMEDO	3970	4264	4463	4364		
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO	1954	2098	2196	2147		
DENSIDAD SECA DEL SUELO	1736	1843	1872	1784		

CONTENIDO DE AGUA

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	0		4		8		12					
RECIPIENTE N° TARA	3	8	29	T5	2A	6A	19	B1				
TARA + SUELO HUM. (GRS.)	597,00	545,00	502,00	505,20	635,00	591,00	539,00	616,00				
TARA + SUELO SECO (GRS.)	536,00	495,00	454,00	449,00	553,00	513,00	462,00	524,00				
PESO AGUA	61,00	50,00	48,00	56,20	82,00	78,00	77,00	92,00				
PESO DE TARA	78,00	69,00	80,00	70,00	75,00	68,00	80,00	76,00				
PESO SUELO SECO	458,00	426,00	374,00	379,00	478,00	445,00	382,00	448,00				
CONT. DE AGUA %	13,32	11,74	12,83	14,83	17,15	17,53	20,16	20,54				
CONT. PROM. AGUA %	12,53		13,83		17,34		20,35					



DENSIDAD SECA MAXIMA :
1887 Kg/m3
% DE HUMEDAD OPTIMA:
16,71 %

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

Resultado:

En este ensayo comenzamos a trabajar con un 0% de humedad hasta un 12%.

En la cual ensayamos 4 probetas teniendo como resultado, que utilizando el 12% de agua el peso del suelo bajo la cual obtuvimos una densidad seca máxima 1887 kg/m3 y un una humedad optima de 16.71%.

ENSAYO VALOR DE SOPORTE MODIFICADO CBR (ASTM D 1883)

Hablar de Valor de Soporte de una estructura de pavimento, es hablar de la capacidad de soporte de cargas que poseen las capas que conforman el camino, siendo este un parámetro muy importante para el buen funcionamiento de un camino.

En la actualidad para determinar la capacidad soportante de un camino se utiliza valor que se obtiene a través del CBR (California Bearing Ratio), denominado así debido a que fue en California donde dio origen este ensayo.

La determinación de este ensayo se realiza bajo la norma AASHTO y que consiste en un procedimiento conjunto de penetración e hinchamiento

El hinchamiento de la muestra se registra sometiendo el espécimen en inmersión durante un periodo de 4 días. Se efectúan dos lecturas, una al inicio y una al final; usando un trípode debidamente calibrado. El hinchamiento requiere un cuidado especial en suelos arcillosos o con mucho fino, debido a que pueden provocar asentamientos diferenciales, causales de muchos daños en obras civiles.

El ensayo de penetración tiene por objetivo determinar la capacidad soportante de un suelo o la mezcla de agregados, en analogía el SPT (Standard Penetration Test) empleado en geotecnia. Se basa en la aplicación de una presión creciente efectuada mediante una prensa a la que va acoplado un pistón de área anular sobre una muestra de suelo o mezcla con una humedad óptima de Próctor, en el caso de las Bases Próctor Modificado. La velocidad de penetración de la carga también está normalizada, debiendo ser de 1.27 mm/min. EL tamaño de los moldes a utilizar tendrá un diámetro interno de 152.4 ± 0.7 mm y una altura de 177.8 ±0.5 mm; deberán tener un collar de extensión metálica de 50.8 mm de altura y una placa base metálica de 9.5 mm de espesor con perforaciones de un diámetro menor o igual a 1.6 mm

El valor de CBR se definió como la relación entre la presión necesaria para que penetre una cierta profundidad y la necesaria para conseguir esa misma penetración en un suelo patrón de grava machacada, expresada en porcentaje.

Represente la tendencia del CBR a medida que varía la profundidad, suele tomarse 0.1" y 0.2", comparándose con los de la muestra patrón.

Objetivo

Determinar la relación de soporte de California (CBR) de las bases granulares conformadas con los agregados estudiados, además evaluar la calidad relativa del para su uso como base o sub-base.

Equipo

1. Molde.- Metálico cilíndrico, diámetro interior 6.0±0.026 pulg, altura 7.0±0.018 pulg, provistos de un collar de 2 pulg de altura y un plato base perforado.

