

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniería Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

“RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS”

AUTOR:

Ángel Arcángel Patín Patín

TUTOR:


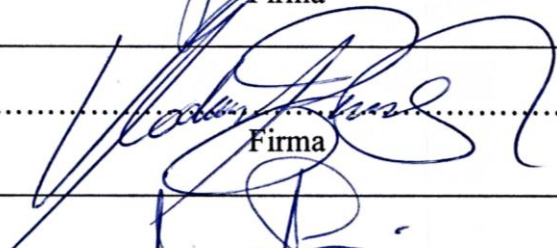

Ing. Jorge Nuñez, MSC.

RIOBAMBA – ECUADOR

AÑO 2018

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS” presentado por Ángel Arcángel Patín Patín y dirigida por: Ing. Jorge Núñez, MSC. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

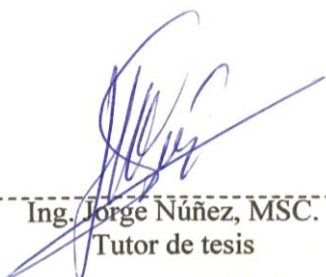
Ing. Jorge Núñez Director del Proyecto	 Firma
Ing. Bladimir Pazmiño Miembro del Tribunal	 Firma
Ing. Iván Ríos Miembro del Tribunal	 Firma

Para constancia de lo expuesto firman:

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Jorge Nuñez, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al estudiante Ángel Arcángel Patín Patín para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



Ing. Jorge Nuñez, MSC.
Tutor de tesis

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Ángel Arcángel Patín Patín e Ing. Jorge Nuñez; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo



Sr. Angel Arcángel Patín Patín
C.I. 020207063-7

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios mi fiel compañero, por guiarme en la vida, por la salud, por cuidarme en cada paso que doy, por darme sabiduría y fortaleza, para culminar con esta etapa de mi vida, a mis padres Feliciano y María Juana por su guía, consejos, apoyo, sustento y cariño incondicional. Y a mis familiares y amigos que de una u otra manera formaron parte de este proceso.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, por permitirme formarme como profesional. A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias, en especial al Ing. Jorge Núñez MCS., por el aporte al desarrollo de esta investigación.

Ángel Arcángel Patín Patín

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mí amada madre, María Juana Patín, por confiar en mis capacidades, y luchar día a día para darme la oportunidad de tener la educación superior que ahora tengo.

A mi padre, Feliciano Patín, por su amor y consejos que me han servido para ser un hombre de bien.

En fin, a toda mi familia, por hacerme sentir como un ser amado, y darme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

Ángel Arcángel Patín Patín

ÍNDICE

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
RESUMEN	IV
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. MARCO TEÓRICO	4
4. METODOLOGÍA	11
4.1. Tipo de estudio.....	12
4.2. Procedimientos	12
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
5.1. RESULTADOS	14
5.2. DISCUSIÓN	23
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
6.1. CONCLUSIONES	26
6.2. RECOMENDACIONES.....	27
7. BIBLIOGRAFÍA	28
8. ANEXO	29
8.1. Anexo 1: Ubicación de la zona de toma de muestra.....	30
8.2. Anexo 2: Ensayo de Análisis granulométrico.	32
8.3. Anexo 3: Ensayos de compactación de suelo mediante el Proctor estándar en suelo natural.	37
8.4. Anexo 4: Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) del suelo que se utilizó en la investigación.	42
8.5. Anexo 5: Ensayos de compactación empleando el % óptimo de aceite quemado, que se utilizara en la estabilización del suelo arena limosa.....	59
8.6. Anexo 6: Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) realizando la mezcla entre el suelo arena limosa y aceite quemado.....	64
8.7. Anexo 7: Secuencia fotográfica.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Esquema de metodología de trabajo.....	11
Figura No. 2: Ensayo de análisis granulométrico, suelo natural (muestra 1).....	15
Figura No. 3: Ensayo de Compactación con Proctor estándar.	17
Figura No. 4: Curva de compactación con Proctor Estándar (muestra 1).	19
Figura No. 5: Valor del C.B.R. en suelo natural (muestra 1).	19
Figura No. 6. Valor máxima densidad del suelo arena limosa vs. máxima densidad (arena limosa + aceite quemado).	24
Figura No. 7. Valor de C.B.R. del suelo arena limosa vs. Valor de C.B.R. (suelo arena limosa + aceite quemado).	25
Figura No. 8: Ubicación de las tomas de muestras.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Suelos según S.U.C.S.....	6
Tabla 2. Sistema de clasificación AASHTO.....	7
Tabla 3. Ensayos previos que se realizó en el presente trabajo de investigación	8
Tabla 4. Resumen de los ensayos de análisis granulométrico, suelo natural.....	16
Tabla 5. Clasificación de suelos de las muestras utilizado en la investigación	17
Tabla 6. Valores de máxima densidad y óptima humedad del suelo que se utiliza en la investigación.	17
Tabla 7. Valor del C.B.R. al 95% del suelo arena limosa.....	19
Tabla 8. Valores de máxima densidad y % optimo del aceite quemado.....	20
Tabla 9. Valor del C.B.R. al 95% (suelo arena limosa + aceite quemado	21
Tabla 10. Resumen de resultados de ensayo de compactación con Proctor estándar	21
Tabla 11. Resumen de resultados del ensayo de C.B.R.	22
Tabla 12. Valor de la máxima densidad del suelo arena limosa vs. máxima densidad (suelo arena limosa + aceite quemado).....	23
Tabla 13. Valor de C.B.R. del suelo arena limosa vs. Valor de C.B.R. (suelo arena limosa +aceite quemado).....	24
Tabla 14. Coordenadas de las calicatas.....	31

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, es de tipo experimental, en el cual se realizaron varios ensayos en el laboratorio de suelos como; el ensayo de clasificación de suelos, el ensayo de compactación (Proctor estándar) y el ensayo de C.B.R. de laboratorio. Para lo cual se usó el aceite quemado producido por los automotores, con el cual se realizó una mezcla con el suelo arena limosa.

El suelo arenoso no es recomendable utilizar, como capa sub-rasante en las construcciones de las carreteras, porque hay que reemplazar por materiales de mejor calidad. Este tipo de trabajo con lleva alta inversión. La presente investigación tiene como objetivo utilizar nuevas alternativas para mejorar el suelo arenoso y de esta manera eliminar la opción de reemplazar el material y reducir los costos en la construcción vial.

Los resultados obtenidos, mediante el trabajo de investigación corresponden a la determinación del porcentaje adecuado del aceite quemado, que se utilizara en la estabilización del suelo arena limosa y así mejorar sus propiedades mecánicas.

Palabras claves:

Aceite quemado, ensayo de C.B.R. de laboratorio, Ensayo de compactación (Proctor estándar), ensayo de clasificación de suelos.

ABSTRACT

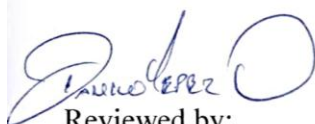
This work of investigation, is of experimental type, in which they realized several tests in the laboratory of soils like; the soil classification test, the compaction test (Standard Proctor) and the C.B.R. from laboratory. For which the burnt oil produced by the vehicles was used, with which a mixture with the soil silty sand was made.

The sandy soil is not advisable to use, as a sub-grade layer in the construction of the roads, because it has to be replaced by better quality materials. This type of work with leads high investment. The present investigation has as objective to use new alternatives to improve the sandy soil and in this way eliminate the option of replacing the material and reducing the costs in the road construction.

The results obtained through the research work correspond to the determination of the adequate percentage of the burned oil, which will be used in the stabilization of the silty sand soil and thus improve its mechanical properties.

Keywords:

Burned oil, C.B.R. of laboratory, Test of compaction (Proctor standard), test of classification of soils.



Reviewed by:
Danilo Yépez O.
English professor UNACH.



1. INTRODUCCIÓN.

En el mundo se han desarrollado varios métodos sobre la estabilización de suelos en carreteras primarias y secundarias o agrícolas, según las características de los materiales de construcciones locales se puede estabilizar con material granular que se sabe desde tiempos muy antiguos, la mezclas de suelo con cemento estudiado en “Filadelfia entre los años 1914 y 1920 por el ingeniero Joseph Amies y posteriormente utilizado en Inglaterra”, estabilización con emulsiones asfálticas, con cal, desarrollados durante la primera mitad del siglo XX. Pero recientemente la estabilización electroquímica (con agente químico) por regado o inyección, surge a partir de mediados de la década de los setenta, situación por la que se cuenta con poca literatura sobre el tema, más aún cuando se está tratando sobre elementos abstractos como son el agua pelicular, la capilaridad, la densidad, la capacidad portante y el intercambio iónico. (Toro Hu, 2007)

En España hace más de 50 años se utiliza la estabilización de suelos en la construcción de carreteras, al principio se utilizó la estabilización de suelos en caminos agrícolas. Al término del siglo XX se empezaron a utilizar en la construcción de carreteras, aeropuertos, los resultados que se obtuvo en España fueron muy buenos, donde empezaron a mejorar y desarrollar metodologías y equipos de construcción adecuados para la construcción de obras viales con materiales estabilizados. Normativas pruebas y ensayos se incorporaron y desarrollaron para el control de estas obras. (Atienza, 2008)

Esta situación ha planteado a los ingenieros viales un desafío: la investigación y propuestas de nuevas técnicas que permitan una utilización más racional de los recursos locales disponibles para el mejoramiento, construcción de carreteras. En respuesta a este desafío, la estabilización de suelos de mala calidad que no cumplen con los requerimientos para su utilización como material de construcción en obras viales surge como una solución

adecuada técnica y económicamente. Es el caso de la estabilización electroquímica cuya aplicación proporciona a materiales de mala calidad como suelos arenosos y arcillosos, las condiciones aceptables de impermeabilidad, capacidad de soporte, y durabilidad para la construcción de carreteras en general. (Fernandez Loaiza, 2000)

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental, donde se realizó varios ensayos de laboratorio mezclando el aceite quemado con un suelo arena limosa, y así obtener el porcentaje adecuado para mejorar sus características mecánicas.

El suelo arenoso que se analizo tiene sus propias propiedades mecánicas pero muchas veces las mismas no son recomendables para usar como capa sub-rasante en la estructura del pavimento, es por esto que se la mejorará mezclando con el aceite quemado y así poder estabilizarla y que sea apto para usarse como capa sub-rasante en la construcción de vías.

¿Qué porcentaje de aceite quemado es óptimo para usar en la estabilización del suelo arenoso?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el porcentaje óptimo requerido del aceite quemado para la estabilización del suelo arenoso.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar el aceite quemado producido por los vehículos para la estabilización de un suelo arenoso mejorando sus características físicas y mecánicas.
- Realizar las mezclas del suelo arenoso con aceite quemado, con diferentes proporciones o porcentaje y así obtener las densidades máximas para verificar las compactaciones.
- Comparar los datos obtenidos a través de tablas y gráficos y ver las variaciones de los resultados del Proctor estándar y el ensayo de C.B.R. (relación de soporte de california)

3. MARCO TEÓRICO

El área terrenal contiene una gran variabilidad y complejidad de los suelos. Debido a este hecho y a sus diversas utilidades, el ingeniero tiene grandes oportunidades para desarrollar sus habilidades, utilizando a los suelos como un material de construcción o mejoramiento de carreteras. (Toro Hu, 2007)

“La estabilización de suelos es una técnica cuyo fin es modificar sus características mediante la incorporación de un conglomerante (normalmente cal y/o cemento) para permitir su aprovechamiento.” (IECA, 2008)

La estabilización mecánica, en la cual el proceso más utilizado es el de compactación. La estabilización con conglomerantes, generalmente se los realiza con la adición de cal y cemento o ambos con el suelo, dosificando los conglomerantes en porcentajes con respecto al peso seco del suelo. La estabilización con cal y cemento se desarrolla a través del tiempo. (Castillo Parra, 2017)

El suelo está representado por símbolos de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

a) Gravas y suelos en que predominen estas. Símbolo genérico G (Gravel).

b) Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (Sand).

Las gravas y las arenas se separan con la malla No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla No. 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario. (Armijo Lucio, 2010)

- Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del sueco Mo y Mala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GS y

SM. (Armijo Lucio, 2010)

Grupos GM y SM

En estos grupos el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo de deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa; en la práctica se ha visto que esto ocurre para porcentajes de finos superiores al 12%, en peso, por lo que esa cantidad se toma como frontera inferior de dicho contenido de partículas finas.

La plasticidad de los finos en estos grupos varía entre "nula" y "media"; es decir, es requisito que los límites de plasticidad localicen a la fracción que pase la malla No. 40 abajo de la Línea A, o bien que su índice de plasticidad sea menor que 4. (Armijo Lucio, 2010)

Tabla 1. Clasificación de Suelos según S.U.C.S

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)
INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW. LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. $C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	
			u		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla		
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW	
	SP			Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas		* d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			u		
	SC		Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
		CL		Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS. POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.

* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFIO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFIO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Fuente: MECÁNICA DE SUELOS, Juárez Badillo, Tomo II.

Tabla 2. Sistema de clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES ($\leq 35\%$ PASA TAMIZ N°200)						SUELOS FINOS ($> 35\%$ Bajo TAMIZ N°200)				
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
TAMIZ N°10	≤ 50										A-7-6
TAMIZ N°40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
TAMIZ N°200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36			
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arenas Finas	Gravas y Arena, Limosa y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
EXCELENTE -BUENO						REGULAR - MALO					

Fuente: MANUAL DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS, Xavier Armijo.

En términos sencillos: aceite usado es exactamente lo que su nombre implica, cualquier aceite proveniente de petróleo crudo o sintético que haya sido utilizado. Durante el uso normal del aceite, pueden mezclarse con éste impurezas tales como tierra, partículas de metal, agua, y productos químicos que afecten a la larga el rendimiento de dicho aceite. Tarde o temprano éste debe ser reemplazado con aceite virgen o vuelto a refinar para que pueda continuar realizando su función. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1996)

El aceite quemado es todo aquel que se ha vuelto inadecuado para el uso que fue asignado inicialmente, donde la mismas al cumplir su vida útil como aceite, forma parte de un material de reciclado, pero muy contaminante para el medio ambiente, es por lo cual en este proyecto de investigación se utilizara el aceite quemado como un tipo de aditivo ya que el costo no tendrá mucho valor económicamente en comparación con otros materiales utilizados para la estabilización de suelos.

Existen varias definiciones para la compactación de los suelos:

“la compactación de los suelos es el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos” (Badillo & Rodriguez, 2005, pág. 575) ; “la compactación como la densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere energía mecánica” (Bragas M, 1998, pág. 51) ; “la compactación es el proceso en el cual el volumen de una masa

de suelo formado por partículas sólidas, aire y agua es reducida por aplicación momentánea de cargas aplicadas con rodillos, golpes o vibración” (Winterkon & Yang, 1985)

La humedad previamente determinada en el laboratorio de suelos, se llama "humedad óptima" y la densidad obtenida se conoce con el nombre de "densidad máxima". Para tener una idea más clara acerca de la importancia y necesidad de una compactación adecuada, indicaremos la teoría, así como los métodos que se emplean para determinar la" humedad óptima" y "densidad máxima" de un suelo. (Badillo & Rodriguez, 2005)

El objetivo del ensayo de C.B.R es establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases, subbase y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, determinando la relación entre el valor de C.B.R. y la densidad seca que se alcanza en el campo. El ensayo de C.B.R. mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. (Copado & Beltrán, 2011)

En la Tabla 3, se relacionan los ensayos previos comunes que se deben realizar sobre los suelos a ser estabilizados y normas.

Tabla 3.Ensayos previos que se realizó en el presente trabajo de investigación

Ensayo	Norma
Análisis granulométrico de suelos por tamizado	ASTM D 422 - AASHTO T 88
Ensayo de compactación (Proctor estándar)	AASHTO T 99 - 74 (METODO A)
Ensayo para determinar el C.B.R.	ASTM D 1883 y AASHTO T 193

Fuente: Propia, MOP-001-F 2002. Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes

Para establecer el porcentaje adecuado del aceite quemado en la estabilización del suelo arena limosa se lo debe hacer desde el punto de vista técnico y económico, por lo tanto, habrá que

modificar las propiedades del suelo hasta lo requerido según el tipo y la importancia del proyecto.

