



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado “Zalapa Alto”

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Castillo Betancourt, André Emilio

DIRECTOR: Esparza Villalba, Carmen Antonieta, M.Sc.

LOJA - ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Magister.

Carmen Antonieta Esparza Villalba.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado “Zalapa Alto”** realizado por **Castillo Betancourt André Emilio** ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2015

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo **Castillo Betancourt André Emilio** declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado “Zalapa Alto”, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo la Mgs. Carmen Antonieta Esparza Villalba directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja, y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos, tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la universidad”

CASTILLO BETANCOURT ANDRÉ EMILIO

C.I. 1104247315

DEDICATORIA

Dedicado a mi esposa Johanna Curay, mi querido y hermoso hijo André Sebastián, mis padres Víctor Castillo y Berta Betancourt, por ser el pilar para alcanzar este anhelado logro, a mis hermanos, Jhuliana, Lenin, Camila, como también a la familia Curay Ponce que me han brindado su apoyo, y me han sabido motivar para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Quiero primeramente agradecer a Dios y la Virgen Santísima del Cisne quienes me dieron fortaleza para alcanzar este gran logro académico.

A mi directora de proyecto M.Sc. Carmen Esparza, quien supo orientarme en cada una de mis dudas porque su conocimiento fue fundamental para culminar mi carrera, también agradecer al personal del laboratorio de Mecánica de Suelos por su colaboración para que se realice con éxito este proyecto de fin de titulación.

Finalmente, agradezco a mi familia, porque siempre me apoyaron para poder cumplir este sueño tan anhelado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	X
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 Introducción.....	4
1.2 Alcance.....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Justificación.....	6
1.5 Metodología de estudio.....	6
CAPÍTULO II.....	8
2.1 Introducción.....	9
2.2 La subrasante.....	10
2.3 Parámetros determinantes en la respuesta de la subrasante.....	10
2.3.1 Capacidad portante.....	10
2.3.2 Contenido de humedad.....	11
2.3.3 Contracción o expansión.....	11
2.4 Caracterización de la subrasante.....	12
2.4.1 Muestreo de las diferentes capas de suelos.....	13
2.5 Suelos de exploración.....	13
2.5.1 Humedad natural.....	14
2.5.2 Plasticidad.....	15
2.5.3 Índice de grupo.....	16
2.5.4 Granulometría.....	17
2.5.5 Clasificación de los suelos.....	18
2.5.6 Compactación de suelos.....	20
2.5.6.1 Proctor modificado.....	21
2.5.7 Ensayos de C.B.R.....	21
2.5.7.1 Módulo elástico (resiliente) de la subrasante.....	22
2.5.7.2 C.B.R de diseño.....	23
CAPÍTULO III.....	26

3.1 Metodología.....	27
3.2 Información de la zona de estudio.....	27
3.2.1 Topografía.....	28
3.2.2 Vegetación.....	28
3.2.3 Climatología.....	28
3.2.4 Precipitación.....	28
3.3 Delimitación de la zona de estudio.....	29
3.4 Identificación y obtención de puntos de muestreo con equipo GPS.....	29
3.5 Obtención de muestras	31
3.6 Ensayos de campo y laboratorio.....	31
3.7 Correlación del C.B.R con el equipo DCP.....	34
3.8 Registro de resultados.....	35
CAPÍTULO IV.....	36
4.1 Resultados obtenidos.....	37
4.2 Estudio de mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante del polígono de estudio.....	46
4.3 Mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.....	48
4.3.1 Mapa de zonificación geotécnica en base a la clasificación del suelo.....	48
4.3.2 Mapa de zonificación geotécnica según la capacidad portante del suelo	50
CAPÍTULO V.....	52
5.1 Conclusiones.....	52
5.2 Recomendaciones.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS.....	56
ANEXO 1: Ensayos de Laboratorio y de campo.....	56
ANEXO 2: Cálculo del C.B.R. de diseño.....	108
ANEXO 3: Ensayos de laboratorio de la cantera zalapa	109
ANEXO 4: Mezcla de material de cantera Zalapa y material de río.....	112
ANEXO 5: Mapas de zonificación geotécnica.....	118
ANEXO 6: Fotografías.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:	Paquete estructural de un pavimento.....	10
Figura 2.2:	Signos convencionales de los Tipos de Suelo.....	14
Figura 2.3:	Correlación entre las Clasificaciones y propiedades de los Suelos con el C.B.R.....	25
Figura 3.1:	Delimitación y puntos de muestreo de la zona de estudio- Zalapa Alto-PSAD 86.....	30
Figura 3.2:	Cono Dinámico de Penetración.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Criterios para definir un perfil de suelo.....	12
Tabla 2.2:	Clasificación de suelos para subrasante de carreteras.....	13
Tabla 2.3:	Clasificación de suelos según índice de plasticidad.....	16
Tabla 2.4:	Clasificación de suelos según índice de grupo.....	17
Tabla 2.5:	Tipos de suelo según índice de grupo.....	17
Tabla 2.6:	Clasificación del suelo según el tamaño de las partículas.....	18
Tabla 2.7:	Clasificación del suelo según el tamaño de las partículas.....	18
Tabla 2.8:	Categorías de la subrasante según el módulo resiliente.....	23
Tabla 2.9:	Límites para la selección de resistencia de la Subrasante.....	24
Tabla 2.10:	Clasificación y uso del Suelo según el valor de CBR.....	24
Tabla 3.1:	Coordenadas de las calicatas de la zona de estudio.....	31
Tabla 3.2:	Normas empleadas para ensayos en campo.....	32
Tabla 3.3:	Resumen de ensayos D.C.P y ensayos de Penetrómetro de bolsillo.....	33
Tabla 3.4:	Normas empleadas para ensayos en laboratorio.....	34
Tabla 3.5:	Ecuaciones de Correlación desarrolladas entre DCP y CBR.....	35
Tabla 4.1:	Clasificación AASHTO de las calicatas de estudio a diferentes profundidades.....	37
Tabla 4.2:	Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 1.....	38
Tabla 4.3:	Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 2.....	39
Tabla 4.4:	Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 3.....	40
Tabla 4.5:	Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 4.....	41
Tabla 4.6:	Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 5.....	42
Tabla 4.7:	Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 6.....	43
Tabla 4.8:	Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 7.....	44
Tabla 4.9:	Rango de resultados de Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, a diferentes profundidades.....	45