2. Disco espaciador

3. Pisón Metálico: Cara plana circular de 2pulg de diámetro, masa de 5.5 0.02 lb y altura de caída libre de 18pulg.

4. Dispositivo para medir la expansión

5. Trípode con deformímetro

6. Pesos de sobrecarga

7. Pistón de penetración.- Cilíndrico metálico diámetro 1.954±0.005 pulg, área 3 pulg2, y una longitud no inferior a 4 pulg.

8. Dispositivo de Carga.- Aparato de compresión capaz de aplicar carga creciente uniforme a una razón de 0.05 pulg/min.

9. Tanque de remojo

10. Horno capaz de mantener una temperatura de (110)ºC.

11. Recipientes para contenido de humedad

Procedimiento

La relación de soporte del óptimo contenido de agua

1. De una muestra que tenga un peso de 35 kg (75 lb) o más, seleccione una porción representativa de una masa aproximada de 11kg (25 lb) para una prueba de humedad - densidad y divida el resto de la muestra para obtener tres porciones representativas que tengan una masa de 6.8kg (15 lb) cada una.

2. Determine la humedad óptima y la densidad seca máxima por medio del ensayo (AASHTO T -180).

3. Determine la humedad natural como lo establece la norma AASHTO T-265. Añada agua necesaria para llegar a la humedad óptima.

4. Compactar tres especímenes, para que sus densidades compactadas vayan desde 95 % o más baja a 100 % ó más alta de la densidad seca máxima determinada.

5. Empalme el molde a la base del plato y pese.

6. Inserte el disco espaciador dentro del molde y coloque un papel filtro en la parte superior del disco.

7. Mezcle cada una de las tres porciones de 6.8 kg (15 lb) ya preparadas con suficiente agua para obtener el contenido de humedad óptimo. Se obtiene el contenido de humedad óptimo por la siguiente formula:
   Donde:
   H = Humedad prefijada
   H= Humedad natural

8. Compacte en cinco capas iguales si la densidad máxima fue determinada por la norma AASHTO T180.

9. Compactando cada capa con 65, 30 y 10 (AASHTO) o con 56, 25 Y 10 (ASTM).

10. Determinar el contenido de humedad del material compactado, al inicio y fin de la compactación (dos muestras). La determinación del contenido de humedad será de acuerdo con la norma AASHTO T 265.

11. Quitar el collar y usando un enrazador recorte el suelo compactado en la parte superior del molde.

12. Las irregularidades de la superficie deben ser rellenados con material más pequeño.

13. Quitar el disco espaciador, colocar un papel filtro en el plato base perforado e invierta el molde Sujete el plato base perforado al molde y coloque el collar.

14. Determine la masa del molde y el espécimen con una aproximación de 5 gr ó 0.01 lb.

15. Compacte las otras dos porciones de 6.8 kg ó 15 lb. Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, excepto por el número intermedio de golpes por capa que debe ser usado para compactar el segundo espécimen y el número más alto de golpes por capa que debe ser usado para compactar el tercer espécimen.

Fotografía 2-11 Muestra compactada en Ensayo CBR con deformímetro

Remojo o saturación

1. Colocar sobre la superficie de la muestra en el molde la placa perforada con vástago y sobre ésta los pesos anulares suficientes para originar una sobrecarga equivalente a la originada por las capas de materiales que van sobre el material que se está probando.

2. Colocar el trípode con el dial encima del molde y haga una lectura inicial.

3. Sumerja al molde en agua.

4. Durante el remojo, mantener el nivel de agua 1pulg sobre la parte superior del espécimen. Registre lecturas cada 24 horas por un periodo de 96 horas (4 días), se toman y se registran lecturas en el dial.
5. Al final de las 96 horas, haga una lectura del dial final en los especímenes empapados
6. Calcule la hinchazón como un porcentaje de la longitud de la muestra inicial con la siguiente expresión:

Drenaje

1. Después de saturada la muestra durante los 4 días, quitar los moldes cuidadosamente del tanque de remojo, vierta el agua retenida en la parte superior del mismo y se deja escurrir el molde durante 15 minutos.
2. Retire los pesos de la sobrecarga y plato.
3. Registre el peso del molde más suelo después de la saturación (96 horas o 4 días).