Cuando las cargas del tráfico se aplican a un subsuelo, el suelo no se deformará y se no se formará surcos si la capacidad portante del suelo excede las cargas aplicadas. La fuerza del suelo es una función de las características tales como su ángulo de fricción interna, su cohesión, y su grado de compactación. La mayoría de caminos y de sistemas de estacionamientos consisten en una o más capas de materiales de relleno de buena calidad, puestos y compactados en el sitio. Los materiales de relleno permiten que el sistema soporte las cargas de tráfico que el subsuelo, por sí mismo, no podría soportar. La función de capas del material de relleno es distribuir las cargas aplicadas sobre un área mayor, de tal modo que reduzca la presión (carga dividida por el área), que se transfiere al subsuelo. El material de relleno tiene la capacidad de distribuir las cargas porque las partículas de agregado individuales se traban entre sí. Las cargas aplicadas se transmiten a través del material de relleno como fuerzas verticales y horizontales. (Geo Products, LLC, 2010)

Si las fuerzas horizontales (laterales) empujan el material de relleno lateralmente, causan su desplazamiento, dando por resultado una capa más fina, menos capaz de resistir cargas adicionales lo cual conduce a su falla. Incluso un material de relleno de buena calidad, con buena capacidad de soporte y cohesión interna particular, puede ser forzado para moverse lateralmente. Un subsuelo de mala calidad, en el contacto con el material de base, no proporciona la fricción requerida en la interfaz para detener el movimiento interarticular. (Geo Products, LLC, 2010)

El cimient o fundación en carreteras se puede definir como las capas que se encuentran debajo de la estructura de pavimentos o firmes, la explanada es la cara superior del cimiento sobre esta se apoyan las capas de la estructura de pavimentos. Las cargas de tráfico especialmente las verticales producen un estado tenso deformacional que decrece con la

profundidad, la mayor parte de estos esfuerzos son absorbidos por la estructura de pavimentos, los esfuerzos restantes son absorbidos por el cimiento de la estructura y la capa que juega el rol más importante en el cimiento es la superior, por tal motivo esta capa superior o subrasante se forma con suelos de mejoramiento o por los existentes estabilizados. (Castillo Parra, 2017)

Las capas de asiento constituyen así una transición entre el terreno natural y el firme con un doble objetivo:

- A largo plazo, es decir con el firme en servicio tiene una importante función estructural, así como homogenizar el apoyo y aumentar la capacidad del soporte del cimiento y también insensibilizarlo con respecto a la humedad, bien por la aportación de suelos granulares o por la estabilización con cal.

En resumen, se desea obtener una estabilidad adecuada en obra para un buen servicio, con unas incorrecciones aceptables. En particular hay que impedir los cambios de volumen.

Casi en la mayoría en la traza de suelos naturales que tengan las características requeridas, por lo que, si la explanada ha de tener una capacidad de soporte suficiente, es necesario al menos mejorarla del modo antes mencionado. (Atienza, 2008)

4. METODOLOGÍA

El siguiente trabajo de investigación se realizará según se muestra en el esquema grafico donde se ha desarrollado de la manera general el proceso.

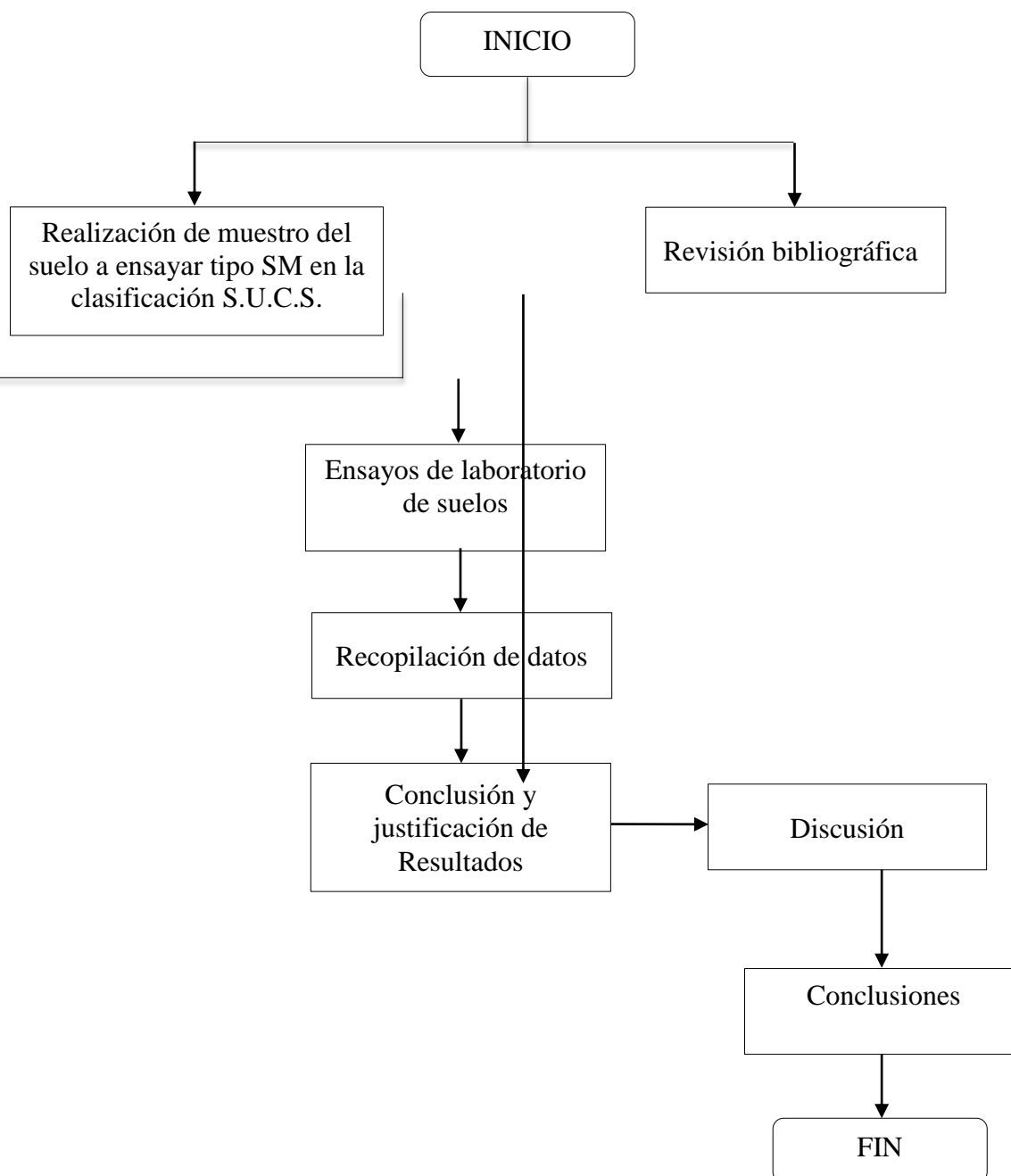


Figura No. 1: Esquema de metodología de trabajo.

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Debido a que no todos los suelos se comportan de la misma manera esto influye en su comportamiento al momento de ser compactado, el trabajo de investigación tiene como finalidad llegar a conocer el comportamiento de un suelo arena limosa al ser mezclado con el aceite quemado siendo estos compactados con diferentes porcentajes, con el propósito de mejorar la curva de compactación.

4.1. Tipo de estudio

El presente estudio es: experimental por lo que, se realiza ensayos en el laboratorio de suelos donde se mezcla el aceite quemado con el suelo arena limosa para así determinar el porcentaje adecuado de aceite quemado que se utilizara para estabilizar el suelo arena limosa.

4.2. Procedimientos

Para la realización del presente trabajo de investigación se procederá a realizar:

- Identificación manual visual del suelo en estudio y recopilación de muestras.
- Realización de muestro del suelo a ensayar.

Se realizo muestreo del suelo a ensayar mediante la realización de calicatas donde las mismas se identificará la ubicación con sus respectivas coordenadas (ver Anexo 1.) de las zonas de donde se tomó las muestras para los respectivos ensayos.

- Ensayos de análisis granulométrico

Para la elaboración de este ensayo se apoyó en las “Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88”. Y esto permitió determinar el tipo de suelo que se utilizó en la investigación.

Esta norma detalla el método para establecer los porcentajes de suelo que pasan por los diferentes tamices de la serie utilizada en el ensayo, hasta el de 0.075 mm (N° 200).

- Ensayos de Compactación con el Proctor estándar.

Para realizar este tipo de ensayo se apoyó en la “Norma AASHTO T 99”, con el fin de obtener la humedad óptima del agua y la densidad máxima del suelo arena limosa. Este ensayo contiene los procesos de compactación usados en Laboratorio, para determinarse la comparación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 5,5 lbf (24,4 N) que cae de una altura de 12 pulgadas (305 mm), produciendo un Energía de compactación de 12 400 lb-pie/pie³ (600 kN-m/m³). Donde se utilizará el método A

- El ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

Para la ejecución de este ensayo se apoyo en las “Normas ASTM D 1883 y AASHTO T 193”, con el propósito de determinar el índice de resistencia de los suelos donde es mencionado como el valor de la relación de soporte, que es muy conocido como C.B.R. (California Bearing Ratio).

El ensayo se elabora normalmente sobre un suelo preparado en el laboratorio de mecánica de suelos.

- Recopilación de datos
- Conclusión y justificación de Resultados

Las conclusiones y discusión se realizarán al finalizar la investigación, de acuerdo a cada uno de los resultados obtenidos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS

Los ensayos que se utilizaron para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos arenosos de la sub-rasante serán sometidos a los siguientes procesos:

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado (Norma, ASTM D 422 - AASHTO T 88)
- Ensayo de compactación de suelos en laboratorio (Proctor estándar) (Norma, AASHTO T 99).
- El ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) (Norma, ASTM D 1883 y AASHTO T 193).

La clasificación del suelo se la realizó por los métodos de clasificación de la “AASHTO y S.U.C.S.”.

Caracterización del suelo.

Ensayo de Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

El resultado de la distribución granulométrica del suelo sin tratar, realizado mediante las “normas ASTM D 422 y AASHTO T 88”, los resultados ver en la Figura 2. y en el Anexo 2.

TAMIZ N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO
GRANULOMETRIA SERIE GRUESA					
3"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
N° 4					
PASA N° 4					
SERIE FINA					
N° 4					
8					
10		7	1	99	
16					
20					
30					
40		80	14	86	
50					
60					
100					
200		480	82	18	
PASA N° 200		102	18		
TOTAL	582				

PESO INICIAL HUMEDO 600 gr.
 PESO INICIAL SECO 582 gr.

Figura No. 2: Ensayo de análisis granulométrico, suelo natural (muestra 1).

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Los resultados finales del ensayo granulométrico se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de los ensayos de análisis granulométrico, suelo natural.

CALICATAS	TIPO DE MATERIAL	Ensayo de Análisis granulométrico	
		Retiene Tamiz No. 200 (%)	Pasa Tamiz No. 200
MUESTRA 1	SUB - RASANTE	82	18
MUESTRA 2	SUB - RASANTE	80	20
MUESTRA 3	SUB - RASANTE	83	17
MUESTRA 4	SUB - RASANTE	64	30

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Clasificación del suelo

Método AASHTO

Según la clasificación AASHTO el suelo que se empleó en la investigación fue clasificado como un A-2-4 (según la descripción es suelo arenas limosas), debido a que menos del 35% de sus partículas pasan el tamiz No. 200, su $IP \leq 10$, este suelo no tiene índice plasticidad.

Método S.U.C.S.

Según la clasificación SUCS el suelo que se usó en la investigación fue clasificado como un suelo tipo SM (arenas limosas, mezclas de arena y limo) donde el limo tiene un mínimo porcentaje en este suelo que se utiliza para la investigación. Ver Tabla 5

El suelo utilizado en esta investigación es un suelo arena limosa fue escogido por la razón que este tipo de sub-rasante es muy abundante en la ciudad de Riobamba y la accesibilidad para realizar el muestreo y es más económico en comparación con otro tipo de suelo como la arcilla ya que esta tenemos en abundancia en la parte del oriente y costa, pero es muy costosa realizar los muestreos.

Tabla 5. Clasificación de suelos de las muestras utilizado en la investigación

CALICATAS	TIPO DE MATERIAL	Índice de plasticidad	Tipo de suelos según la clasificación S.U.C.S.
MUESTRA 1	SUB - RASANTE	no tiene plasticidad	SM
MUESTRA 2	SUB - RASANTE	no tiene plasticidad	SM
MUESTRA 3	SUB - RASANTE	no tiene plasticidad	SM
MUESTRA 4	SUB - RASANTE	no tiene plasticidad	SM

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Resultados de la determinación de la densidad seca máxima (ρ_d max) y humedad óptima.

Se realizó ensayos de compactación con Proctor estándar en muestras de suelo natural a temperatura ambiente, ver Figura No. 3.



Figura No. 3: Ensayo de Compactación con Proctor estándar.

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Una vez realizado los ensayos de compactación de suelo mediante el Proctor estándar se obtuvo los siguientes resultados como se indica en la Tabla 6. Los cálculos de los ensayos se encuentran en el Anexo 3.

Tabla 6. Valores de máxima densidad y óptima humedad del suelo que se utiliza en la investigación.

CALICATAS	TIPO DE SUELO	ENSAYO DE COMPACTACIÓN - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)	
		Máxima densidad (kg/m3)	Optima humedad (%)
MUESTRA 1	suelo arena limosa	1504,00	8,00
MUESTRA 2	suelo arena limosa	1531,00	7,00
MUESTRA 3	suelo arena limosa	1530,00	8,80
MUESTRA 4	suelo arena limosa	1548,00	7,70
PROMEDIO		1528,25	7,88

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Se realizo los ensayos con estas muestras y se observó:

Que al realizar el ensayo Proctor Estándar donde los suelos arena limosa soporta energía de compactación hasta humedades cercanas al 7,88 %, ensayado en estas condiciones el suelo arena limosa se obtuvo la curva de compactación que se muestra en la Figura No. 4. Lo que implica que en obra se podrá compactar el suelo a los porcentajes de humedades óptimas.

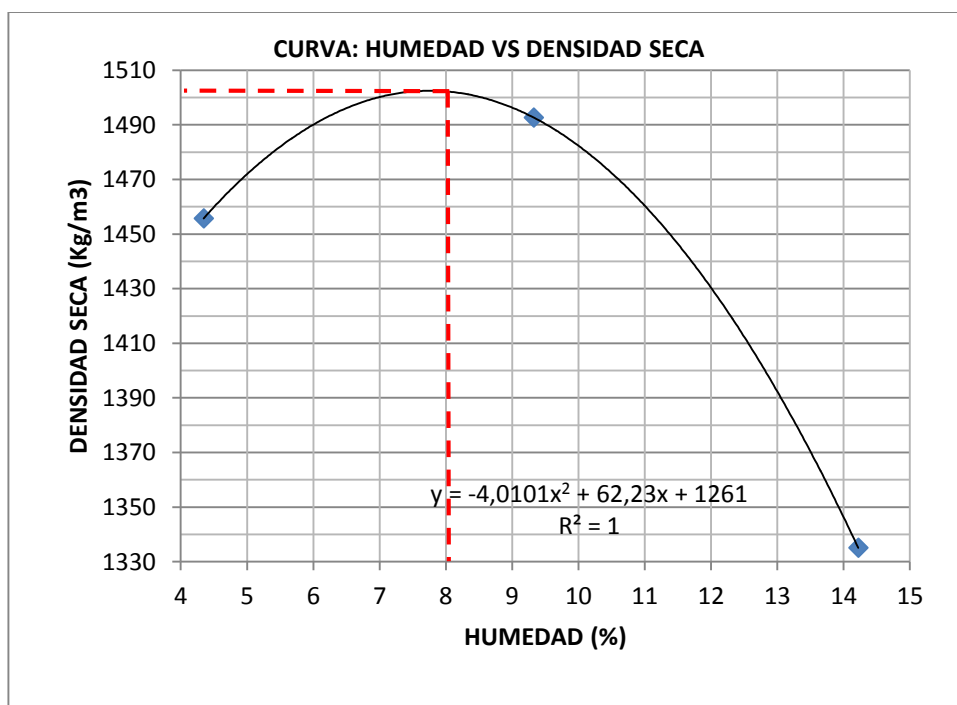


Figura No. 4: Curva de compactación con Proctor Estándar (muestra 1).