Tabla 4.10:	Cuadro de resumen: Capacidad de soporte del suelo.....	45
Tabla 4.11:	Resumen de resultados del estado natural de la cantera Zalapa.....	47
Tabla 4.12:	Resumen de resultados de la mezcla de material de río y la cantera Zalapa.....	47
Tabla 4.13:	Códigos utilizados para la zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo.....	48
Tabla 4.14:	Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.....	49
Tabla 4.15:	Tipos de zona según la clasificación de suelos AASHTO.....	49
Tabla 4.16:	Tipo de subrasante según la clasificación cualitativa del suelo.....	50
Tabla 4.17:	Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación según la capacidad portante del suelo.....	50
Tabla 4.18:	Simbología de cada zona según la capacidad portante.....	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1: Contenido de humedad.....	11
Ecuación 2.2: Contenido de humedad.....	11
Ecuación 2.3: Índice de plasticidad.....	16
Ecuación 2.4: Índice de grupo.....	16
Ecuación 2.5: Modulo Resiliente.....	23

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1: Ubicación de la zona de estudio (Zalapa Alto).....	27
Fotografía 3.2: Ensayo del penetrómetro de bolsillo.....	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1: Precipitaciones mensuales en la ciudad de Loja, entre los años de 1995 y 2009.....	29
---	----

SIMBOLOGÍA

Arc.Map	Análisis de mapas.
A.A.S.H.T.O	American association of state highway and transportation Officials
LL	Límite líquido.
LP	Límite plástico.
IG	Índice de grupo.
I.P.	Índice de plasticidad
C.B.R.	Valor de soporte de california
D.C.P.	Penetrómetro dinámico de cono.
G.P.S.	Sistema de posicionamiento global
S.U.C.S	Sistema unificado de la clasificación de suelos
A.S.T.M.	American section of the international association for testing materials.
U.T.M	Universal transverse mercator. (Sistema de coordenadas transversal de mercator).
M.T.O.P	Ministerio de transportes y obras publicas
N.P.	No Plástico

RESÚMEN

Este proyecto tiene como fin la caracterización de materiales de sub-rasante, aplicados a obras de infraestructura vial, en el Polígono “Zalapa Alto “de la ciudad de Loja, donde se realizó la exploración, extracción del suelo, ensayos in situ y laboratorio de cada calicata, y obtener las características físicas-mecánicas del suelo para crear un mapa de zonificación geotécnica.

Se consideró siete puntos de la zona donde se recopiló información, se realizaron visitas de campo, delimitación de la zona, y extracción de las muestras a una distancia de 500(\pm 100) m entre cada punto a profundidades de 0,50m, 1.00m y 1.50m para desarrollar los ensayos en laboratorio como: contenido de humedad, límites de consistencia (LL,LP,IP), granulometría , proctor modificado, CBR y abrasión, y determinar las características de los materiales.

La clasificación AASHTO en la mayoría de las calicatas, indica la presencia de suelos arcillosos (A-2-7, A-7-6, A-7-5, A-2-6) por lo que se elaboró un mapa de zonificación geotécnica de la zona de estudio y conocer las zonas características en software.

PALABRAS CLAVES: Subrasante, Mapa de Zonificación Geotécnica, suelos, compactación, AASHTO.

ABSTRACT

This project aims to the characterization of subgrade materials applied to road infrastructure works at the “Zalapa Alto” polygon, where it was made the exploration, soil extraction, in-situ essays and tests from trenches, and it was obtain the physical-mechanical characteristics of the soil to create a map of geotechnical zoning.

It was considered 7 points of the zone where the information was compiled, field visits were made, delimitation of the area, and extraction of the samples to a distance of 500((±100)m between each point to a depth of 0.50m, 1.00m and 1.50m to develop the laboratory essays as: humidity content, consistency limits (LL,LP,IP), granulation, modified proctor, CBR and abrasion; and to determine the characteristics of the materials.

The AASHTO classification in most of the trenches indicates the presence of clay soil (A-2-7, A-7-6, A-7-5, A-2-6) for which it was elaborated a geotechnical zoning map of the study area and to know the featured areas in software.

KEYWORDS: Subgrade, Geotechnical Zoning Map, Soils, Compaction, AASHTO.

CAPÍTULO I

1.1 Introducción.

En el movimiento de tierras (corte y relleno) la superficie terminada de la carretera corresponde a la subrasante, la cual constituye el soporte natural en la construcción de los pavimentos, la calidad de los materiales que está compuesta la subrasante percibe desde suelos seleccionados con características aceptables y también compactados por capas para constituir un cuerpo estable en optimo estado, la mala calidad de los suelos puede afectar el espesor del pavimento flexible o rígido, y al desarrollo de infraestructura vial.

En la ciudad de Loja los cambios de volúmenes de los suelos provocado por la humedad y el inadecuado estudio de las características físico-mecánicas de los materiales de subrasante, genera daños en el periodo de vida útil del pavimento en algunas zonas de la urbe, debido a que los esfuerzos, agrietamientos y desplazamientos son influidas por la subrasante a través del tránsito, presentando malestar y riesgos a todos los usuarios.