Prueba de Penetración

1. Aplicar una sobrecarga de pesas anular y cortada, igual a las usadas durante el remojo.
2. Coloque el pistón de penetración, aplique una carga de 44N (10 lb).
3. Poner ambos diales el de penetración y el de carga en cero.
4. Aplique la carga sobre el pistón de penetración, con una velocidad de penetración uniforme de 0.05pulg/min. De acuerdo a la tabla siguiente tabla

PENETRACIÓN Milímetros	**Pulgadas**
0.63	0.25
1.27	0.05
1.90	0.075
2.54	0.1
3.81	0.15
5.08	0.2
7.62	0.3
10.16	0.4
12.70	0.5

Tabla 2-8 Penetración utilizada en el ensayo de CBR.

Fuente: ASTM D 1883

5. Se registra la carga en cada uno de los valores establecidos en la tabla anterior

Cálculos

Curva de deformaciones

Trazar la curva de deformaciones (resistencia a la penetración vs profundidad de penetración) para cada espécimen. Si las curvas son semejantes a la del ensayo Nº 1 no necesitan correcciones. Si las curvas son semejantes a las correspondientes a los de la curva Nº2 y Nº3, deberán ser corregidas trazando tangentes en la forma como se indica las gráficas.

UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS FISICAS Y QUIMICAS

ENSAYO DE C.B.R.

MUESTRA: MEJORAMIENTO
UBICACIÓN: URUZCA
PROFUNDIDAD:
DESCRIPCION DEL MATERIAL
AREA DEL PISTON: 5,1223
CONSTANTE: 2,2047 LABORATORIO DEL ING. LUZON

	CARGA		
	kg	lb	lb/pug^2
2,54 mm	1355	2987	583,20
5,04 mm	2033	4482	875,02

TIEMPO		Penetrac .pulgadas	MOLDE N° 61						MOLDE N° 27						MOLDE N° 11					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.	Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.	Carga		Presiones	Presiones corregidas	Presiones Standar	Valores C.B.R.
			Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2		Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2		Dial	Lbs	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	Lbs/Plg^2	
		0			0						0						0			
30		25	68		29,3				45		19,4				149		64,1			
60	1	50	199		85,7				137		59,0				251		108,0			
90		75	398		171,3				307		132,1				360		154,9			
120	2	100	614		264,3		45,31	45,3	551		237,2		40,66	40,7	445		191,5		32,84	32,8
180	3	150	1023		440,3				921		396,4				581		250,1			
240	4	200	1412		607,7		69,45	69,5	1202		517,4		59,12	59,1	701		301,7		34,48	34,5
300	5	250	1692		728,3				1446		622,4				776		334,0			
360	6	300	1913		823,4				1637		704,6				858		369,3			
480	8	400	2346		1009,7				1990		856,5				994		427,8			
600	10	500	2719		1170,3				2349		1011,0				1108		476,9			

	MOLDE N° 61		MOLDE N° 27		MOLDE N° 11	
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	espues del Remoj	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso muestra humeda+Molc	11771	11854	11438	11564	11978	12167
Peso del Molde	6900	6900	7147	7147	7488	7488
Peso Humeda	4871	4954	4291	4417	4490	4679
Volumen de la Muestra	2286	2286	2238	2238	2274	2274
Densidad Humeda	2130,80	2167,10	1917,34	1973,64	1974,49	2057,61
Densidad Seca	1822,27	1848,95	1648,69	1739,30	1690,36	1761,71