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Resultados del valor C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) del suelo que se utiliza en la investigación.

Para la determinación del C.B.R., se hicieron tres probetas con diferente energía de compactación, utilizando los datos de densidad seca máxima y humedad óptima ver Tabla No. 6. El valor de C.B.R. al 95% de la energía de compactación obtenido para los suelos arena limosa fue del 13,35 %, ver Figura No. 5 y Tabla 7. Los resultados del ensayo se los puede observar en el Anexo 4 donde se muestra los datos y cálculos.

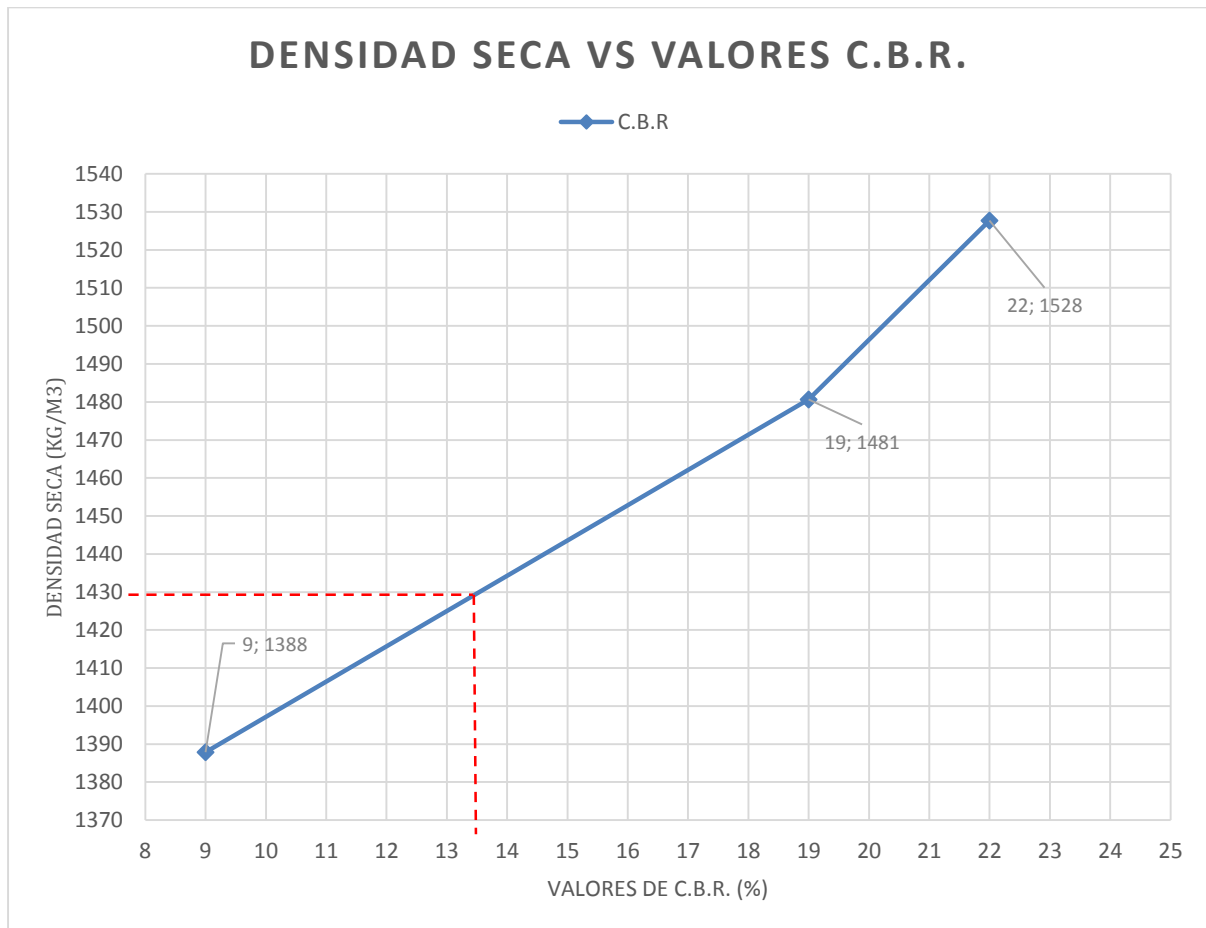


Figura No. 5: Valor del C.B.R. en suelo natural (muestra 1).

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Tabla 7. Valor del C.B.R. al 95% del suelo arena limosa

CALICATAS	TIPO DE SUELO	ENSAYO DE COMPACTACION - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)		Máxima densidad (kg/m ³) al 95%	ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) - ASTM D 1883 -07
		Máxima densidad (kg/m ³)	Optima humedad (%)		VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD
MUESTRA 1	suelo arena limosa	1504,00	8,00	1429,00	13,40%
MUESTRA 2	suelo arena limosa	1531,00	7,00	1454,00	14,80%
MUESTRA 3	suelo arena limosa	1530,00	8,80	1454,00	11,90%
MUESTRA 4	suelo arena limosa	1548,00	7,70	1471,00	13,30%
PROMEDIO		1528,25	7,88	1452,00	13,35%

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Resultados de los ensayos de laboratorio para la estabilización de un suelo arena limosa empleando aceite quemado.

Para la elaboración de los ensayos se dosificaron los porcentajes de aceite quemado respecto al peso seco del suelo arena limosa.

El comportamiento del suelo en la ejecución de los ensayos de Proctor hay un mejoramiento y una mejor compactación.

Según el análisis de los ensayos de laboratorio se busca obtener el porcentaje óptimo de aceite quemado que se utilizara para la estabilización del suelo arena limosa y así poder hacer la modelación del comportamiento del suelo en el sitio, donde se simulara las condiciones de trabajo que se tendría en obra.

Resultado de la densidad máxima y % óptimo de aceite quemado, que se utilizara en la estabilización del suelo arena limosa.

Se realizaron los ensayos de Proctor Estándar para cada muestra inicial donde se añadió el aceite quemado; los resultados obtenidos ver en la Tabla 8 y Anexo 5

Tabla 8. Valores de máxima densidad y % optimo del aceite quemado

CALICATAS	TIPO DE SUELO MAS LA MEZCLA	ENSAYO DE COMPACTACIÓN - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)
-----------	-----------------------------	--

		Máxima densidad (kg/m³)	% Optimo de Aceite quemado
MUESTRA 1	suelo arena limosa + aceite quemado	1753,00	10,50
MUESTRA 2	suelo arena limosa + aceite quemado	1740,00	10,00
MUESTRA 3	suelo arena limosa + aceite quemado	1699,00	10,40
MUESTRA 4	suelo arena limosa + aceite quemado	1788,00	11,20
	PROMEDIO	1745,00	10,53

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Para la determinación del C.B.R. se trabajó con las diferentes proporciones de aceite quemado, todas las muestras fueron sumergidas en agua durante 3 días para poder medir el esponjamiento y ver cómo actúa el material mezclado donde los resultados, se muestran en la Tabla 9 y Anexo 6

Tabla 9. Valor del C.B.R. al 95% (suelo arena limosa + aceite quemado)

CALICATAS	TIPO DE SUELO MAS LA MEZCLA	ENSAYO DE COMPACTACION - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)		Máxima densidad (kg/m ³) mezclado con aceite quemado al 95%	ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) - ASTM D 1883 -07
		Máxima densidad (kg/m ³) mezclado con aceite quemado	% Optima de Aceite quemado		VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD mezclado con aceite quemado
MUESTRA 1	suelo arena limosa + aceite quemado	1753,00	10,50	1665,00	21,00%
MUESTRA 2	suelo arena limosa + aceite quemado	1740,00	10,00	1653,00	20,00%
MUESTRA 3	suelo arena limosa + aceite quemado	1699,00	10,40	1614,00	20,20%
MUESTRA 4	suelo arena limosa + aceite quemado	1788,00	11,20	1699,00	19,50%
	PROMEDIO	1745,00	10,53	1657,75	20,18%

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de compactación con el Proctor

estándar del suelo natural y el suelo una vez realizado la mezcla con el aceite quemado.

ver **Tabla 10.**

Tabla 10. Resumen de resultados de ensayo de compactación con Proctor estándar

CALICATAS	TIPO DE SUELO	ENSAYO DE COMPACTACION - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)	TIPO DE SUELO MAS LA MEZCLA	ENSAYO DE COMPACTACION - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)
		Máxima densidad (kg/m3)		Máxima densidad (kg/m3) mezclado con aceite quemado
MUESTRA 1	suelo arena limosa	1504,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1753,00
MUESTRA 2	suelo arena limosa	1531,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1740,00
MUESTRA 3	suelo arena limosa	1530,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1699,00
MUESTRA 4	suelo arena limosa	1548,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1788,00
PROMEDIO		1528,25	PROMEDIO	1745,00

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) del suelo natural y el suelo una vez realizado la mezcla con el aceite quemado. Ver Tabla 11

Tabla 11. Resumen de resultados del ensayo de C.B.R.

CALICATAS	TIPO DE SUELO	ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) - ASTM D 1883 -07	TIPO DE SUELO MAS LA MEZCLA	ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) - ASTM D 1883 -07
		VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD		VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD mezclado con aceite quemado
MUESTRA 1	suelo arena limosa	13,40%	suelo arena limosa + aceite quemado	21,00%
MUESTRA 2	suelo arena limosa	14,80%	suelo arena limosa + aceite quemado	20,00%
MUESTRA 3	suelo arena limosa	11,90%	suelo arena limosa + aceite quemado	20,20%
MUESTRA 4	suelo arena limosa	13,30%	suelo arena limosa + aceite quemado	19,50%
PROMEDIO		13,35%	PROMEDIO	20,18%

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

5.2. DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue utilizar el aceite quemado producido por los vehículos en la estabilización de un suelo arenoso mejorando sus características físicas y mecánicas, para lo cual se realizó los diferentes tipos de ensayos de laboratorio de suelos donde se analizó y se discutirá a continuación los resultados obtenidos.

Ensayos de Compactación con el Proctor estándar.

El ensayo de compactación mediante el Proctor se realiza para poder mejorar el comportamiento mecánico del suelo sometiéndole a estos procesos y energías de compactación que resulten económicas para el tipo de obra civil a ejecutar.

Según los datos obtenidos, hay mejores resultados de compactación una vez realizado la mezcla de aceite quemado con el suelo arena limosa, donde esta se dosificó con respecto al peso seco del suelo arena limosa y así se obtuvo el porcentaje de aceite quemado óptimo y adecuado para la estabilización. Ver tabla 12 y Figura No.6

Tabla 12. Valor de la máxima densidad del suelo arena limosa vs. máxima densidad (suelo arena limosa + aceite quemado).

CALICATAS	TIPO DE SUELO	ENSAYO DE COMPACTACION - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)	TIPO DE SUELO MAS LA MEZCLA	ENSAYO DE COMPACTACION - AASHTO T 99 - 74 (METODO A)
		Máxima densidad (kg/m ³)		Máxima densidad (kg/m ³) mezclado con aceite quemado
MUESTRA 1	suelo arena limosa	1504,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1753,00
MUESTRA 2	suelo arena limosa	1531,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1740,00
MUESTRA 3	suelo arena limosa	1530,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1699,00
MUESTRA 4	suelo arena limosa	1548,00	suelo arena limosa + aceite quemado	1788,00

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

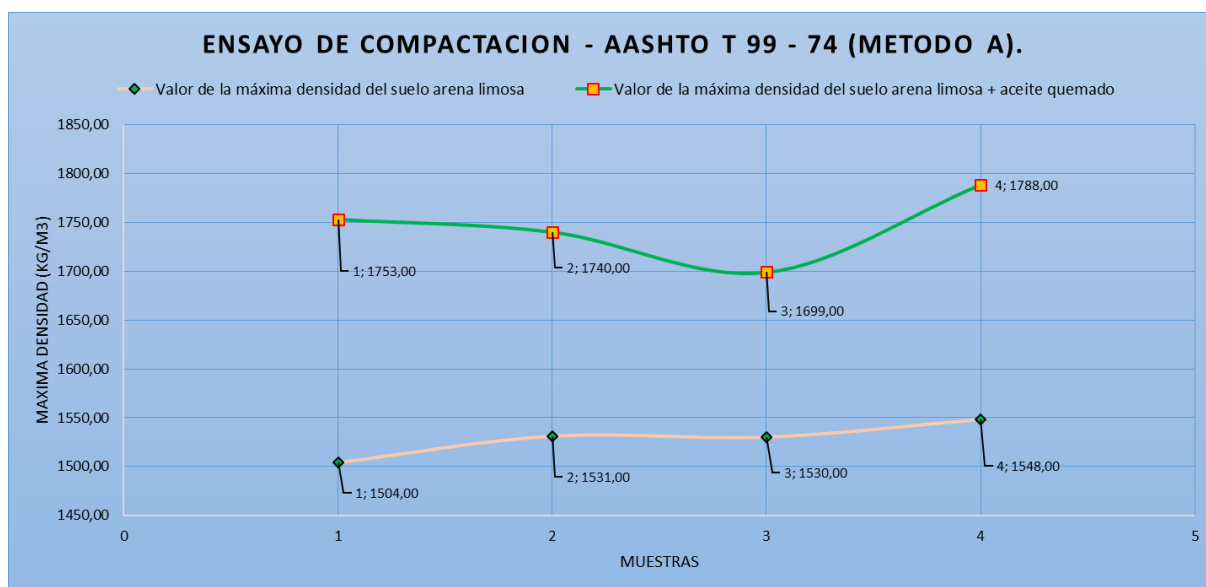


Figura No. 6. Valor máxima densidad del suelo arena limosa vs. máxima densidad (arena limosa + aceite quemado).

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

Variación del C.B.R., una vez realizada la mezcla de suelo arena limosa con aceite quemado.

El aumento del valor de C.B.R. con el suelo tratado es muy significativo, se observa que el aumento varía en función del porcentaje de aceite quemado añadida, este aumenta en el suelo tratado alrededor de 5 – 8 % de valor de C.B.R. ver tabla 13 y Figura No. 7

Tabla 13. Valor de C.B.R. del suelo arena limosa vs. Valor de C.B.R. (suelo arena limosa +aceite quemado).