El buen manejo en las características de los materiales de subrasante facilita datos necesarios para el tipo y diseño de pavimento que se va utilizar. Con el fin de proporcionar información de estos datos en el presente proyecto de investigación se realizó un estudio en un determinado sector del Barrio Zalapa Alto, el mismo que se lo ha denominado zona de estudio en el cual se realizó 7 calicatas en diferentes puntos del sector, sin antes señalar que en dicho sector aun no existen estudios de subrasante para obras viales, para lo cual se excavó y exploró los diferentes materiales a diferentes profundidades, se elaboró según la Norma ASTM, los ensayos en campo del penetrómetro dinámico y del penetrómetro de bolsillo.

Las muestras de suelo de cada calicata fueron llevadas al laboratorio y según la Norma AASHTO fueron ensayados mediante la clasificación de los suelos, ensayos de abrasión, ensayos de densidad y ensayos de CBR, para determinar el estudio de las características del suelo. Se incluye los ensayos de suelo de la mezcla de material de río con los materiales de la cantera más cercana a la zona de estudio como es la cantera de Zalapa de la cual se propone un material que mejore las características de la subrasante tomando en cuenta la normativa por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas .

1.2 Alcance.

El alcance de este estudio consiste en proporcionar información de una base de datos en una zona específica de la Ciudad de Loja de los materiales a nivel de subrasante tales como:

- Características físico-mecánicas de la subrasante,
- Capacidad portante del suelo mediante ensayos de C.B.R. y D.C.P.

De tal manera que en el polígono de estudio denominado “Zalapa Alto” se pueda brindar información de los materiales de subrasante con fines de estudio y diseño de infraestructura vial para el progreso de la ciudad y la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

- ✚ Caracterizar los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono Zalapa- Alto.

1.3.2 Objetivos específicos.

- ✚ Obtener datos geotécnicos según la caracterización de las propiedades físicas de los suelos correspondientes a cada punto donde se va realizar el estudio.
- ✚ Identificar la capacidad de soporte del suelo que existe a nivel de la subrasante.
- ✚ Facilitar la información de datos que corresponden a la zona de estudio mediante la modelación de un mapa de zonificación.
- ✚ Generación de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.

1.4 Justificación.

La falta de conocimientos, estudios, e información de las características y propiedades del suelo a nivel de subrasante en varias zonas de la ciudad de Loja ha surgido la necesidad de conocer las propiedades y características, lo cual son muy importantes al momento de ser consideradas en el diseño de obras de infraestructura vial

Esta investigación contempla los estudios en una zona estratégica denominado “Zalapa Alto” en el cual permite visualizar las características físicas y mecánicas del suelo, a nivel de la subrasante mediante un mapa de zonificación y así proporcionar al personal involucrado, entidad pública o al usuario, datos coherentes e información de la zona de estudio que servirán como base para el diseño de pavimentos, en zonas de crecimiento urbano.

1.5 Metodología de estudio.

Este proyecto se inició con la revisión de las metodologías y herramientas de cálculo disponibles para la caracterización de materiales de subrasante, siguiendo un procedimiento general que se detalla a continuación:

- ✚ Recopilar información preliminar de la zona de estudio donde se va realizar los estudios del suelo de subrasante.
- ✚ Delimitación del mapa base en el cual se delimitará la zona de estudio.
- ✚ Visita del lugar en donde se va a realizar el estudio y análisis de los materiales de subrasante.
- ✚ Obtener puntos con la ayuda de un GPS, en los sitios donde se va a realizar la extracción de muestras, a una distancia de 500(±100) m, que son referenciados en el mapa base.
- ✚ Recolección de muestras mediante la excavación de calicatas a diferentes profundidades (0.5m, 1.00m y 1.5m), ensayos in situ, y los respectivos ensayos en laboratorio.

- ✚ Correlación del CBR con el equipo DCP.

- ✚ Obtener un registro de resultados de los materiales a nivel de la subrasante presentes en la zona de estudio.

- ✚ Estudio de la cantera Zalapa cercana a la zona de estudio para mejorar las características física – mecánicas del material de sub-rasante.

- ✚ Realizar un mapa de Zonificación geotécnica de la clasificación de las diferentes calicatas de la zona de estudio y la clasificación cualitativa del suelo para el uso de la sub-rasante mediante software.

CAPÍTULO II

2.1 Introducción.

El estudio de la subrasante se contempla en un parámetro muy importante en la construcción de los pavimentos puesto que es el soporte natural del pavimento, y la calidad de los materiales va en función de las características, es decir que si hay una mala calidad de los mismos puede afectar notablemente el espesor del pavimento, y al desarrollo de infraestructura vial.

Montejo Fonseca (2006), manifiesta que:

De la calidad de la subrasante depende en que se pueda dar un apoyo razonablemente uniforme sin cambios bruscos en el valor soporte y, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento-retracción).

Las variables básicas que se consideran para el diseño de la estructura de un pavimento rígido o flexible que estará encima, la conforman la capacidad de soporte, el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura.

Si existe un suelo natural al momento de explorar la subrasante en la zona de estudio de mala calidad, se recomienda mejorar este suelo considerando materiales adecuados mediante un suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros.

Al mejorar el suelo con un material seleccionado aplicado al suelo de la subrasante que se encuentra in situ se logra mejorar su capacidad de soporte y disminuir la plasticidad y sensibilidad cuando exista la presencia de agua.

2.2 La subrasante.

- La subrasante se la puede definir como el soporte natural, preparado y compactado con una alta capacidad de soporte en la cual se puede construir un pavimento.
- La subrasante es la superficie completamente terminada de una carretera a nivel del movimiento de tierras.