CONTENIDO DE AGUA

TARA N°	6A	19	6A	19	12	89	12	89	T5	B1	T5	B1
Peso muestra humeda+tara	445	458	710	670	480	440	744	624	413	529	537	560
Peso muestra seca + tara	393	401	616,8	582,7	425	388	643,9	540	363	465	457,7	478
Peso Agua	52,00	57,00	93,20	87,30	55,00	52,00	50,25	84,00	50,00	64,00	51,99	82,00
Peso Tarro	69	81	69	81	83	73	83	73	71	77	71	71
Peso Muestra Seca	324	320	547,8	501,7	342	315	560,9	467	292	388	386,7	407
Contenido de Humedad %	16,05	17,81	17,01	17,40	16,08	16,51	8,96	17,99	17,12	16,49	13,44	20,15
Contenido promedio de H	16,93		17,21		16,29		13,47		16,81		16,80	

Resultados:

Al realizar el ensayo obtuvimos un c.b.r de un promedio de 40% cual dentro de las normas nos indica es una sub-base y un contenido promedio de humedad de 17%. Y la obtención de este resultado lo vamos a comprar al realizar el c.b.r con % de emulsión.

El resultado de este ensayo nos sirve para el análisis y comparación con los resultados de c.b.r con % de emulsión.

Tabla II.1. Valores especificados para materiales de base y sub-base

Prueba	Para sub-base	Para base
CBR, mínimo	20	80
Limite Liquido, máximo	25	25
Índice Plástico, máximo	6	No Plástico
Equivalente de Arena, mínimo	25	35
Material que pasa el tamiz No. 200, máximo	10	5

Fuente: The Asphalt Institute's, Manual del Asfalto.

Ensayo valor de soporte modificado cbr con emulsión asfáltica (astm d 1883)

Este ensayo se realizó usando el contenido tentativo de emulsión las cuales empezamos con 5%,7% y 9%y por experiencia en muchos países se utilizan intervalos de agua de pre mezcla relacionados a valores obtenidos en el ensayo PRÓCTOR MODIFICADO; estos valores de humedad óptima son 16.7%.

Se toma en cuenta que la emulsión contiene 40 % de agua en su estructura. Un parámetro importante es la trabajabilidad que permite el correcto mezclado y garantiza el mejor recubrimiento, para diferentes contenidos de agua.

Objetivo

Determinar cuál es el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica para el mejoramiento del material de la cantera y **URUZCA** y si nos serviría como base o sub-base de pavimentos.

Equipo

1. Balanza, con suficiente capacidad para soportar el peso de la muestra y sensible a 0.5 gr.
2. Horno capaz de mantener la temperatura a 110 ºC
3. Espátula de acero
4. Envase adecuado para mezcla
5. Taras
6. Moldes de cbr
7. Papel filtros, pesas

Procedimiento

1. Separamos cantidades suficientes de agregados fino y grueso para cada mezcla, buscando la mejor representatividad utilizando el procedimiento de cuarteo.

2. Secamos el material por un período de 24 horas en el horno a una temperatura de 110 °C hasta obtener un peso constante.
3. Se saca del horno se espera que enfrié, a temperatura ambiente pero intentando que no gane humedad, se guardara en fundas para evitar la ganancia de humedad y para utilizar estos agregados preparados en otros ensayos, si no se realiza este procedimiento se deberá calcular el peso seco de los agregados con corrección por humedad
4. Se pesa el equivalente de 6000 gramos de agregado seco, formando la mezcla en los porcentajes establecidos.
5. Realizamos los cálculos para ver la cantidad de agua y emulsión asfáltica que debemos agregar al material.
6. Para tener el peso del agua a añadir multiplicamos el porcentaje de agua por el peso seco y la cantidad de emulsión seria, el porcentaje de emulsión en este caso 5% por el peso seco del material.

		% de emulsion =5%					
DATOS						9,10%	
HUMEDAD OPTIMA		17%			% de agua	4,10%	0,041
HUMEDAD NATURAL		7,90%	0,079				
MUESTRA		6000	gr				
% de emulsion		5%	0,05				
peso seco	5560,70						
peso del agua añadir = % de agua *peso seco							
	228,0						
peso del agua añadir + muestra							
	6228,0 ok						
emulsion=% de emulsion*peso seco							
		278,04					
peso de emulsion = emulsion + peso de agua añadir + muestra							
	6506,02						
peso de la tara =		2562					
peso de agua añadir + tara				peso de agua añadir + tara + emulsion			
	8790,0			9068,02			