CALICATAS	TIPO DE SUELO	ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) - ASTM D 1883 -07	TIPO DE SUELO MAS LA MEZCLA	ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) - ASTM D 1883 -07
		VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD		VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD mezclado con aceite quemado
MUESTRA 1	suelo arena limosa	13,40%	suelo arena limosa + aceite quemado	21,00%
MUESTRA 2	suelo arena limosa	14,80%	suelo arena limosa + aceite quemado	20,00%
MUESTRA 3	suelo arena limosa	11,90%	suelo arena limosa + aceite quemado	20,20%
MUESTRA 4	suelo arena limosa	13,30%	suelo arena limosa + aceite quemado	19,50%

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

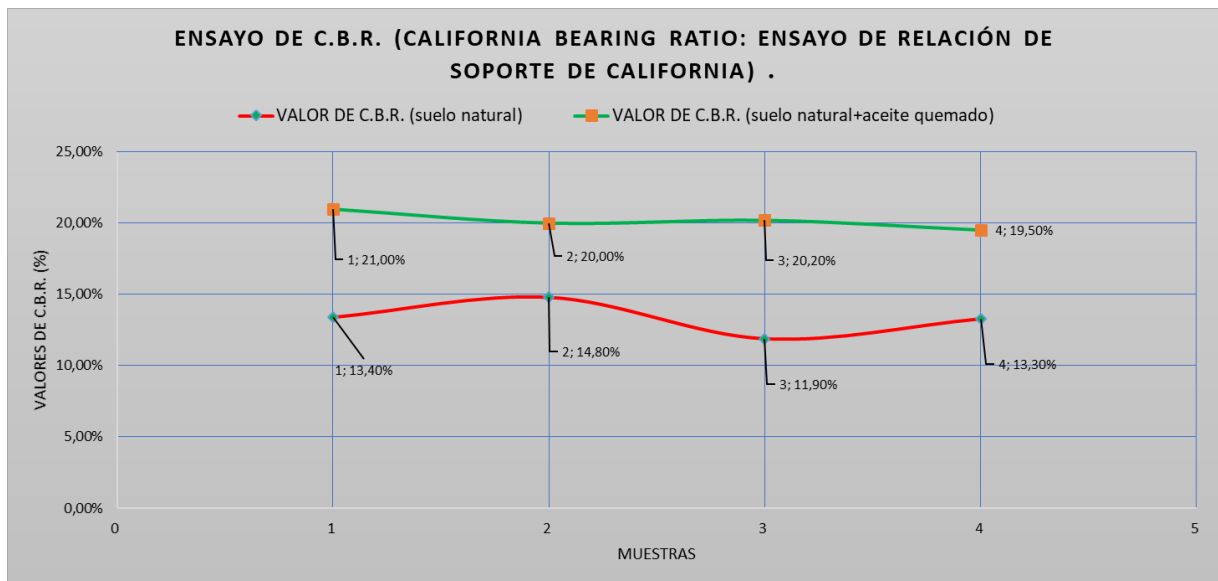


Figura No. 7. Valor de C.B.R. del suelo arena limosa vs. Valor de C.B.R. (suelo arena limosa + aceite quemado).

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de los diferentes tipos de ensayos para la estabilización de un suelo arena limosa empleando aceite quemado podemos concluir los siguiente:

- Mediante la realización del ensayo de compactación con el Proctor estándar se obtuvo un valor promedio de máxima densidad de 1528,25 Kg/m³ con una humedad optima de 7,88 %, del suelo natural de tipo SM (arena limosa). En donde se tomó las mismas muestras para realizar la mezcla entre el suelo natural + aceite quemado y se obtuvo un valor promedio de máxima densidad de 1745,00 Kg/m³ empleando un 10,53 % de aceite quemado que fue dosificado al peso seco de la muestra.
- Según el ensayo de compactación con Proctor estándar se obtuvieron las densidades máximas del suelo en estado natural y mezclado con aceite quemado se obtuvo un mayor valor de densidad máxima.
- Estas se dosificaron al peso seco de las muestras y se pudo obtener el porcentaje adecuado y óptimo del 10 a 11 % de aceite quemado que se utilizara para estabilizar el suelo arena limosa y así mejorar sus propiedades.
- Se obtuvo un valor promedio de C.B.R. 13,35 % al 95 % de su máxima densidad del suelo arena limosa. Tomando las mismas muestras se realizó la mezcla entre el suelo natural + aceite quemado y se obtuvo un valor de C.B.R. 20,18 % al 95 % de su máxima densidad.
- Con la mezcla de aceite quemado se obtuvieron un valor promedio de 6,83 % mayor de C.B.R. que el que se obtuvo con suelo natural.
- Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el aceite quemado puede ser utilizado como aditivo para mejorar las características del suelo arena limosa.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios a fin de determinar el número estructural del suelo estabilizado con aceite quemado a fin de utilizar este parámetro en el diseño de la estructura del pavimento.
- Se recomienda hacer estudios de estabilización con aceite quemado en otros tipos de suelos como las arcillas.
- Para la construcción de proyectos viales se debe hacer una revisión muy detenidamente del estudio de la estructura del pavimento en especial de la parte de sub-rasante ya que es la que va soportar todas las cargas transmitidas a través de la circulación vehicular, en especial en el suelo tipo arenosos es necesario hacerle un mejoramiento con material de remplazo donde la construcción de las vías aumentaría el costo. Es por lo cual se intervino realizando una investigación de tipo experimental para poder estabilizar el suelo arena limoso empleando aceite quemado, donde mediante ensayos de laboratorio se obtuvo resultados satisfactorios y se constató que se mejoró el comportamiento de la compactación y se aumentó el valor del C.B.R. de esta manera se economizará la construcción de la vía ya que no se necesitará hacerle el mejoramiento en la parte de la sub-rasante y se reduciría los espesores de la parte de la sub-base y base.
- El método constructivo que se utilizara en obra, para la realización de la mezcla de aceite quemado con el suelo arena limoso se hará mediante la escarificación para que así se pueda mezclarse y dar la compactación requerida utilizando equipos o maquinarias aptos para construcción vial.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Beltran, G. a. (2014). properties of pavements,. *Ingeniería e Investigación*, 16.
- Copado, J., & Beltrán, M. (2011, Diciembre). Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada. Obregón, Sonora, Colombia.
- Valle Rodas, R. (1998). *Carretera, calles y aeropistas*.
- Fernandez Loaiza, C. (2000). *Estructuración de vías terrestres*. Mexico: CONTINENTAL.
- Bragas M, D. (1998). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.
- Winterkon, H., & Yang, H. (1985). *Manual de la Ingeniería de la Fundación*.
- Toro Hu, G. D. (2007, febrero). Estabilización electroquímica de suelos para caminos agrícolas en la comunidad el chaquito (provincia Oropeza, departamento de Chuquisaca). *Estabilización electroquímica de suelos para caminos agrícolas en la comunidad el chaquito (provincia Oropeza, departamento de Chuquisaca)*, 62. Sucre, Bolivia.
- Fernández, C. (1996). *Mejoramiento y Estabilización de suelos*. México D.F, Mexico: LIMUSA.
- IECA. (2008). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO*. ESPAÑA.
- Badillo, J., & Rodriguez, R. (2005). *Mecánica de suelos* (Vol. 1). (G. N. Editores, Ed.) Mexico D.F., Mexico: Limusa S.A.
- Castillo Parra, B. F. (2017, Marzo). Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras. . *Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras.* , 169. Cuenca , Azuay, Ecuador.
- Atienza, M. (2008). *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. .
- Armijo Lucio, X. F. (2010). MANUAL DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. *MANUAL DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (1996, Noviembre). Manejando Aceite Usado. *EPA*, 4.
- Geo Products, LLC. (2010). Manual de Diseño Estabilización De Suelos. 18.

8. ANEXO

8.1. Anexo 1: Ubicación de la zona de toma de muestra.



Figura No. 8: Ubicación de las tomas de muestras

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

UBICACIÓN

CANTON RIOBAMBA – PARROQUIA LICAN – BARRIO DURAZNO PAMBA

C: TOMA DE CALICATAS

Tabla 14.Coordenadas de las calicatas

CALICATAS	ALTURA (snm)	COORDENADAS	
	(m)	NORTE (Y)	ESTE (X)
C1	2953	9818040	755823
C2	2958	9818108	755809
C3	2959	9818153	755749
C4	2965	9818268	755729

Elaborado por: Patín P. Ángel A.

8.2. Anexo 2: Ensayo de Análisis granulométrico.



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

CLASIFICACION DE SUELOS

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS		PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.50 METROS		LAB. Nº:	
SECTOR: CANTON RIOBAMBA		UBICACION: PARRQUIA LUCAN - CALLES DEL BARRIO DURAZNO PAMBA		ENSAYADO POR: Est. Angel Patin	
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 1 - SUB-RASANTE		YACIMIENTO: mayo - 2018		REVISADO POR: Ing. Paulina Salas	
MUESTRA Nº: No. 1 - SUB-RASANTE		FECHA DE ENSAYO:		FECHA DE INFORME: mayo - 2018	
TAMIZ	Nº	PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO
GRANULOMETRIA SERIE GRUESA					
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
3/8"					
Nº 4					
SERIE FINA					
Nº 4					
8					
10		7	1	99	
16					
20					
30					
40		80	14	86	
50					
60					
100		480	82	18	2.18
200		102	18		
PASA Nº 200		582			
			PESO INICIAL HUMEDO	600	gr.
			PESO INICIAL SECO	582	gr.
LP=					
LL=					
IP=					
Wp=					

CAPSULA Nº	Nº DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO CAPSULA	W % (PORCENTAJE DE HUMEDAD)
10A		66.80	65.40	19.20	3.03
3C		64.59	63.27	19.60	3.02

HUMEDAD NATURAL

LIMITE LIQUIDO					

LIMITE PLASTICO

HUMEDAD vs Nº DE GOLPES

Y-axis: 36, 34, 32, 10, 100
X-axis: 10, 100

NORMA : ASTM D 422 - AASHTO T 88



Los Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 09871 70820 - 032306621
 paulinasalas@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

CLASIFICACION DE SUELOS

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS	PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.50 METROS	LAB. Nº: 	ENGASTADO POR: Est. Angel Padin	REVISADO POR: Ing. Prudencia Salas
SECTOR: CANTON RIOBAMBA	UBICACION: PARROQUIA LILIAN - CALLES DEL BARRIO DURAZNO PAMBA	FECHA DE INFORME: mayo - 2018	FECHA DE INFORME: mayo - 2018	Nº % PORCENTAJE DE HUMEDAD
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 2 - SUB-RASANTE	YACIMIENTO: No. 2 - SUB-RASANTE	FECHA DE ENSAYO: 	FECHA DE INFORME: 	FECHA DE INFORME:
MUESTRA Nº: 	FECHA DE INFORME: 	FECHA DE INFORME: 	FECHA DE INFORME: 	FECHA DE INFORME:

TAMIZ	Nº	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO
GRANULOMETRIA SERIE GRUESA						
3"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"						
Nº 4						
PASA Nº 4						
SERIE FINA						
Nº 4						
8						
10		20		3	97	
16						
20						
30						
40		216		37	63	
50						
60						
100		465		80	20	
200		314		20	80	
PASA Nº 200		579				

NO ES	600	8"
NO ES	579	8"
Nº P		
3,71		
%		
SUCS=		SM
AASHTO=		A-2-4

MOJEDA NATURAL CAPSULA Nº 5 Nº DE GOUPES 108 PESO CAP. + SUELO HUMEDO 37,69 PESO CAP. + SUELO SECO 36,90 Nº % PORCENTAJE DE HUMEDAD 3,71	LIMITE LIQUIDO CAPSULA Nº 108 Nº DE GOUPES 108 PESO CAP. + SUELO HUMEDO 39,11 PESO CAP. + SUELO SECO 38,29 Nº % PORCENTAJE DE HUMEDAD 3,66
--	--

LIMITE LIQUIDO N - LI	LIMITE PLASTICO N - LP
---------------------------------	----------------------------------

NORMA : ASTM D 422 - AASHTO T 86



Los Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalas@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

CLASIFICACION DE SUELOS

PROYECTO: RECUBRIDO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS		LAB. N°: ENSAJADO POR: REVISADO POR:		EST. ANGEL PATIN		
SECTOR: CANTON RIOBAMBA		PARROQUIA LICAN - CALLES DEL BARRIO DURAZNO PAMBA		ING. PAULINA SALAS		
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 3 - SUB-RASANTE		FECHA DE INMORNE: MAYO - 2018		MAYO - 2018		
MUESTRA N°: No. 3 - SUB-RASANTE		FECHA DE ENSAYO:		W % (PORCENTAJE DE HUMEDAD)		
TAMAZ	N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPERADO
GRANULOMETRIA SERIE GRUESA						
3"						
7"						
1 1/2"						
1"						
5/8"						
3/8"						
N° 4						
PASA N° 4						
SERIE FINA						
N° 4						
8						
10		51		9	91	
16						
20						
30						
40		278		49	51	
50						
60						
100		470		83	17	
200		98		17	83	
PASA N° 200		568				
NO ES		PESO INICIAL HUMEDO		600		BF
NO ES		PESO INICIAL SECO		568		BF
NO ES		W %		5,62		W %

CAPSLA N°	N° DE GRUPOS	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	W % (PORCENTAJE DE HUMEDAD)
4A		32,76	32,00	5,67
8B		37,23	36,25	5,56

HUMEDAD NATURAL

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

HUMEDAD vs NP DE GOLPES

N-P

10 25 100

% DE HUMEDAD

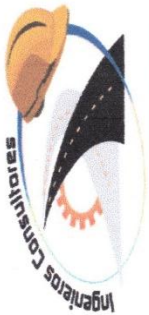
36 34 32

NUMERO DE GOLPES

NORMA: ASTM D 422 - AÑADIDO T 98



Los Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalas@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:				LAB. N°				ENSAYADO POR:		REVISADO POR:		FECHA DE INFORME:		W % (PORCENTAJE DE HUMEDAD)	
RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS				0.00 - 0.50 METROS				Est. Angel Patin		Ing. Paulina Salas		junio - 2018			
SECTOR:				UBICACION:				ENSAYADO POR:				REVISADO POR:			
CANTON RIOBAMBA				PARRQUIA LILAN - CALLES DEL BARRIO DURAZNO PAMBA											
ORIGEN DEL MATERIAL:				YACIMIENTO:				ENSAYADO POR:				REVISADO POR:			
MUESTRA N°: No. 4 - SUB-RASANTE				No. 4 - SUB-RASANTE											
MUESTRA N°:				FECHA DE ENSAYO:				ENSAYADO POR:				REVISADO POR:			
TAMIZ	N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICADO									
GRANULOMETRIA SERIE GRUESA															
3"															
2"															
1 1/2"															
1"															
3/4"															
1/2"															
3/8"															
N° 4		35	535	6	94	94									
PASA N° 4															
SERIE FINA															
N° 4															
8															
10		80		13	81										
16															
20															
30															
40		255		42	52										
50															
60															
100		386		64	30										
200		184		30											
PASA N° 200		570													
PESO INICIAL HUMEDO							600 gr.								
PESO INICIAL SECO							570 gr.								
NO ES															
NO ES															
N-P															
5.26 %															
SUCS= SM															
AASHTO= A-2-4															

CAPSULA N°	N° DE GOLPES	PESO CAP. + SUELO HUMEDO	PESO CAP. + SUELO SECO	W % (PORCENTAJE DE HUMEDAD)
6		37.69	36.60	15.90
103		39.11	37.95	15.90
				5.26

LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	

HUMEDAD VS Nº DE GOLPES

NUMERO DE GOLPES

100

36

34

32

10

11-N

N-1P

NORMA: ASTM D 422 - AASHTO T 88



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalag@yahoo.com.mx

8.3. Anexo 3: Ensayos de compactación de suelo mediante el Proctor estándar en suelo natural.



ENSAYO DE COMPACTACION

OBRA: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS

MUESTRA N°: MUESTRA 1 - SUB-RASANTE

ORIGEN DEL MATERIAL: No. 1 - SUB-RASANTE

PROFUNDIDAD: AAASHTO T 99 - 74 (METODO A)

FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018

FECHA DE INFORME: mayo - 2018

ENSAYADO POR: Est. Angel Patín

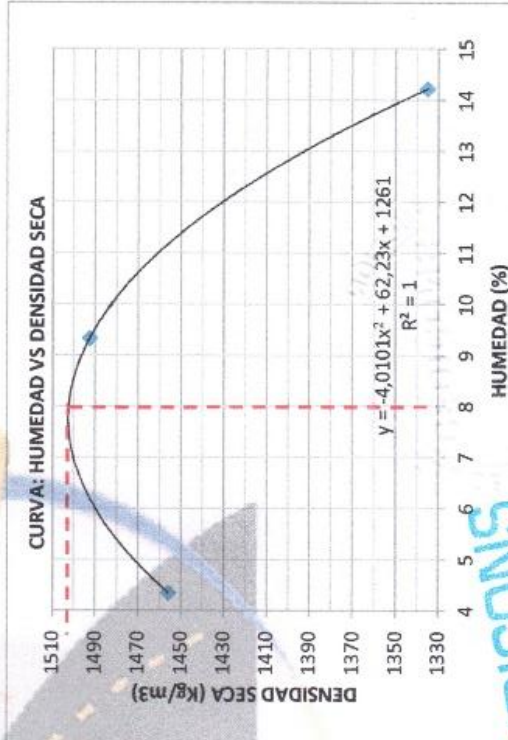
REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.