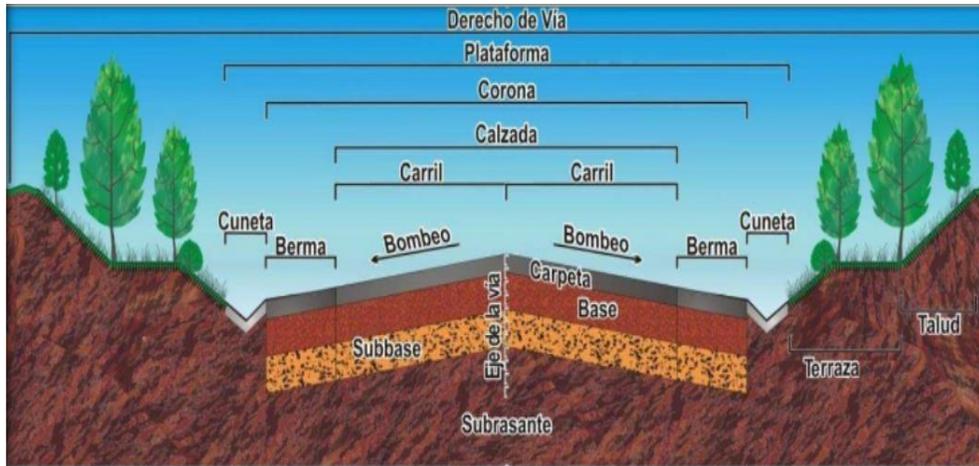


Figura 2.1. Paquete estructural de un pavimento.

Fuente: Adaptada de [http:// www.mintransporte.gov.com](http://www.mintransporte.gov.com)

2.3 Parámetros determinantes en la respuesta de la subrasante.

Oviedo (2013) menciona que:

El comportamiento de una subrasante generalmente depende de tres características básicas, las cuales se hallan interrelacionadas entre sí, siendo éstas las siguientes:

2.3.1 Capacidad portante.

Las cargas que transmiten el pavimento son soportadas por la subrasante para lo cual es importante que el tipo de suelo, el grado con el cual esta compactada, y el contenido de agua sean los más óptimos para que esta capa de la subrasante tenga la suficiente capacidad de resistir todo tipo de carga.

El pavimento debe de ofrecer una superficie cómoda al momento que hay la circulación de vehículos por lo que resulta primordial que la capa de subrasante sin que exista deformaciones esté preparada para soportar en cada momento diferentes cargas.

2.3.2 Contenido de humedad.

Los suelos muchas de las veces se ve afectada por el cambio de humedad en la subrasante produciéndose contracciones y expansiones indeseables, especialmente cuando se muestran suelos finos.

Los medios de drenaje y el aumento en el nivel freático son factores principales que afectan al contenido de humedad, al momento de que la capa de subrasante contenga un alto contenido de humedad esta se puede deformar rápidamente debido a las cargas que producen el paso de los vehículos.

Para determinar el contenido de humedad se calcula mediante la fórmula:

$$W = \frac{w1-w2}{w2-wc} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$W = \frac{Ww}{Ws} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dónde:

- W: Contenido de humedad %
- w1: Peso del recipiente y suelo húmedo, (g)
- w2: Peso del recipiente y suelo seco, (g)
- wc: Peso del recipiente, (g)
- Ww: Peso del agua, (g)
- Ws: Peso de las partículas sólidas, (g)

2.3.3 Contracción o expansión.

El contenido de humedad y el grado de plasticidad son elementos que consiguen que los suelos se expandan o contraen, al no tomarse en cuenta un pavimento que está construido sobre estos suelos, estos se pueden deformar y sufrir daños prematuramente.

Las deflexiones admisibles en la subrasante deben ser controladas cumpliendo que la presión transmitida por la carga se mantenga por debajo del valor de la carga máxima transmitida al suelo, para lo cual deberá tomarse en cuenta CBR del material con el que se ejecutará el mejoramiento.

2.4 Caracterización de la subrasante.

Para establecer las características físico-mecánicas de los materiales se puede realizar exploraciones en calicatas a una profundidad de 1.50 m, colocados a una distancia de 250 y 500 m entre sí, tal como se indica en la tabla 2.1 donde se muestra varios criterios a considerar para realizar las calicatas y poder determinar su perfil de suelos.

Tabla 2.1. Criterios para definir un perfil de suelo

Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos		
TIPO DE ZONA	ESPACIAMIENTO (m)	PROFUNDIDAD (m)
1. Carreteras	250-500	1,5
2. Pistas de aterrizaje.	A lo largo de la línea central, 60-70 m	Cortes: -3m debajo de la rasante Relleno: -3m debajo de la superficie existente del suelo
3. Otras áreas pavimentadas	1 perforación cada 1000 m ²	Cortes: 3m debajo de la rasante Relleno: 3m debajo de la superficie existente del suelo
4. Préstamos	Pruebas suficientes para definir claramente el material	Hasta la profundidad que se propone usar como préstamo.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3a Edición Tomo 1, Alfonso Montejo Fonseca (adaptado por el autor).

La caracterización de los suelos de subrasante se puede establecer por medio de las siguientes etapas:

- Exploración de la subrasante
- Ejecución en laboratorio de ensayos para establecer las propiedades físico-mecánicas
- Elaboración de los perfiles estratigráficos de las diferentes calicatas en estudio.
- Determinar el valor de capacidad de soporte de la subrasante.

2.4.1 Muestreo de las diferentes capas de suelos.

En una determinada zona de estudio se debe tomar muestras alteradas por cada calicata que existe para el análisis, las muestras deben ser representativas y a su vez obtenidas a diferentes profundidades de (0.50 – 1.00 – 1.50) m, se debe tomar en cuenta que la distancia entre calicata puede ser de 250 a 500 metros, para el estudio de carreteras.