7. Teniendo nuestros pesos de agua y de emulsión le colocamos a la muestra sobre la balanza hasta que llegue al peso indicado.
8. Procedemos a mezclar el material uniformemente y realizamos el ensayo como en un cbr normal pero modificado con 61 golpes.
9. Comenzamos a Compactar cada capa con 61 golpes.
10. Determinar el contenido de humedad del material compactado, al inicio y fin de la compactación (dos muestras). La determinación del contenido de humedad será de acuerdo con la norma AASHTO T 265.
11. Quitar el collar y usando un enrazador recorte el suelo compactado en la parte superior del molde.
12. Las irregularidades de la superficie deben ser rellenados con material más pequeño.
13. Quitar el disco espaciador, colocar un papel filtro en el plato base perforado e invierta el molde Sujete el plato base perforado al molde y coloque el collar.
14. Determine la masa del molde y el espécimen con una aproximación de 5 gr ó 0.01 lb.
15. Después de todo este proceso ingresamos los moldes al horno por 24 horas con una temperatura de 110 ° C.
16. Todo este proceso lo volvemos a repetir para el 7 y 9 % de emulsión en seco.
17. Pasado las 24 horas sacamos los moldes del horno esperamos que se enfríen y le realizamos los ensayos de penetración.

Fotografía 2-11 Muestra compactada en Ensayo CBR con deformímetro

Remojo o saturación

1. Colocar sobre la superficie de la muestra en el molde la placa perforada con vástago y sobre ésta los pesos anulares suficientes para originar una sobrecarga equivalente a la originada por las capas de materiales que van sobre el material que se está probando.
2. Colocar el trípode con el dial encima del molde y haga una lectura inicial.
3. Sumerja al molde en agua.
4. Durante el remojo, mantener el nivel de agua 1pulg sobre la parte superior del espécimen. Registre lecturas cada 24 horas por un periodo de 96 horas (4 días), se toman y se registran lecturas en el dial.
5. Al final de las 96 horas, haga una lectura del dial final en los especímenes empapados
6. Calcule la hinchazón como un porcentaje de la longitud de la muestra inicial con la siguiente expresión:

Drenaje

1. Después de saturada la muestra durante los 4 días, quitar los moldes cuidadosamente del tanque de remojo, vierta el agua retenida en la parte superior del mismo y se deja escurrir el molde durante 15 minutos.
2. Retire los pesos de la sobrecarga y plato.
3. Registre el peso del molde más suelo después de la saturación (96 horas o 4 días).

Prueba de Penetración

1. Aplicar una sobrecarga de pesas anular y cortada, igual a las usadas durante el remojo.
2. Coloque el pistón de penetración, aplique una carga de 44N (10 lb).
3. Poner ambos diales el de penetración y el de carga en cero.
4. Aplique la carga sobre el pistón de penetración, con una velocidad de penetración uniforme de 0.05pulg/min. De acuerdo a la tabla siguiente tabla

PENETRACIÓN Milímetros	Pulgadas
0.63	0.25
1.27	0.05
1.90	0.075
2.54	0.1
3.81	0.15
5.08	0.2
7.62	0.3
10.16	0.4
12.70	0.5

		SIN EMULSIÓN	
		Densidad	**CBR**
S	1	**1690,4**	**32,8**
I	2	**1648,7**	**40,7**
M	3	**1822,3**	**45,3**

	CON EMULSIÓN (5%) SECO				CON EMULSIÓN (5%) INMERSIÓN			
		Densidad	**CBR**			**Densidad**	**CBR**	
M	3	**1755,2**	**89,5**	M	3	**1755,2**	**47,9**	53,53
M	2	**1792,4**	**115,3**	M	2	**1792,4**	**42,4**	36,76
M	1	**1787,6**	**104,8**	M	1	**1787,6**	**55,1**	52,58
		1778,4	103,2					47,62