MUESTRA N°	DATOS PARA LA CURVA		
	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	5010	5105	5015
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1279	1374	1284
CONT. PROM. AGUA %	104,35	109,33	114,22
DENS. HUM. (gr) cm3	1,519	1,632	1,525
DENS. SECA (gr.)cm3	1,456	1,493	1,335

MUESTRA N°	CONTENIDO DE AGUA					
	1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE N° (TARA)	11	150	113	106		
TARA + SUELO H. (gr.)	33,19	34,61	32,35	29,24	37,22	32,20
TAR + SUELO S. (gr.)	32,18	33,55	30,34	27,54	33,70	29,28
PESO TARA	8,80	9,30	8,80	9,30	9,00	8,70
CONT. DE AGUA %	4,32	4,37	9,33	9,32	14,25	14,19
CONT. PROM. AGUA %	4,35	9,33	14,22			

Maxima densidad = 1504,00 kg/m3
 Optima humedad = 8,00 %





ENSAYO DE COMPACTACION

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE
VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
ARENOSOS

MUESTRA 2 - SUB-RASANTE
No. 2 - SUB-RASANTE

ENSAJADO POR: Est. Angel Patin
REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.

OBRA:

ORIGEN DEL MATERIAL:

MUESTRA N°:

PROFUNDIDAD:

AASHTO T 99 - 74 (METODO A)

MOLDE: DIAMETRO: 4"

VOLUMEN: 842 C.C

PESO: 3731 gr.

METODO DE ENSAYO:

GOLPES POR CAPA:

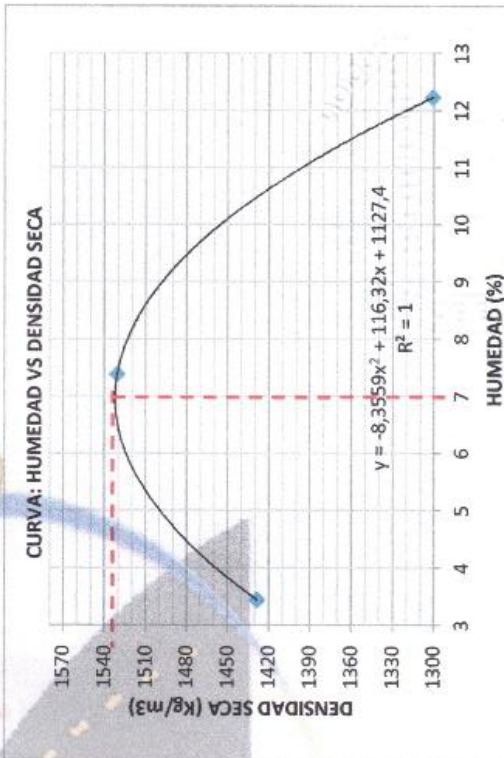
N° DE CAPAS:

PESO MARTILLO:

ALTURA CAIDA:

DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	4975	5115	4960
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1244	1384	1229
CONT.PROM. AGUA %	103,44	107,38	112,22
DENS. HUM. (gr.)cm3	1,477	1,644	1,460
DENS. SECA (gr.)cm3	1,428	1,531	1,301

Maxima densidad = 1531,00 kg/m3
Optima humedad = 7,00 %



MUESTRA N°	CONTENIDO DE AGUA					
	1	2	3	1	2	3
RECIPIENTE N° (TARA)	111	107	V	L	108	
TARA + SUELO H. (gr.)	58,30	55,80	58,40	67,40	72,10	
TARA + SUELO S. (gr.)	56,90	53,00	55,50	61,80	66,00	
PESO TARA	16,10	16,20	15,10	15,90	16,20	
CONT. DE AGUA %	3,43	3,44	7,39	7,38	12,20	12,25
CONT. PROM. AGUA %	3,44		7,38		12,22	



ENSAYO DE COMPACTACION

OBRA: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS

MUESTRA N°: MUESTRA 3 - SUB-RASANTE

No. 3 - SUB-RASANTE

ORIGEN DEL MATERIAL:

MUESTRA N°:

PROFUNDIDAD:

AASHTO T 99 - 74 (METODO A)

MOLDE: DIAMETRO: 4" C.C.

VOLUMEN: 842

PESO: 3731 gr.

FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018

FECHA DE INFORME: mayo - 2018

ENSAYADO POR: Est. Angel Patin

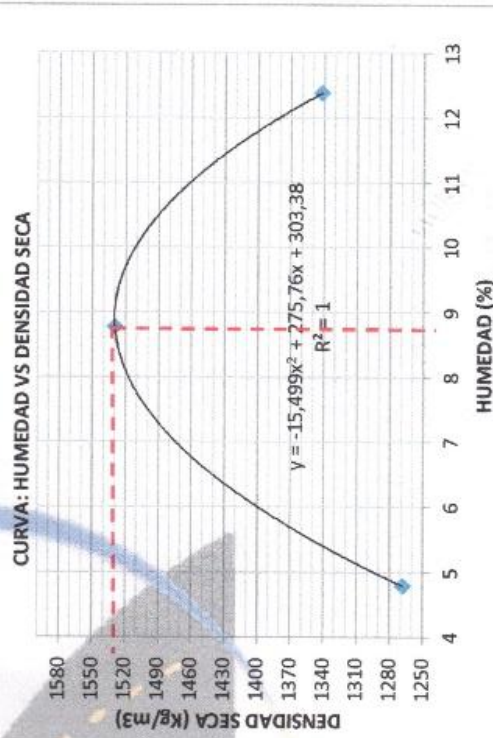
REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.

DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	4850	5132	5001
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1119	1401	1270
CONT. PROM. AGUA %	104,79	108,77	112,38
DENS. HUM. (gr.)cm3	1,329	1,664	1,508
DENS. SECA (gr.)cm3	1,268	1,530	1,342

CONTENIDO DE AGUA			
MUESTRA N°	1	2	3
RECIPIENTE N° (TARA)	104	J 105	O 20
TARA + SUELO H. (gr.)	46,37	47,75	57,30
TAR + SUELO S. (gr.)	45,00	46,30	54,00
PESO TARA	16,00	16,40	16,20
CONT. DE AGUA %	4,72	4,85	8,73
CONT. PROM. AGUA %	4,79	8,77	12,38

Maxima densidad = 1530,00 kg/m3

Optima humedad = 8,80 %



ENSAYO DE COMPACTACION

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS

MUESTRA 4 - SUB-RASANTE
No. 4 - SUB-RASANTE

OBRA:

ORIGEN DEL MATERIAL:

MUESTRA N°:

PROFUNDIDAD:

AASHTO T 99 - 74 (METODO A)

MOLDE: DIAMETRO: 4"

VOLUMEN: 842 C.C

PESO: 3731 gr.

METODO DE ENSAYO:

GOLPES POR CAPA: 25

N° DE CAPAS: 3

PESO MARTILLO: 5,5 lb

ALTURA CAIDA: 12"

FECHA DE ENSAYO: Junio - 2018

FECHA DE INFORME: Junio - 2018

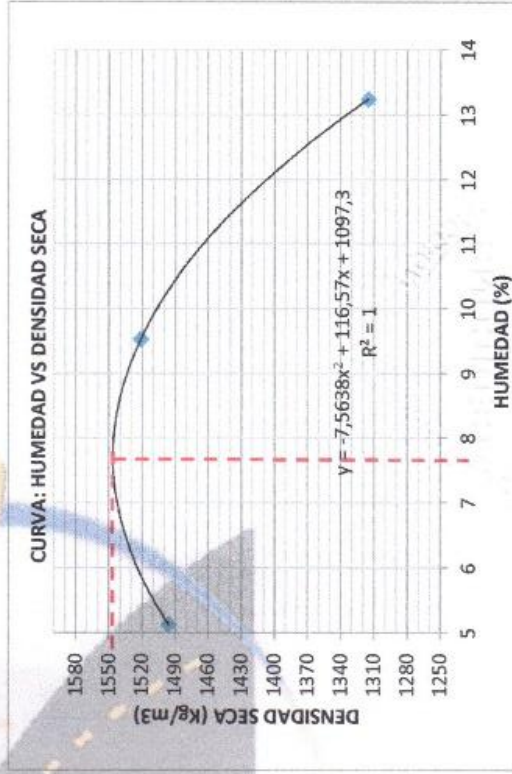
ENSAYADO POR: Est. Angel Patin

REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.

DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	5055	5134	4985
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1324	1403	1254
CONT. PROM. AGUA %	105,12	109,53	113,23
DENS. HUM. (gr/cm3)	1,572	1,666	1,489
DENS. SECA (gr./cm3)	1,496	1,521	1,315

CONTENIDO DE AGUA					
MUESTRA N°	1	2	3	L	W
RECIPIENTE N° (TARA)	111	V	7	106	
TARA + SUELO H. (gr.)	67,50	64,30	72,40	70,70	76,80
TARA + SUELO S. (gr.)	65,00	61,90	67,50	65,97	69,65
PESO TARA	16,10	15,10	16,30	16,10	15,70
CONT. DE AGUA %	5,11	5,13	9,57	9,48	13,25
CONT. PROM. AGUA %	5,12	9,53		13,23	

Maxima densidad = 1548,00 kg/m3
Optima humedad = 7,70 %



8.4. Anexo 4: Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) del suelo que se utilizó en la investigación.



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

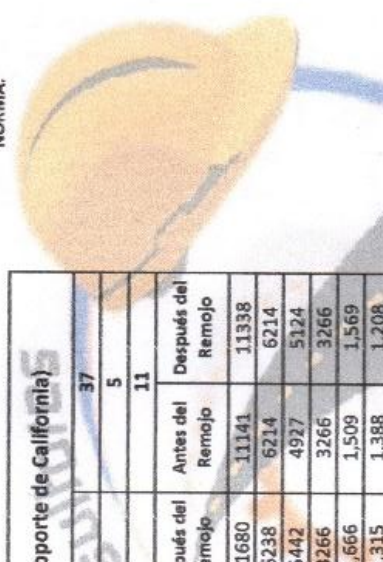
ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

RECICLAJO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

CARRETERA:
ORIGEN DEL MATERIAL:
MUESTRA DE:
MUESTRA:

ARENOSOS
MUESTRA 1 - SUB-RASANTE
No. 1 - SUB-RASANTE
1

SOBRECARGA: 10 Lbts
ENSAYADO POR: Est. Angel Patin
FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

Molde Nro.	28	33	37	
Numero de capas	5	5	5	
Nº De Golpes Por capa	61	27	11	
	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
Peso muestra Humeda + molde (gr)	11820	12209	11497	11680
Peso del molde (gr)	6396	6396	6238	6238
Peso muestra Húmeda gr	5424	5813	5259	5442
Volumen del molde cm³	3266	3266	3266	3266
Densidad Húmeda gr/ cm³	1,661	1,780	1,610	1,666
Densidad Seca gr/ cm³	1,528	1,468	1,481	1,315

CONTENIDO DE HUMEDAD CBR

Tarro N°	70	9	42	21	10	P	X	Y	8	27	20
Peso muestra Humeda + tarro (gr)	52,70	48,10	52,10	52,70	46,20	51,80	49,80	49,3	48,3	44,6	51,3
Peso muestra seca + tarro (gr)	49,77	45,52	45,80	46,30	43,80	48,90	42,70	46,6	45,75	38,0	43,2
Peso muestra Húmeda (gr)	2,93	2,58	6,30	6,40	2,40	2,90	7,10	2,70	2,55	6,60	8,10
Peso del tarro (gr)	16,10	15,90	16,10	16,30	16,00	16,20	16,20	15,70	16,30	15,90	16,10
Peso muestra seca (gr)	33,67	29,62	29,70	30,00	27,80	32,70	26,50	28,10	29,45	22,10	27,10
Contenido de Humedad	8,70	8,71	21,21	21,33	8,63	8,87	26,79	8,74	8,66	29,86	29,89
Promedio contenido de Humedad	8,71	21,27	8,75	26,74	8,70	29,88					



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

ENSAYO C.B.R (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) PENETRACION

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 1 - SUB-RASANTE Est. Angel Patín **NORMA:** ASTM D 1883 y AASHTO T 193
MUESTRA: No. 1 - SUB-RASANTE **FECHA DE ENSAYO:** mayo - 2018
SOLICITADO POR: Est. Angel Patín **CALCULO:** Ing. Paulina Salas G.

PENETRACION pulg.s. x 10 ⁻³	MOLDE Nº 28			MOLDE Nº 33			MOLDE Nº 35			
	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES CORREGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES CORREGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES CORREGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.
0	0	0	0		0	0		0		
25	24	23	23		15	15		15		
50	76	52	52		35	35		35		
75	127	91	91		67	67		67		
100	180	135	135	22,00	190	1000	19,00	102	90	1000
150	250	220	210		159			159		9,00
200	290		251		196			196		
250	328		294		237			237		
300	366		319		255			255		
400	419		365		293			293		
500	478		391		318			318		



Los Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS

ORIGEN DEL MATERIAL:

MUESTRA 1 - SUB-RASANTE

MUESTRA DE:

No. 1 - SUB-RASANTE

SOLICITADO POR: Est. Angel Patin

ENSAYADO POR:

FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018

CALCULO:

Est. Angel Patin

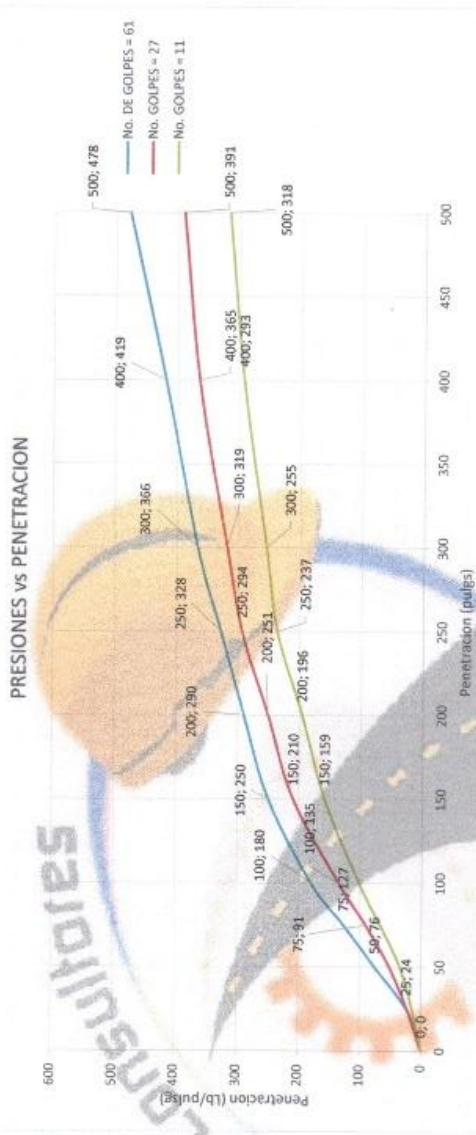
mayo - 2018

Ing. Paulina Sillas G.

NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

TABLA DE RESUMEN PARA LA GRÁFICA DE PRESIONES vs. PENETRACION

PENETRACION pulg. x 10-3	MOLDE Nº 28		MOLDE Nº 33		MOLDE Nº 35	
	PRESIONES	lbs./pulg. 2	PRESIONES	lbs./pulg. 2	PRESIONES	lbs./pulg. 2
0	0	0	0	0	0	0
25	24	23	23	23	15	15
50	76	52	52	52	35	35
75	127	91	91	91	67	67
100	180	135	135	135	102	102
150	250	210	210	210	159	159
200	290	251	251	251	196	196
250	328	294	294	294	237	237
300	366	318	318	318	255	255
400	419	365	365	365	293	293
500	478	391	391	391	318	318



Los Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasillasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

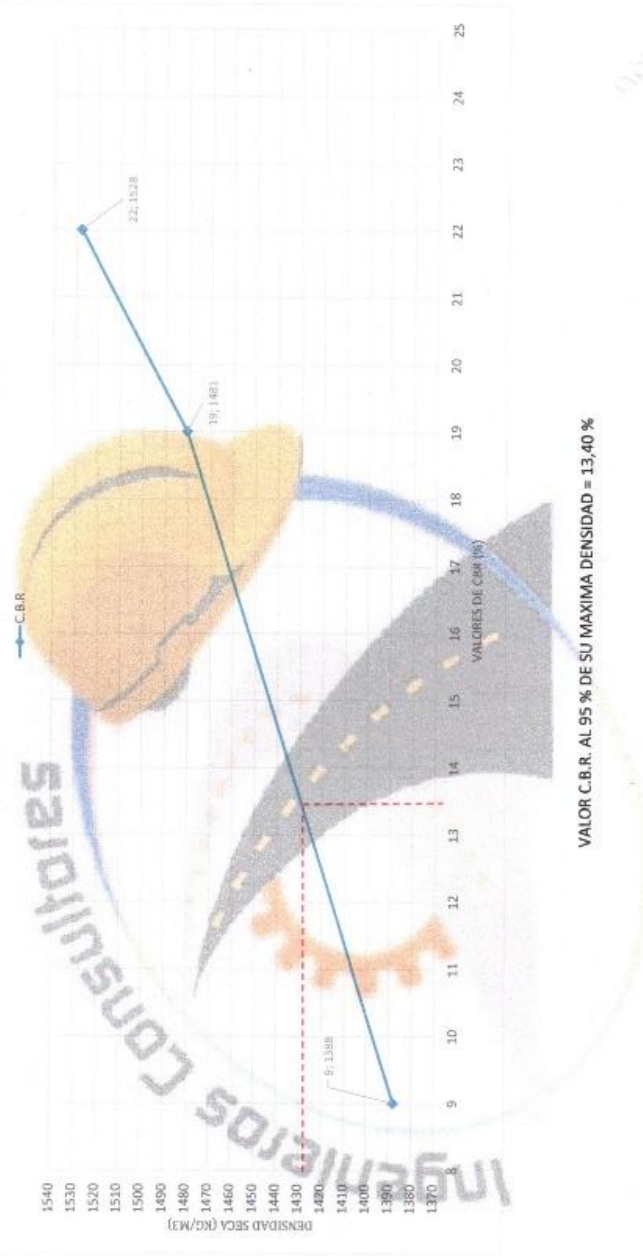
CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 1 - SUB-RASANTE
MUESTRA DE: No. 1 - SUB-RASANTE
SOLICITADO POR: Est. Angel Patin
ENSAYADO POR: Est. Angel Patin
FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

CBR(%)	DENSIDAD SECA(kg/m3)
22	1528
19	1481
9	1388

Valor de la maxima densidad al 95 % = 1429

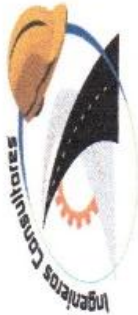
DENSIDAD SECA VS VALORES C.B.R.



VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MAXIMA DENSIDAD = 13,40 %



Los Álamos 2, Leopoldo Ormazábal Mz. G # 18
 RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
 0997170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

CARRETERA:

ORIGEN DEL MATERIAL:

MUESTRA DE:

ARENOSOS
MUESTRA 2 - SUB-RASANTE
No. 2 - SUB-RASANTE

ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

SOBRECARGA: 10 Lb/ft
ENSAYADO POR: Est. Angel Patiñ
FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

Molde Nro.	14	20	30	
Numero de capas	5	5	5	
Nº De Golpes Por capa	61	27	11	
	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
Peso muestra Humeda + molde (gr)	10037	10275	9680	9987
Peso del molde (gr)	6323	6323	5056	5056
Peso muestra Húmeda gr	3714	3952	3624	3931
Volumen del molde cm ³	2238	2238	2323	2316
Densidad Húmeda gr/ cm ³	1,660	1,766	1,560	1,692
Densidad Saca gr/ cm ³	1,550	1,472	1,457	1,350
			1,0873	1,0990
			7502	7502
			3488	3488
			2316	2316
			1,456	1,506
			1,360	1,182

CONTENIDO DE HUMEDAD CBR

Tarro N°	21	27	10	24	P	23	7	110	V	110
Peso muestra Humeda + tarro (gr)	46,60	44,10	54,12	46,40	45,50	48,50	48,40	45,60	48,20	46,80
Peso muestra seca + tarro (gr)	44,60	42,23	47,80	41,30	39,60	41,90	46,29	43,65	41,00	40,20
Peso muestra Húmeda (gr)	2,00	1,87	6,32	5,10	5,90	6,60	2,11	1,95	7,20	6,60
Peso del tarro (gr)	16,30	15,90	16,00	15,80	16,20	16,00	16,30	15,80	15,10	15,80
Peso muestra seca (gr)	28,30	26,33	31,80	25,50	23,40	25,90	29,99	27,85	25,90	24,40
Contenido de Humedad	7,07	7,10	19,87	20,00	25,21	25,48	7,04	7,00	27,80	27,05
Promedio contenido de Humedad	7,08	19,94	25,35	7,09	7,02	27,42				



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) PENETRACION

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 2 - SUB-RASANTE Est. Angel Patin **NORMA:** ASTM D 1883 y AASHTO T 193
MUESTRA: No. 2 - SUB-RASANTE **FECHA DE ENSAYO:** mayo - 2018
SOLICITADO POR: Est. Angel Patin **CALCULO:** Ing. Paulina Salas G.

PENETRACION pulg. x 10 ⁻³	MOLDE Nº 14			MOLDE Nº 20			MOLDE Nº 30					
	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES CORRIGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES CORRIGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES CORRIGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.
0	0				0				0			
25	29				20				13			
50	94				76				40			
75	153				125				62			
100	204	250	1000	25,00	174	150	1000	15,00	80	90	1000	9,00
150	275				237				116			
200	345				309				174			
250	428				401				245			
300	520				492				335			
400	660				639				480			
500	821				795				576			



Los Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



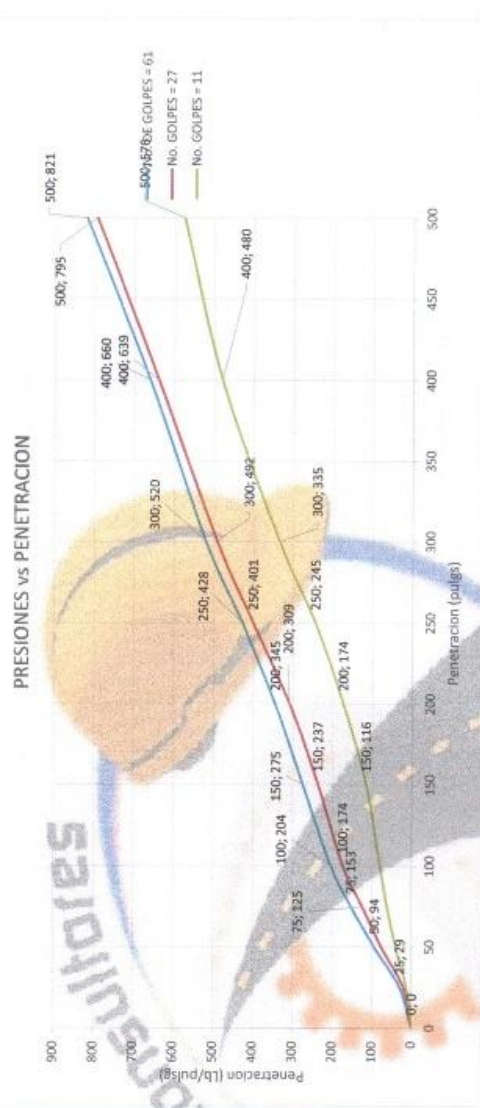
CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 2 - SUB-RASANTE
MUESTRA DE: No. 2 - SUB-RASANTE
SOLICITADO POR: Est. Angel Patin
Est. Angel Patin
FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

Tabla de resumen para la grafica de presiones vs penetracion

PENETRACION pulg. x 10-3	MOLDE N° 14		MOLDE N° 20		MOLDE N° 30	
	PRESIONES lbs./pulg. 2	lbs./pulg. 2	PRESIONES lbs./pulg. 2	lbs./pulg. 2	PRESIONES lbs./pulg. 2	lbs./pulg. 2
0	0	0	0	0	0	0
25	29	20	29	20	13	13
50	94	76	94	76	40	40
75	153	125	153	125	62	62
100	204	174	204	174	87	87
150	275	237	275	237	116	116
200	345	309	345	309	174	174
250	428	401	428	401	245	245
300	520	492	520	492	335	335
400	660	639	660	639	480	480
500	821	795	821	795	576	576



Los Álamos 2, Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

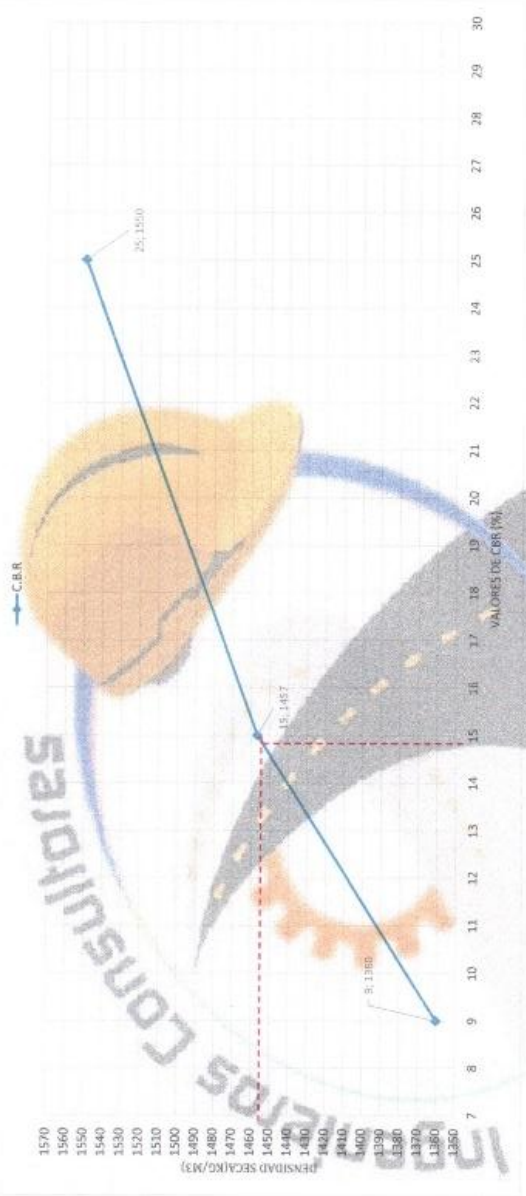
CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: RECICLAJO DE ACEITE QUEMADO DE VEHICULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 2 - SUB-RASANTE
MUESTRA DE: No. 2 - SUB-RASANTE
SOLICITADO POR: Est. Angel Patin
ENsayado POR: Est. Angel Patin
FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

CBR(%)	densidad SECA(kg/m3)
25	1550
15	1457
9	1360

Valor de la máxima densidad al 95 % = 1454

DENSIDAD SECA VS VALORES C.B.R.



VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MAXIMA DENSIDAD = 14,80 %



Los Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 09871 708 20 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

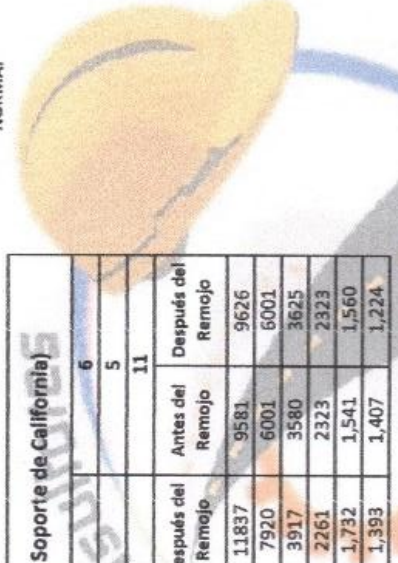
ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

CARRETERA:
ORIGEN DEL MATERIAL:
MUESTRA DE:

ARENOSOS
MUESTRA 3 - SUB-RASANTE
No. 3 - SUB-RASANTE

SOBRECARGA: 10 Lbns
ENSAYADO POR: Est. Angel Patín
FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

Molde Nro.	4	5	6	
Numero de capas	5	5	5	
Nº De Golpes Por capa	61	27	11	
	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
Peso muestra Humeda + molde (gr)	11620	11939	11580	11837
Peso del molde (gr)	7821	7821	7920	7920
Peso muestra Humeda gr	3799	4118	3660	3917
Volumen del molde cm³	2286	2286	2261	2323
Densidad Humeda gr/ cm³	1,662	1,801	1,619	1,732
Densidad Seca gr/ cm³	1,516	1,473	1,479	1,393
			1,407	1,224

CONTENIDO DE HUMEDAD CBR

Tarro N°	O	U	13	111	A	S	B	S	T	Y	70
Peso muestra Humeda + tarro (gr)	46,80	51,60	52,00	52,70	47,30	50,90	45,20	51,50	44,10	44,80	39,90
Peso muestra seca + tarro (gr)	44,10	48,50	45,50	46,00	44,60	47,90	39,50	44,60	41,66	42,85	38,50
Peso muestra Humeda (gr)	2,70	3,10	6,50	6,70	2,70	3,00	5,70	6,90	2,44	2,55	6,30
Peso del tarro (gr)	16,00	16,10	16,30	16,10	16,10	16,20	16,10	16,20	16,10	16,00	15,70
Peso muestra seca (gr)	28,10	32,40	29,20	29,90	28,50	31,70	23,40	28,40	25,56	26,85	18,70
Contenido de Humedad	9,61	9,57	22,26	22,41	9,47	9,46	24,36	24,30	9,55	9,50	27,63
Promedio contenido de Humedad	9,59	22,33	9,47	24,33	9,52	27,45					



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
peulinsalasg@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)
PENETRACION

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
 ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 3 - SUB-RASANTE Est. Angel Patin NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193
 MUESTRA: No. 3 - SUB-RASANTE mayo - 2018
 SOLICITADO POR: Est. Angel Patin Ing. Paulina Salas G. CALCULO:

PENETRACION pulg. x 10 ⁻³	MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 5			MOLDE Nº 6		
	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES CORREGDS. lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES CORREGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES CORREGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.
0	0			0			0		
25	13			10			5		
50	28			25			10		
75	40			36			19		
100	56	200	20,00	48	1000	16,00	26	40	1000
150	100			90			48		
200	157			137			67		
250	222			196			96		
300	287			256			120		
400	375			345			185		
500	447			404			244		



Los Álamos 2, Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



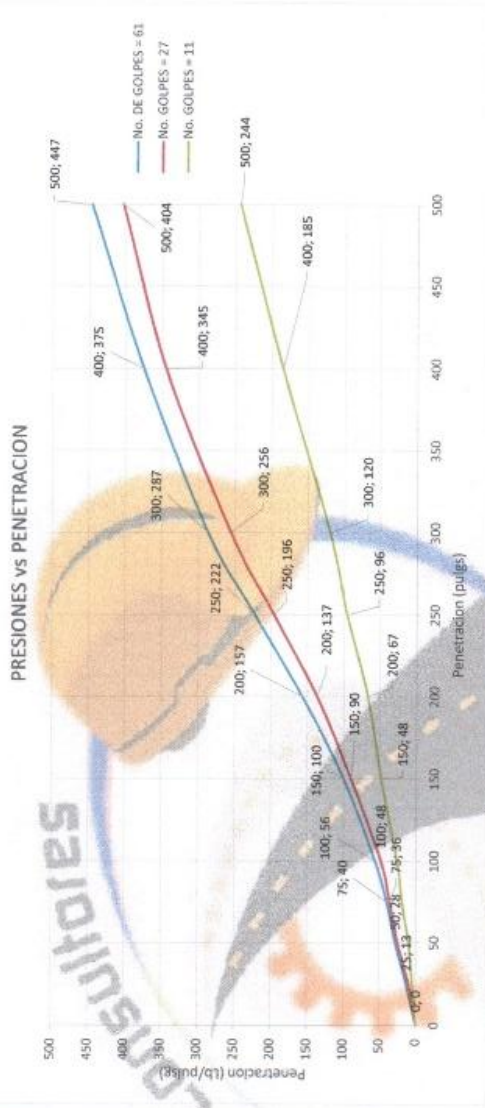
CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS	ENSAYADO POR:	Est. Angel Patín	NORMA:	ASTM D 1883 y AASHTO T 193
ORIGEN DEL MATERIAL:	MUESTRA 3 - SUB-RASANTE	FECHA DE ENSAYO:	mayo - 2018		
MUESTRA DE:	No. 3 - SUB-RASANTE	CALCULO:	Ing. Paulina Salas G.		