2.5 Suelos de exploración.

La metodología más empleada para realizar la clasificación de los suelos de subrasante encontrados en nuestra zona de estudio de cada calicata, es el sistema de clasificación AASHTO, el cual es recomendado en la construcción de vías, en donde los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril tal como se indica en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Clasificación de suelos para subrasante de carreteras

CLASIFICACIÓN GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N°200)						Materiales Limo – Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N°200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB – GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% que pasa el Tamiz N°10 N°40 N°200	50 máx.										
	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del material que pasa el tamiz N°40											
Limite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupos	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular o Deficiente				
Para A-7-5, IP ≤ LL - 30 Para A-7-6, IP > LL - 30											

Fuente: Bowles, J. (1981, pág. 70).

Cada grupo y subgrupo de la clasificación AASHTO se los puede identificar mediante un signo convencional, dependiendo del tipo de suelo que existe según el perfil estratigráfico de la calicata tal como se muestra en la figura 2.2.

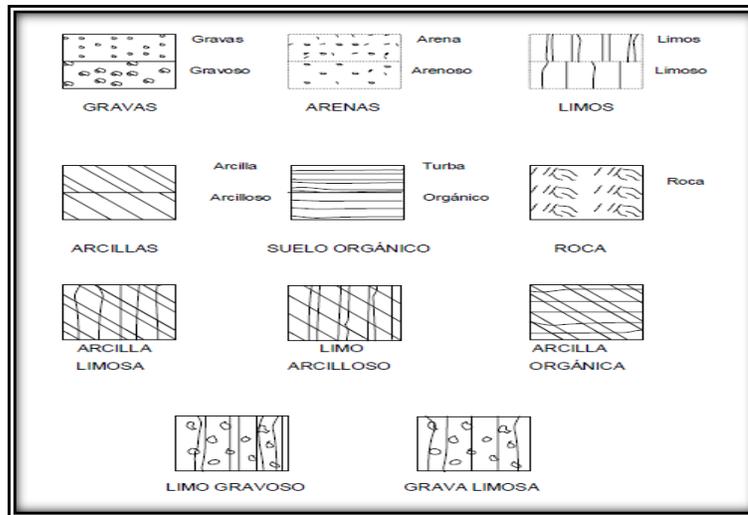


Figura 2.2. Signos convencionales de los tipos de suelo.

Fuente: Crespo, C. (1995, pág. 27).

Para la presente investigación se debe tomar en cuenta las propiedades que se mencionan a continuación:

- Humedad natural
- Plasticidad
- Granulometría
- Índice de Grupo
- Clasificación de los suelos
- Ensayos de Compactación
- Ensayos C.B.R.

2.5.1 Humedad natural.

Vásquez (2014) se refirió al libro de Montejo Fonseca de la siguiente forma:

Si la humedad natural está cerca del límite líquido es posible que estemos ante la presencia de un suelo sensitivo que perderá gran parte de su resistencia natural cuando sea alterado por la acción del equipo de movimiento de tierra. Si por el contrario, la

humedad natural es aproximadamente natural al límite plástico durante cualquier periodo estacional, se puede decir con cierta seguridad que el suelo presentara un buen comportamiento como subrasante del pavimento (p.29).

El contenido de humedad se lo puede determinar en estado natural aplicando norma AASHTO T 265 – 93 (2000).

2.5.2 Plasticidad.

Marín (2010) menciona que: “La plasticidad es la propiedad que expresa la magnitud de las fuerzas de las películas de agua dentro del suelo ya que éstas permiten que el suelo sea moldeado sin romperse hasta un determinado punto, depende únicamente de sus elementos finos, no se la puede determinar por granulometría pero si por medio de los límites de Atterberg” (p.35-36).

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se establecen según la concepción de los suelos finos presentes en la naturaleza, pueden establecerse en diferentes estados, dependiendo del contenido de humedad. Entonces un suelo se puede hallar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

Límite líquido de un suelo, es el contenido de agua que este tiene y se lo determina con el siguiente proceso en el cual el suelo pasa del estado plástico al líquido, el ensayo se lo realiza basado en la norma AASHTO T 89 – 02.

Límite plástico, se denomina a la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelo de 3,2 mm(1/8”) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa(vidrio esmerilado) sin que dichos cilindros se desmoronen al ensayo se lo realiza basado en la norma AASHTO T 90 – 00.

Mediante el límite líquido y límite plástico se puede obtener el índice de plasticidad que numéricamente es la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

$$IP = LL - LP \quad (2.3)$$

El IP (índice de plasticidad) clasifica de una buena manera un suelo. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y tipo de arcilla presente en la muestra, sin embargo el índice de plasticidad depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo tal como se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Media	Suelos arcillosos
10 > IP > 4	Baja	Suelos pocos arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos extensos de arcillas

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, Perú.

Es importante señalar que si un suelo con un alto contenido de arcilla, puede causar daños en un suelo de subrasante y el pavimento, debido a que también es muy sensible al agua.

2.5.3 Índice de grupo.

Es un índice normado por la AASHTO donde la clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz número 200.

El índice de grupo se determina a través de la evaluación en cada grupo, mediante el cálculo de la fórmula empírica:

$$IG = (F - 35) * [0,2 + 0,005 * (LL - 40)] + 0,01 * (F - 15) * (IP - 10) \quad (2.4)$$

Dónde:

IG: Índice de grupo

LL: Límite líquido

F: Porcentaje que pasa el tamiz ASTM n° 200

IP: Índice de plasticidad

Si el índice de grupo calculado resulta un valor negativo, se indica que es cero este índice cero indica un suelo muy bueno, y por otro lado un índice igual o mayor a 20, indica un suelo no aprovechable para suelos de subrasante, tal y como se indican en las siguientes tablas.

Tabla 2.4. Clasificación de suelos según índice de grupo

Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", Perú.

El índice de grupo también comprende el rango que debería tomarse en cuenta en los diferentes tipos de suelo según la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Tipos de suelo según índice de grupo

Tipos de suelos	Valor de (IG)
Suelos granulares	0 a 4
Suelos limosos	8 a 12
Suelos Arcillosos	11 a 20, o mas

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", Perú.