CON EMULSIÓN (7%) SECO				CON EMULIÓN (7%) INMERSIÓN				
		Densidad	CBR			**Densidad**	**CBR**	
M	3	1669,2021	117,81467	M	3	**1669,2**	**70,0**	59,38
M	2	1691,9011	55,76413	M	2	**1691,9**	**66,3**	84,06
M	1	1723,8557	130,83123	M	1	**1723,9**	**63,9**	48,84
								64,09

RESULTADOS:

Después de haber realizado los CBR con diferentes porcentajes de emulsión realizando por cada porcentaje 6 moldes ensayando, 3 moldes en seco y 3 moldes sumergidos, como podemos observar los CBR en secos tienen un valor alto, pero una vez sumergido los moldes en el agua baja en el 5% a 47.62lb/pulg2 este valor es

mayor q sin emulsión pero no logra la resistencia adecuada para trabajar como sub-base, llegando a la conclusión de que el porcentaje óptimo de emulsión esta con 7% ya que con este tenemos un valor de CBR de 64,09lb/pulg2 y cumple con los establecido en la norma q tiene que tener una resistencia mayor a 50 para que trabaje como una buena sub-base, en el 9% baja la resistencia lo que nos corrobora cual es el porcentaje que se debe utilizar.

Conclusiones

- En base a los resultados obtenidos se puede indicar que se ha podido mejorar las características resistentes y de durabilidad del material utilizado para base o sub-base con una composición óptima entre un 7% a 9% de emulsión asfáltica.

- La emulsión asfáltica empleada para el mejoramiento de los materiales granulares está compuesta por un 65% de Asfalto AC 20; un 34.30% de agua y un 0.70% de emulsificantes ASFIER 121 la misma que según la prueba de laboratorio ofreció excelentes resultados en la estabilidad de los materiales granulares.

- Con la aplicación de un diseño de GRAVAEMULSIÓN permite disminuir el costo de habilitación de vía aproximadamente en un 25% y los costos de mantenimiento hasta un 60%.

- La utilización de diseños con mejoramiento de materiales con adición de emulsión asfáltica protege el medio ambiente ya que permite la utilización de asfalto sin la necesidad de quema de combustible en el lugar de la obra.

Recomendaciones

- Es necesario que se realicen los respectivos ensayos de laboratorio para tener en claro las características del material que estamos utilizando para lograr una composición optima que permita mejorar la resistencia y durabilidad del material.

- La emulsión asfáltica debe tener la normativa de esta investigación: compuesta por un 65% de Asfalto AC 20; un 34.30% de agua y un0.70% de emulsificantes ASFIER 121.

- Es imprescindible realizar las gestiones necesarias a fin de optimizar el presupuesto de la obra pública para que se puedan considerar mayor número de vías para su habilitación para lo cual se recomienda la aplicación del diseño de GRAVAEMULSION.

- El mantenimiento de las vías deben realizarse de manera continua y rutinaria para optimizar recursos económicos en la recuperación del nivel de servicio inicial de las vías.

- Se debe tratar en lo posible de disminuir el impacto ambiental al momento de realizar la habilitación de vías.

ANEXOS

Trasportación del material pétreo de la cantera URUZCA a los patios de la universidad técnica de Manabí.

Obteniendo la humedad natural de material de mejoramiento

Tamizado del material del agregado grueso.

Tamizado del material de mejoramiento granulometría fina.

Lavado del material de granulometría fina.

Capsula de casa grande para la elaboración del límite plástico.

Elaboración de los bastones para obtención limites líquido y el índice de plasticidad.

Clasificación del material mejoramiento para realizar el ensayo de proctor modificado.

Compactación del material con 56 golpes x cada capas de 5.

Enrazado del molde de proctor después de la compactación.

Peso del molde más muestra húmeda.

Se destruyen los molde con el material para recoger en taras muestras.

Obtención de muestras húmeda para ser insertadas al horno y calcular una humedad óptima

Preparación del material para la elaboración del ensayo de CBR sin emulsión.

Compactación de las capas con 61, 27 y 11 golpes.

Muestras en taras del material para ingresar al horno a temperaturas de 110°c.

Inmersión de los moldes de CBR a la piscina y colocación del trípode con el dial encima del molde para la lectura inicial.

Después de sacar los moldes del agua realizamos el ensayo de penetración.