Tabla de resumen para la grafica de presiones vs penetración

PENETRACION pulg.x 10-3	MOLDE Nº 4		MOLDE Nº 5		MOLDE Nº 6	
	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES lbs./pulg.2
0	0	0	0	0	0	0
25	25	13	10	10	5	5
50	50	28	25	25	10	10
75	75	40	36	36	19	19
100	100	56	48	48	26	26
150	150	100	90	90	48	48
200	200	157	137	137	67	67
250	250	222	196	196	96	96
300	300	287	256	256	120	120
400	400	375	345	345	185	185
500	500	447	404	404	244	244



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalas@yahoo.com.mx



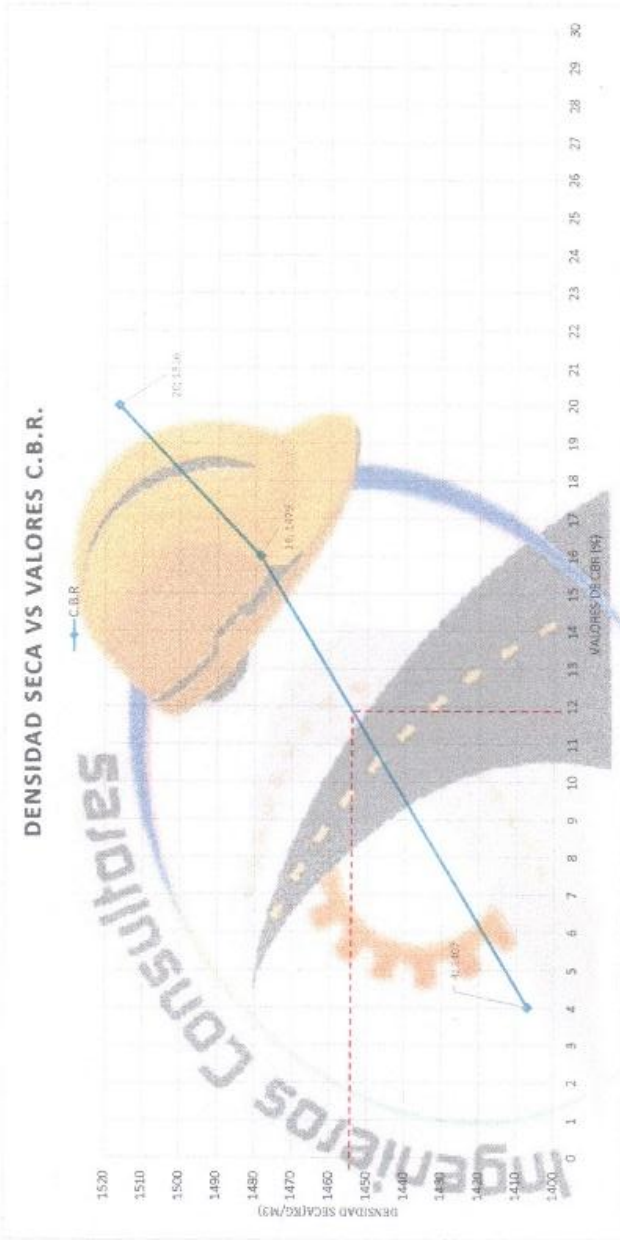
CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 3 - SUB-RASANTE
MUESTRA DE: No. 3 - SUB-RASANTE
SOLICITADO POR: Est. Angel Patin
ENAYADO POR: Est. Angel Patin
FECHA DE ENSAYO: mayo - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1557 y AASHTO T 193

CBR(%)	DENSIDAD SECA(Kg/m3)
20	1516
16	1479
4	1407

Valor de la máxima densidad al 95 % = 1454



VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD = 11,90 %



Los Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 09871 70820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

CARRETERA:
ORIGEN DEL MATERIAL:
MUESTRA DE:

ARENOSOS
MUESTRA 4 - SUB-RASANTE
No. 4 - SUB-RASANTE

SOBRECARGA: 10 Lbrs
ENSAYADO POR: Est. Angel Patin
FECHA DE ENSAYO: Junio - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)						
Molde Nro.	1	2	3			
Numero de capas	5	5	5			
Nº De Golpes Por capa	61	27	11	Antes del Remojo	Después del Remojo	Después del Remojo
Peso muestra Humeda + molde (gr)	9557	9740	9985	10310	11160	11400
Peso del molde (gr)	5859	5859	6148	6148	7579	7579
Peso muestra Húmeda gr	3698	3881	3837	4162	3581	3821
Volumen del molde cm³	2146	2148	2305	2305	2323	2323
Densidad Húmeda gr/ cm³	1,722	1,807	1,665	1,806	1,542	1,645
Densidad Seca gr/ cm³	1,604	1,436	1,551	1,432	1,437	1,280

CONTENIDO DE HUMEDAD CBR

Tarro N°	L	103	A	N	T	W	U	A	107	T	188
Peso muestra Humeda + tarro (gr)	53,50	56,90	44,90	45,60	48,30	46,60	51,60	39,10	53,60	49,30	50,60
Peso muestra seca + tarro (gr)	50,95	54,10	39,00	39,50	46,10	44,50	44,30	37,55	51,05	41,90	43,00
Peso muestra Húmeda (gr)	2,55	2,80	5,90	6,10	2,20	2,10	7,30	1,55	2,55	7,40	7,60
Peso del tarro (gr)	16,00	15,90	16,10	15,90	16,10	16,00	16,10	16,10	16,20	16,10	16,20
Peso muestra seca (gr)	34,95	38,20	22,90	23,60	30,00	28,50	28,20	21,45	34,85	25,80	26,80
Contenido de Humedad	7,30	7,33	25,76	25,85	7,33	7,37	25,89	7,23	7,32	28,68	28,36
Promedio contenido de Humedad	7,31		25,81		7,35		26,07		7,27		28,52



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalas@yahoo.com.mx



CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

ENSAYO C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) PENETRACION

PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 4 - SUB-RASANTE Est. Angel Patín **NORMA:** ASTM D 1883 y AASHTO T 193
MUESTRA: No. 4 - SUB-RASANTE **FECHA DE ENSAYO:** junio - 2018
SOLICITADO POR: Est. Angel Patín **CALCULO:** Ing. Paulina Salas G.

PENETRACION pulg. x 10 ⁻³	MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3			
	PRESIONES lbs./pulg.2	PRESIONES CORRGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES CORRGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.	PRESIONES CORRGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.
0	0		0					0		
25	21		17					9		
50	45		36					18		
75	86		77					36		
100	145	270	126	210	1000	21,00	64	100	1000	10,00
150	318		267				139			
200	523		421				232			
250	671		516				309			
300	785		613				386			
400	896		764				469			
500	927		810				507			



Los Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G. # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



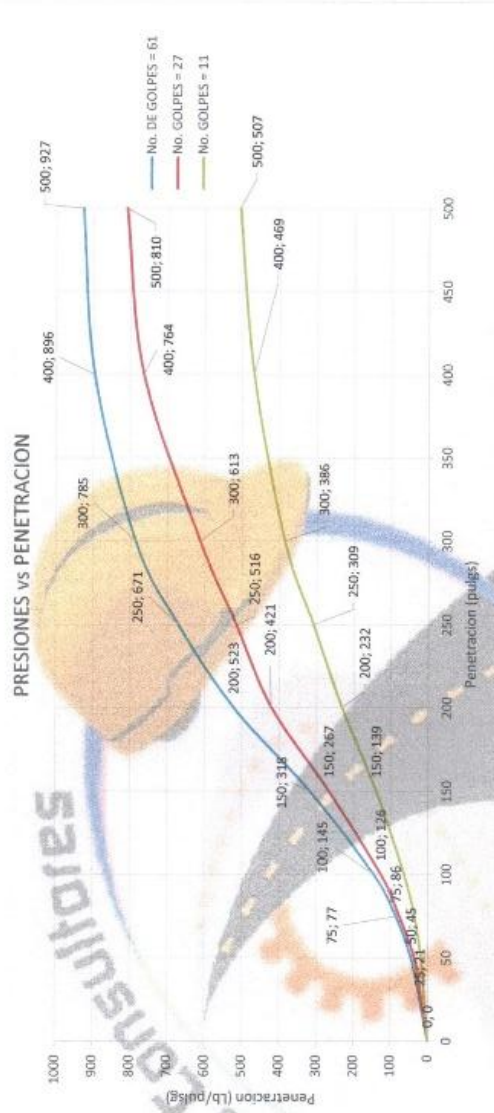
CEDICONS

CENTRAL DE ENSAYOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

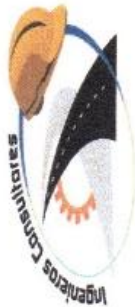
PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 4 - SUB-RASANTE
MUESTRA DE: No. 4 - SUB-RASANTE
SOLICITADO POR: Est. Angel Patin
ENSAYADO POR: Est. Angel Patin
FECHA DE ENSAYO: junio - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.
NORMA: ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

TABLA DE RESUMEN PARA LA GRAFICA DE PRESIONES VS PENETRACION

PENETRACION pulg. x 10 ⁻³	MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3	
	PRESIONES lbs./pulg. 2		PRESIONES lbs./pulg. 2		PRESIONES lbs./pulg. 2	
0	0	0	0	0	0	0
25	21	17	21	17	9	9
50	45	36	45	36	18	18
75	86	77	86	77	36	36
100	145	126	145	126	64	64
150	318	267	318	267	139	139
200	523	421	523	421	232	232
250	671	516	671	516	309	309
300	785	613	785	613	386	386
400	896	764	896	764	469	469
500	927	810	927	810	507	507



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx



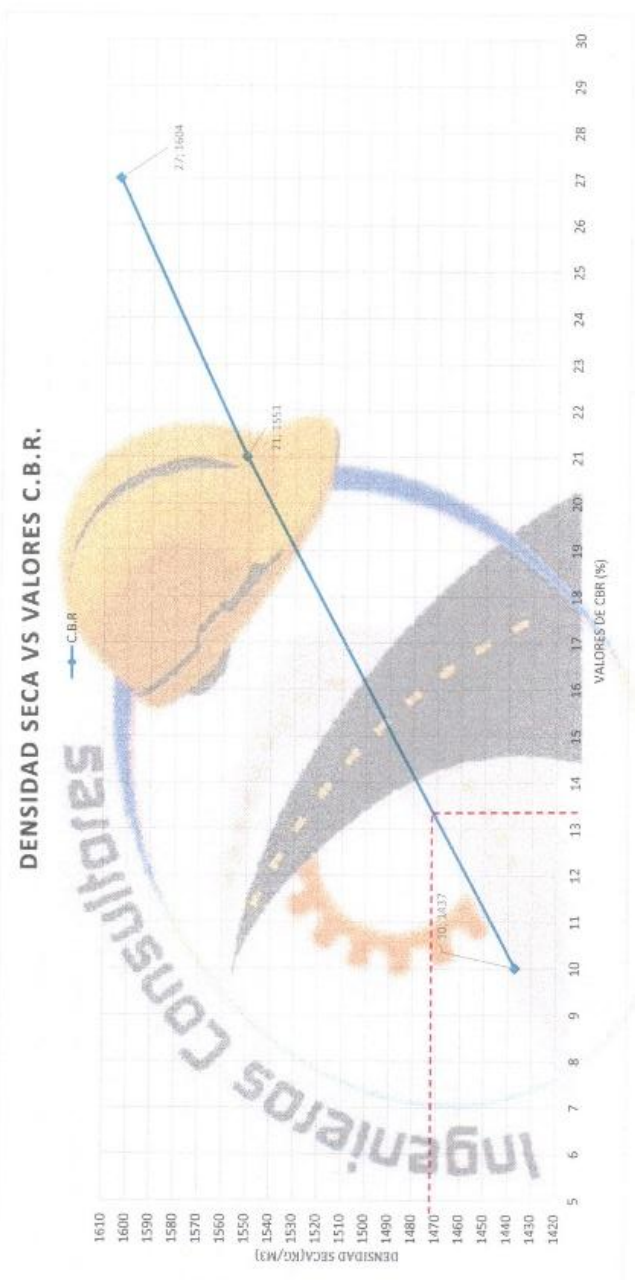
PROYECTO: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA 4 - SUB-RASANTE
MUESTRA DE: No. 4 - SUB-RASANTE
SOLICITADO POR: Est. Angel Patín

ENSAYADO POR: Est. Angel Patín
FECHA DE ENSAYO: junio - 2018
CALCULO: Ing. Paulina Salas G.

NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

CBR(%)	DENSIDAD SECA(Kg/m3)
27	1604
21	1551
10	1437

Valor de la máxima densidad al 95 % 1471



VALOR C.B.R. AL 95 % DE SU MÁXIMA DENSIDAD = 13,30 %



Los Álamos 2. Leopoldo Ormazá MZ. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalasg@yahoo.com.mx

8.5. Anexo 5: Ensayos de compactación empleando el % óptimo de aceite quemado, que se utilizara en la estabilización del suelo arena limosa.



ENSAYO DE COMPACTACION

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS

MUESTRA 1 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO
No. 1 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO

ORIGEN DEL MATERIAL: MUESTRA Nº: AASHTO T 99 - 74 (METODO A)

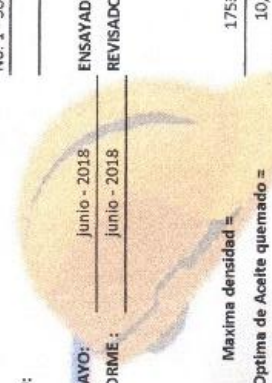
PROFUNDIDAD: MOLDE: DIAMETRO: 4" 4"

FECHA DE ENSAYO: Junio - 2018 842 cm³

FECHA DE INFORME: Junio - 2018 3731 gr

ENSAYADO POR: Est. Angel Patín

REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.

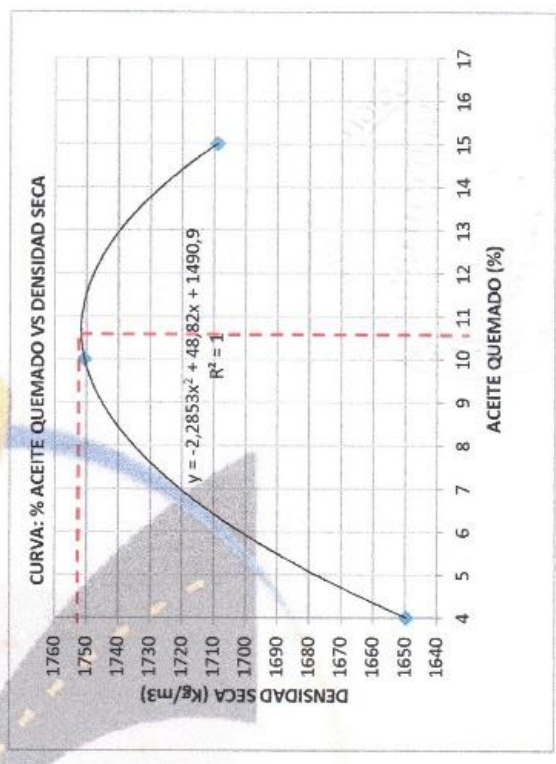


DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	5120	5205	5170
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1389	1474	1439
CONT. ACEITE QUEMADO %	4,00	10,00	15,00
ACUMULADO			
DENSIDAD (gr./cm ³)	1,650	1,751	1,709
DENSIDAD (kg/m ³)	1649,64	1750,59	1709,03

CONTENIDO DE ACEITE QUEMADO			
MUESTRA N°	1	2	3
CONT. ACEITE QUEMADO %	4,00	6,00	5,00
ACEITE QUEMADO (ml)	160,00	240,00	200,00

Maxima densidad = 1759,00 kg/m³

% Optima de Aceite quemado = 10,50 %



Los Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalasg@yahoo.com.mx



ENSAYO DE COMPACTACION

OBRA: RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS

MUESTRA 2 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO
No. 2 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO

ORIGEN DEL MATERIAL:
MUESTRA N°:
PROFUNDIDAD:
FECHA DE ENSAYO: junio - 2018
FECHA DE INFORME: junio - 2018
ENSAYADO POR: Est. Angel Patin
REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.