2.5.4 Granulometría.

La granulometría determina las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada a través del tamizado según especificaciones técnicas ensayadas por medio de la norma AASHTO T88-00. Para obtener un resultado satisfactorio la muestra debe ser representativa de la masa de suelo.

Según el tamaño de partículas de suelo se puede clasificar el tipo de suelo de cada muestra tal como se muestra en la tabla 2.6

Tabla 2.6. Clasificación del suelo según el tamaño de las partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75mm- 4.75 mm
Arena		Arena gruesa : 4,75 mm -2mm Arena media: 2mm -0.425mm Arena fina: 0.425mm-0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", Perú.

2.5.5 Clasificación de los suelos.

En éste acápite se podrá evaluar el comportamiento de los suelos tomando en consideración la plasticidad, índice de grupo y granulometría. En la tabla 2.7 indica el comportamiento próximo de los suelos y la semejanza que hay entre la clasificación SUCS y AASHTO la cual permitirá definir las secciones similares desde una perspectiva geotécnica y poder establecer la clasificación de los suelos mediante clasificación AASHTO.

Tabla 2.7. Clasificación del suelo según el tamaño de las partículas

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos SUCS
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", Perú.

El sistema de clasificación AASHTO se comprende de grupos y subgrupos para suelos granulares y suelos finos:

Suelos Granulares (Montejo Fonseca, 2010).

“Estos suelos forman los grupos A-1, A-2 y A-3. Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200.

Grupo A-1: El material de este grupo comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.

Subgrupo A-1a: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.

Subgrupo A-1b: Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.

Grupo A-2: Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino.

Subgrupo A-2-4 y A-2-5: Pertenecen a estos subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% cuya fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5, respectivamente.

Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tengan un contenido de limo, o índices de grupo, en exceso a los indicados por el grupo A-1. Así mismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

Subgrupos A-2-6 y A-2-7: Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz número 40, tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente.

Grupo A-3: En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

Suelos finos limo arcillosos

Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz número 200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Grupo A-4: Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz número 200. Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta un 64%.

Grupo A-5: Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

Grupo A-6: el material típico de este grupo es la arcilla plástica, Por lo menos el 15% de estos suelos debe pasar el tamiz número 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas. Cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

Grupo A-7: Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6 pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados.

Subgrupo A-7-5: incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.

Subgrupo A-7-6: Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además, experimentan cambios de volumen extremadamente grandes”.

2.5.6 Compactación de suelos.

Para Bernis y Gómez (2010), en la construcción de terraplenes es importante la compactación de los suelos para:

- Aumentar la resistencia al corte y por consiguiente, mejorar la estabilidad y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.
- Disminuir la compresibilidad y así reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos y por consiguiente, reducir la permeabilidad.

- Reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento .

Para la compactación en el suelo es necesaria la obtención de una densidad mínima que es una proporción de la densidad máxima seca adquirida en el laboratorio, una forma sencilla de determinar la densidad es exigir en obra el 95% o el 100% de Proctor modificado.

2.5.6.1 Proctor modificado.

En este ensayo se aplicó la norma AASHTO T-180-D, la cual consiste en compactar, el suelo humedecido en estudio en el molde normalizado mediante cinco capas iguales, que den una altura total compactada alrededor de 5", compactándose cada capa mediante 56 golpes del martillo distribuidos uniformemente, se lo pesa y se procede a encontrar la humedad de dicho suelo, luego se repite el procedimiento añadiendo un poco más de agua al suelo y así por lo menos con cinco puntos; se calcula la humedad de cada muestra y también la densidad alcanzada por el suelo en cada caso.

Con estos datos graficamos densidad VS Humedad, el punto de densidad máxima corresponde a la humedad óptima.

2.5.7 Ensayo de C.B.R.

“El índice de california CBR, es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas” (Montejo Fonseca, 2010, p.64).

El valor de C.B.R. es un parámetro de caracterización bastante utilizado en la tecnología de dimensionamientos de la estructura de pavimento ya que proporciona información de la capacidad portante del suelo. Para realizar el ensayo de C.B.R se toma en cuenta la Norma ASSHTO T-193 donde se inicia con la diferencia entre la humedad óptima y la humedad inicial para determinar la cantidad de agua que debe adicionarse al suelo para que se compacte a la densidad máxima.

Luego con el suelo en estudio, teniendo en cuenta la humedad óptima, se procede a conformar las muestras para el ensayo de Penetración. Se rellena el molde con cinco capas compactadas

con 56 golpes, con el martillo normalizado, por capa, se enrasa y se pesa, determinando la humedad del suelo; se repite para 25 y 10 golpes por capa.

Los moldes se sumergen en agua y sobre la superficie de la muestra la placa perforada acompañada de los pesos anulares, se realiza una calibración inicial antes de sumergir y se toma una lectura inicial con la muestra sumergida, y luego se realiza lecturas cada 24 horas , por el lapso de 96 horas para determinar el hinchamiento.

En la prueba de penetración se coloca el molde en la máquina de compresión y se mide la carga que necesita para producir cierta deformación en determinado tiempo.

Se gráfica densidad vs C.B.R. y al 95% de la densidad máxima le corresponde el valor de CBR.

2.5.7.1 Módulo elástico (resiliente) de la subrasante.

Sangucho (2011) indica que los métodos de diseño actuales emplean el valor de los módulos de elasticidad E de los materiales, por ser el resultado de una serie de ensayos fundamentales científicos en sustitución del ensayo del C.B.R.

El módulo de elasticidad de los materiales normalmente empleados en la construcción de subrasante natural y/o mejorada, se denomina Módulo Resiliente (M_r), el cual es el resultado de un ensayo de tipo dinámico. Se define como la relación entre los esfuerzos principales y deformación axial recuperable (p.23).

Debido a la carencia de los equipos especializados para determinar el módulo resiliente, es posible la utilización de correlaciones en el C.B.R.