Colocación de la emulsión asfáltica al material para la realización del CBR con emulsión del 5,7 y 9%.

Compactación del CBR modificado con 61 golpes con emulsión asfáltica.

Moldes compactados para ingresar al horno.

Moldes ingresados al horno con sus respectivas muestras.

Moldes de CBR con emulsión en inmersión.

Ensayo de Penetración en la maquina Marshall.

Referencias

Caminos y senderos en el jardin. s.f. http://dstudio.es/blog/caminos-y-senderos-en-el-jardin.

Como hacer un sendero de losas. s.f. http://www.arqhys.com/construccion/como-hacer-sendero.html.

Contributor, Ehow. *Cómo diseñar el jardin con caminos de piedras y adoquines.* s.f. http://www.ehowenespanol.com/disenar-jardin-caminos-piedras-adoquines-como_131333/.

Ingeniería de tránsito-CI53G. Diseño zonas peatonales. s.f. http://www.cec.uchile.cl/~ci53g/clase24_diseno_zonas.pdf.

Jerez Castillo, Sandra Milena, y Ligia Pilar Torres Cely. *Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana.* s.f. http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/manual-diseno-infraestructura-peatonal-urbana/manual-diseno-infraestructura-peatonal-urbana.pdf.

Sendero. 6 de Febrero de 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Sendero.

Bibliografía

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES. (2002). SECCION 303. EXCAVACION Y RELLENO. En M. D. PUBLICAS, *MOP - 001-F 2002* (págs. III-15). QUITO.

NATALIA KATHERINNE CERDA OPAZO. (2012). *Metodología piloto para la clasificación de senderos en.* VALDIVIA: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE.

YOLANDA CAROLINA MOYA OPAZO. (2011). *"ANALISIS TECNICO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE ACCESOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EDIFICIOS DEL CAMPUS MIRAFLORES DE LA UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE".* CHILE.

Ana María Cabezas Cabezas . (2010). *Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de "BENEFICIO - COSTO DE RELLENOS FLUIDOS Y RELLENOS DE.* Quito.

Antonio Turmo; Adolfo Bállega; Imanol Goikoetxea; Jesús Martínez ; Teresa Moreno ; José María Nasarre. (2004). *MANUAL DE SENDEROS.* ZARAGOZA: Prames, S.A (3RA EDICION) .

Comisión Nacional del Medio Ambiente, Consultoría e Ingeniería Ambiental. (2002). *MANUAL TÉCNICO DE ESTÁNDARES Y RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTECIÓN DEL SENDERO DE CHILE.* SANTIAGO DE CHILE.

COORPORACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD. (s.f.). *ESPECIFICACIONES TECNICAS OBRAS CIVILES.*

INGENIERIA CIVIL. (ABRIL de 2010). Obtenido de COLOCACION DE RELLENO COMPACTADO: http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/04/relleno-compactado.html

Instituto para la Conservacion de Ecosistemas Acuaticos. (2 de Diciembre de 2013). Obtenido de Senderos Interpretativos: http://www.biobol.org/index.php/ecoturismo/2-senderos-interpretativos

Javier A. Melendo Soler; Nieves Arbonés Cobos; Luís Cancer Pomar; Pilar Maza Rodríguez; Fernando Lampre Vitaller. (2002). *Manual de técnicas de*

montaña e interpretación de la naturaleza primera edicion . Barcelon: Editorial Paidotribo.

HERNANDEZ, G, Mechanical Properties of Asphalt Modified.

Larry Lechner. (2004). *Planificación, Construcción y Mantenimiento de Senderos en Áreas Protegidas* . Colorado, USA: Red Rose Press, Fort Collins.

MINISTERIO DE PLANIFICACION. (2010). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. En *Medidas de Accesibilidad.* CHILE.

Prett Weber Pamela. (2002). *diseño accesible - construir para todos.* Chile: primera edision.

SANZ, Julián, (1994), Innovaciones en las Emulsiones Asfálticas, México.

RELLENOS Y COMPACTACIONES. (s.f.). *CONSTRUMATICA.*