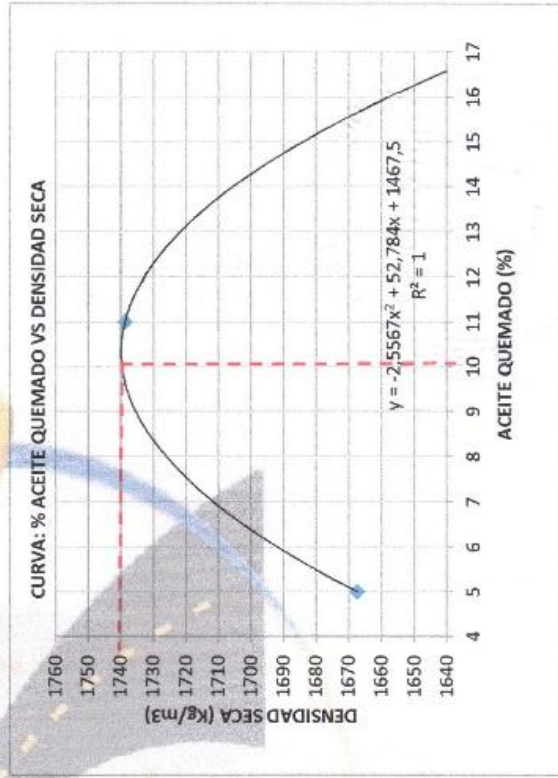
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 99 - 74 (METODO A)
GOLPES POR CAPA: 25
N° DE CAPAS: 3
PESO MARTILLO: 5,5 lb
ALTURA CAIDA: 12"
PESO DE LA MUESTRA INICIAL (gr): 4000

MOLDE: DIAMETRO: 4"
VOLUMEN: 842 cm³
PESO: 3731 gr.

DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	5135	5195	5100
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1404	1464	1369
CONT. ACEITE QUEMADO %	5,00	11,00	17,00
ACUMULADO			
DENSIDAD (gr /cm ³)	1,667	1,739	1,626
DENSIDAD (Kg/m ³)	1667	1739	1626

CONTENIDO DE ACEITE QUEMADO			
MUESTRA N°	1	2	3
CONT. ACEITE QUEMADO %	5,00	6,00	6,00
ACEITE QUEMADO (ml)	200	240	240

Maxima densidad = 1740,00 kg/m³
% Optima de Aceite quemado = 10,00 %





ENSAYO DE COMPACTACION

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO
EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS

MUESTRA 3 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO
No. 3 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO

ENSAAYADO POR: Est. Angel Patín
REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.

OBRA:

ORIGEN DEL MATERIAL:

MUESTRA N°:

PROFUNDIDAD:

AASHTO T 99 - 74 (METODO A)

MOLDE: DIAMETRO: 4"
VOLUMEN: 842 cm³
PESO: 3731 gr

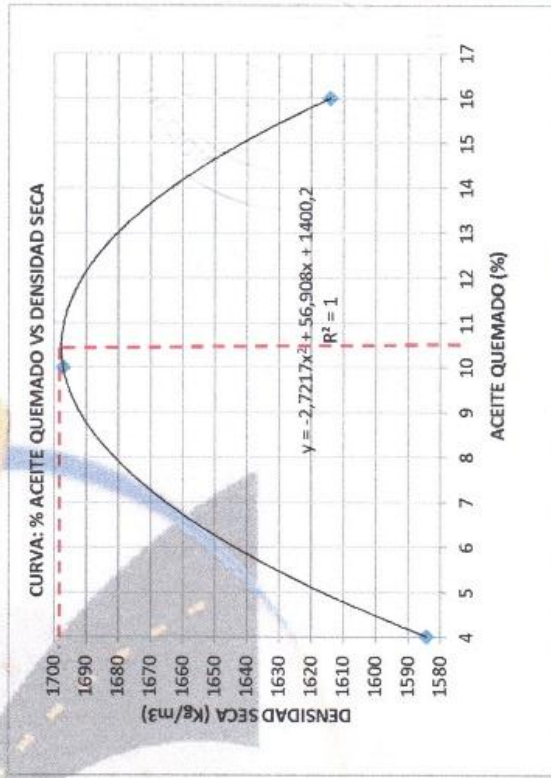
METODO DE ENSAYO:

GOLPES POR CAPA: 25
N° DE CAPAS: 3
PESO MARTILLO: 5.5 lb
ALTURA CAIDA: 12"
PESO DE LA MUESTRA INICIAL (gr): 4000

DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	5065	5160	5090
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1334	1429	1359
CONT. ACEITE QUEMADO %	4,00	10,00	16,00
ACUMULADO			
DENSIDAD (gr/cm ³)	1,584	1,697	1,614
DENSIDAD (Kg/m ³)	1584	1697	1614

CONTENIDO DE ACEITE QUEMADO			
MUESTRA N°	1	2	3
CONT. ACEITE QUEMADO %	4,00	6,00	6,00
ACEITE QUEMADO (ml)	160	240	240

Maxima densidad = 1699,00 kg/m³
% Optima de Aceite quemado = 10,40 %





ENSAYO DE COMPACTACION

RECICLADO DE ACEITE QUEMADO DE VEHÍCULO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS

MUESTRA 4 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO
No. 4 - SUB-RASANTE + ACEITE QUEMADO

ORIGEN DEL MATERIAL:
MUESTRA N°:
PROFUNDIDAD:
AASHTO T 99 - 74 (METODO A)

MOLDE: DIAMETRO: 4"
VOLUMEN: 842 cm³
PESO: 3731 gr.

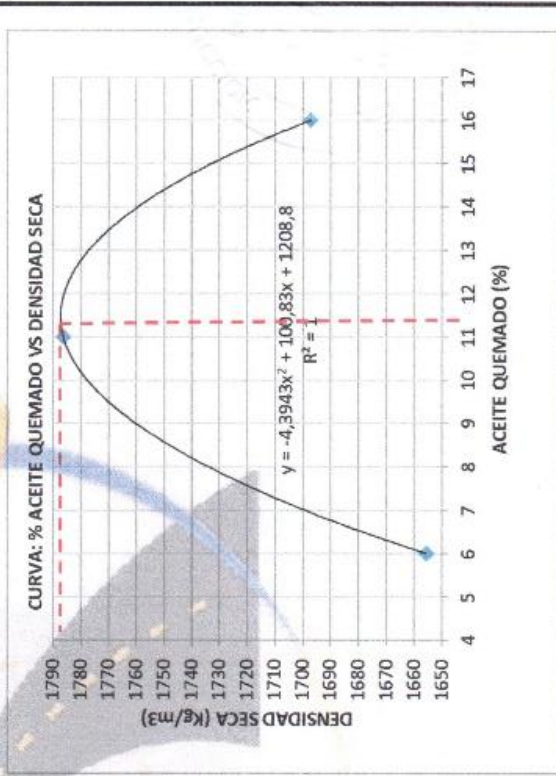
FECHA DE ENSAYO: Julio - 2018
FECHA DE INFORME: Julio - 2018

ENSAYADO POR: Est. Angel Patin
REVISADO POR: Ing. Paulina Salas G.

METODO DE ENSAYO: 25
N° DE CAPAS: 3
PESO MARTILLO: 5,5 lb
ALTURA CAIDA: 12"
PESO DE LA MUESTRA INICIAL (gr): 4000

DATOS PARA LA CURVA			
MUESTRA N°	1	2	3
P. MOLDE + SUELO (gr.)	5125	5235	5160
PESO MOLDE (gr.)	3731	3731	3731
PESO SUELO (gr.)	1394	1504	1429
CONT. ACEITE QUEMADO % ACUMULADO	6,00	11,00	16,00
DENSIDAD (gr/cm ³)	1,656	1,786	1,697
DENSIDAD (kg/m ³)	1656	1786	1697

Maxima densidad = 1788,00 kg/m³
% Optima de Aceite quemado = 11,20 %



CONTENIDO DE ACEITE QUEMADO			
MUESTRA N°	1	2	3
CONT. ACEITE QUEMADO %	6,00	5,00	5,00
ACEITE QUEMADO (ml)	240	200	200



8.6. Anexo 6: Ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) realizando la mezcla entre el suelo arena limosa y aceite quemado.

ACION

Lbrs
Angei Patin
lo - 2018
Paulina Salas G.
TM D 1883 y AASHTO T 193



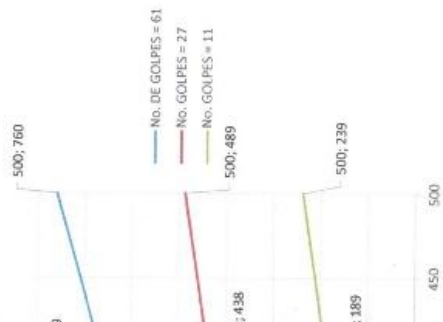
Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
TIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalasg@yahoo.com.mx

MA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

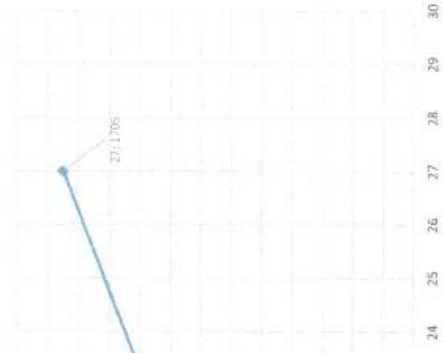
MOLDE Nº 37

IONES	PRESIONES CORRIGDS.	PRESION ESTANDAR	VALORES C.B.R.
ulg. 2	lbs./pulg. 2	lbs./pulg. 2	
0			
1			
7			
7	80	1000	8,00
5			
3			
4			
9			
9			
9			

NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



DNS

Álamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalasg@yahoo.com.mx

a)

D Lbrs
st. Angel Patin
inio - 2018
g. Paulina Salas G.
STM D 1883 y AASHTO T 193



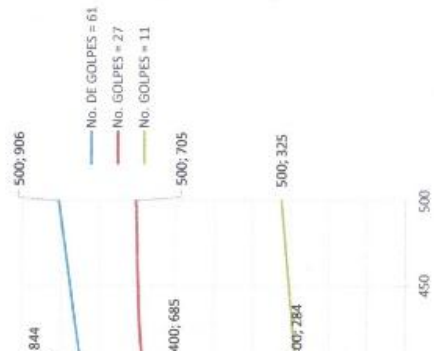
MA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

MOLDE Nº 6			
IONES	PRESIONES CORRIGDS. lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.
pulg.2			
0			
1			
1			
3			
6	140	1000	14,00
7			
9			
0			
5			
4			
5			



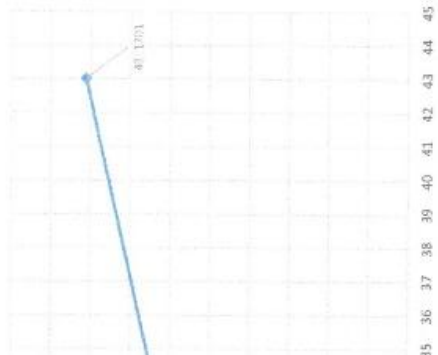
Alamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalesg@yahoo.com.mx

NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032906621
paulinasalas@yahoo.com.mx

NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



a)

0 Libros
st. Angel Patin
nio - 2018
ig. Paulina Salas G.
STM D 1883 y AASHTO T 193



Alamos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalas@yahoo.com.mx

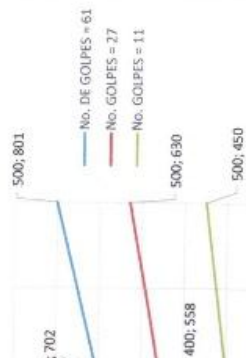
ESPECIFICACIÓN

ESTANDAR: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

MOLDE Nº 200			
VALORES CORREGDS. pulg.2	PRESIONES ESTANDAR lbs./pulg.2	PRESION ESTANDAR lbs./pulg.2	VALORES C.B.R.
0			
5			
5			
0			
3	110	1000	11,00
5			
8			
6			
2			
0			
0			

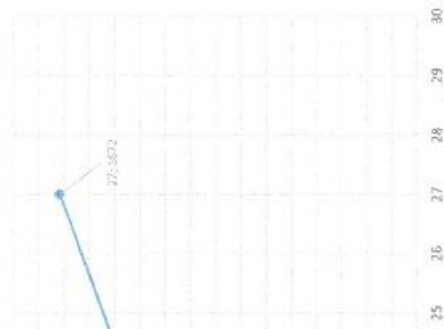
Alamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA - CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinesalasg@yahoo.com.mx

NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasiasg@yahoo.com.mx

NORMA: ASTM D 1885 y AASHTO T 193



CCIÓN

a)

0 Librs

st, Angel Patín

Jllo - 2018

ig. Paulina Salas G.

STM D 1883 y AASHTO T 193



Alamos 2. Leopoldo Ormazza Mz. G # 18
RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalasg@yahoo.com.mx

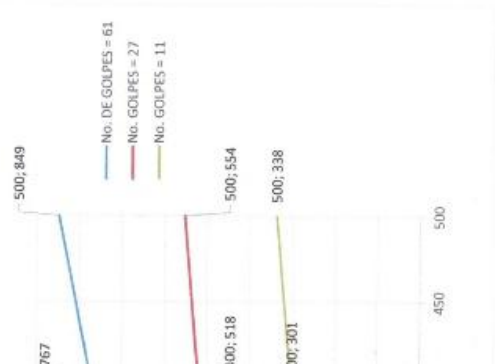
ECIACIÓN

MA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193

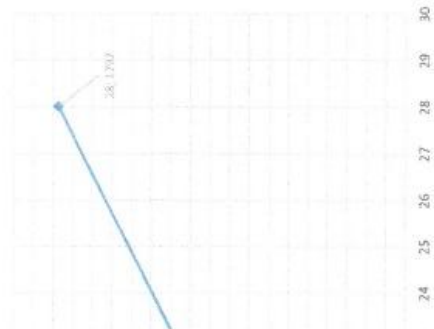
MOLDE Nº 3			
VALORES	PRESIONES CORRIGDS.	PRESION ESTANDAR	VALORES C.B.R.
pulg.2	lbs./pulg.2	lbs./pulg.2	
1			
2			
3			
4	70	1000	7,00
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Álamos 2, Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
 RIOBAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
 0987170820 - 032306621
 paulinasalaz@gmail.com.mx

NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



NORMA: ASTM D 1883 y AASHTO T 193



amos 2. Leopoldo Ormaza Mz. G # 18
BAMBA – CHIMBORAZO - ECUADOR
0987170820 - 032306621
paulinasalas@yahoo.com.mx

8.7. Anexo 7: Secuencia fotográfica.

Fotografías No. 1 y 2. Ensayo de análisis granulométrico.



Fotografías No. 3 y 4. Lectura de pesos del ensayo de análisis granulométrico.



Fotografías No. 5 y 6. Ensayos de Compactación con el Proctor estándar



Fotografías No. 7 y 8. Lectura de pesos del Ensayos de Compactación con el Proctor estándar



Fotografías No. 9,10 y 11. El ensayo de C.B.R. (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) – una vez realizada el C.B.R. y puesta en remojo.



Fotografías No. 12 y 13 . El ensayo de C.B.R. – realización de la comprobación después del remojo



Fotografías No. 14 y 15 . secado de humedades en horno y estufa