Huekelom y Klomp (1962) propusieron: que uno de los métodos de diseño que se basa en los estudios estructurales es el módulo elástico de la subrasante, que es determinado indirectamente de la relación entre el módulo de la subrasante (E_s) y el del CBR.

Con el valor de CBR de diseño y tomando a consideración que en la zona de estudio de Zalapa Alto existe gran porcentaje de suelos finos en su mayoría arcillas con un CBR < 10% , es necesario aplicar la siguiente ecuación sugerida por las normas AASTHO :

$$M_R \text{ (psi)} = 1500 * CBR \text{ Para C.B.R} < 10\% \quad \text{Ó} \quad M_R \text{ (MPa)} = 10.34 * CBR \quad (2.5)$$

Una vez obtenido el módulo resiliente, se clasifica la subrasante de acuerdo con las categorías indicadas en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Categorías de la subrasante según el módulo resiliente.

Módulo Resiliente (Kg/cm ²)	Categorías
300 < MR < 500	S1
500 < MR < 700	S2
700 < MR < 1000	S3
1000 < MR < 1500	S4
MR > 1500	S5

Fuente. Adaptada Alfonso, M. (2006).

2.5.7.2 C.B.R de diseño.

El valor de C.B.R. de un suelo es el parámetro de caracterización más utilizado en la tecnología de dimensionamientos de la estructura de pavimento por cuanto puede ser utilizado en la caracterización de la resistencia de los suelos de subrasante, sub-bases granulares.

El Instituto del Asfalto describe la forma más adecuada para determinar el CBR de diseño o el valor de resistencia de diseño de la subrasante, en el cual señala que el 60, 75, o el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor con el transito que va a pasar sobre el pavimento.

El CBR de diseño es un valor adoptado de todos aquellos valores analizados para una misma zona de estudio se puede proceder de la siguiente manera:

- Se ordena de menor a mayor todos los valores de CBR.
- Se determina en cada cambio de valor de CBR el número total de valores de CBR mayores o iguales a este valor y expresarlo en porcentaje (%) con relación al total.
- Se elabora una gráfica de CBR vs Frecuencia.

Según las especificaciones del Ministerio de transportes y obras públicas (MTO) se determinó el cálculo del CBR de diseño para toda la zona de estudio en función de los valores de CBR de laboratorio obtenidos de cada una de las calicatas considerando el nivel de tráfico que estará circulando en dichas obras de vialidad tal como se muestra en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Límites para la selección de resistencia de la subrasante.

Clase de tránsito	Nivel de tránsito (N)	Valor de diseño %
Liviano	10^4 o menos	60%
Mediano	$10^4 - 10^6$	75%
Pesado	mayor de 10^6	87,50%

Fuente: Montejo Alfonso. (2010). Ingeniería de Pavimentos; Tercera edición Tomo 1. Editorial Panamericana Formas e Impresas S.A., Colombia.

Con el valor del CBR de diseño de la zona de estudio, y el rango comprendido de dicho valor, se puede determinar cuál es la categoría que se le debe asignar al suelo para el uso de la subrasante, tal como se indica en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Clasificación y uso del Suelo según el valor de CBR.

CBR DE DISEÑO AL 95% DE COMPACTACIÓN	CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DEL SUELO	USO
2% -5%	Muy Mala	Subrasante
5% -8%	Mala	Subrasante
8% - 20%	Regular-Buena	Subrasante
20% - 30%	Excelente	Subrasante

Fuente: Assis A.1988 (adaptada por el autor).

El esquema de la figura 2.3, corresponde a la clasificación AASHTO y al sistema Unificado, es decir a una apreciación general del suelo como subrasante, sub-base o base. La representación de la figura relaciona las tipologías de suelo con el C.B.R. (California Bearing Ratio) (Relación de Soporte de California).

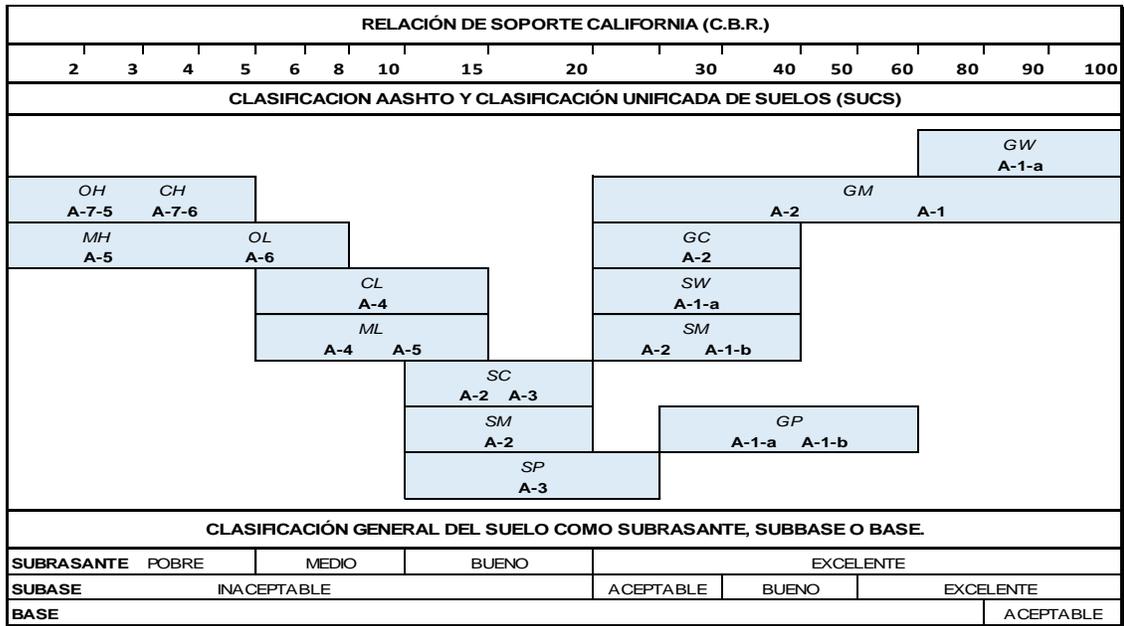


Figura 2.3. Correlación entre las Clasificaciones y propiedades de los Suelos con el C.B.R.
Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", Perú.

CAPÍTULO III

3.1 Metodología.

Teniendo en cuenta la información necesaria del capítulo anterior y una vez definido todos los parámetros para la caracterización de los materiales de subrasante se procede a detallar la metodología utilizada in situ y en laboratorio para la presente investigación, la cual se realizó de acuerdo a las siguientes fases:

3.2 Información de la zona de estudio.

La zona de estudio se encuentra ubicada en el sector noroeste de la ciudad de Loja en el sector de “ Zalapa Alto” en donde existe un asentamiento poblacional bajo, la mayor parte de esta zona es aprovechada por las personas para realizar actividades de agricultura y ganadería. El terreno del sector es de tipo ondulado. Además existe presencia de lagunas artificiales. (Fotografía 3.1).



Fotografía 3.1. Ubicación de la zona de estudio (Zalapa Alto).

Fuente: Autor.

En la zona de estudio hasta la realización de este proyecto, no se tiene estudios de subrasante, motivo por el cual fue necesario conocer las condiciones ambientales, topográficas, drenaje etc. para la localización de las calicatas.

3.2.1 Topografía.

En base a las visitas de campo y observaciones del sector, se puede señalar que la zona donde se realizó el estudio posee una topografía irregular con pendientes entre el 30 y 60 %, existen un sin número de caminos que se presentan a nivel de mejoramiento.

3.2.2 Vegetación.

La mayor parte en el sector de Zalapa Alto comprende área verde, razón por la cual la producción ganadera es visible en este lugar, debido a las haciendas ganaderas que se dedican a la producción de leche y crianza de ganado, también el lugar cuenta con pequeños bosques compuestos en su mayoría por arboles de eucalipto y ciprés.

3.2.3 Climatología.

La ciudad de Loja cuenta con clima templado andino, sin estación seca, en los meses de junio y julio, se presenta una llovizna tipo oriental con vientos alisios y en el mes de septiembre pequeñas lloviznas.

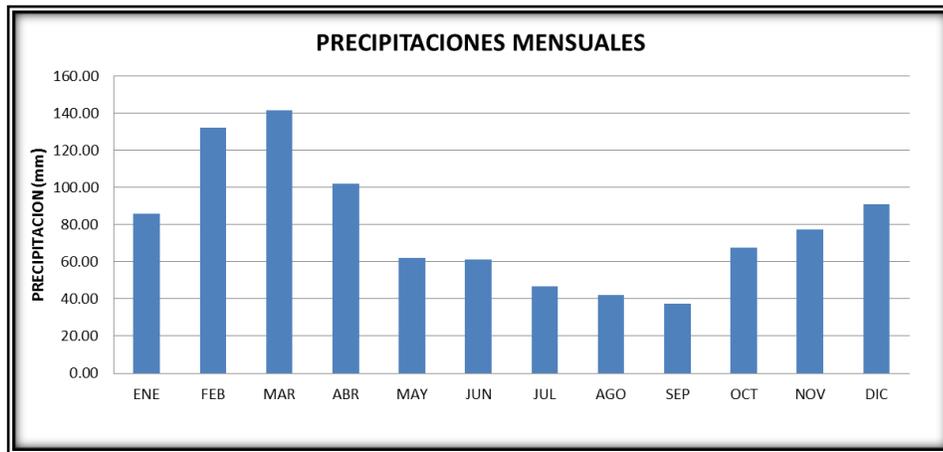
Las temperaturas fluctúan entre 12° y 21° grados centígrados como es natural el clima de la Sierra Ecuatoriana del Ecuador.

3.2.4 Precipitación.

Todo el año la ciudad de Loja cuenta con precipitaciones con un promedio mensual de 79.02 mm, de los cuales el más fuerte de las precipitaciones se da en el mes de diciembre, enero, febrero, marzo, y abril.

La ciudad de Loja cuenta con una estación meteorológica en el sector de la "ARGELIA" que registra datos anualmente de precipitación de 948.24 mm que se los obtiene del procesamiento de datos de precipitaciones mensuales.

Gráfico 3.1. Precipitaciones mensuales en la ciudad de Loja, entre los años de 1995 y 2009



Fuente: INHAMI, <http://www.inamhi.gob.ec/index.php/clima/anuarios-metereologicos>.

3.3 Delimitación de la zona de estudio.

En la delimitación de la zona de estudio es importante conocer las condiciones del lugar para poder definir cada uno de los puntos del área de estudio, motivo por el cual se obtuvo coordenadas de cada calicata mediante la visita técnica realizada por el tutor principal de la titulación, y el estudiante considerando la existencia de caminos o carreteras cercanas a la calicata.

La delimitación del polígono denominado “Zalapa Alto” se lo determino empleando el mapa topográfico DATUM PSAD 56 referente a la zona de estudio con un área aproximada de 162.30 hectáreas.

3.4 Identificación de los puntos de muestreo con equipo GPS.

Para la ubicación de las calicatas se ha utilizado el equipo GPS, este equipo proporciona las coordenadas de los puntos donde se ubican las calicatas que intervienen en la zona de estudio y en las cuales se va a realizar la extracción de la muestra que serán analizadas en laboratorio, se debe tomar en cuenta las excavaciones en el terreno para definir un perfil de suelo, con un espaciamiento de (250 - 500) m entonces se tiene los puntos en el DATUM PSAD 86, a distancias aproximadas a 500 m como se visualiza en la figura 3.1.

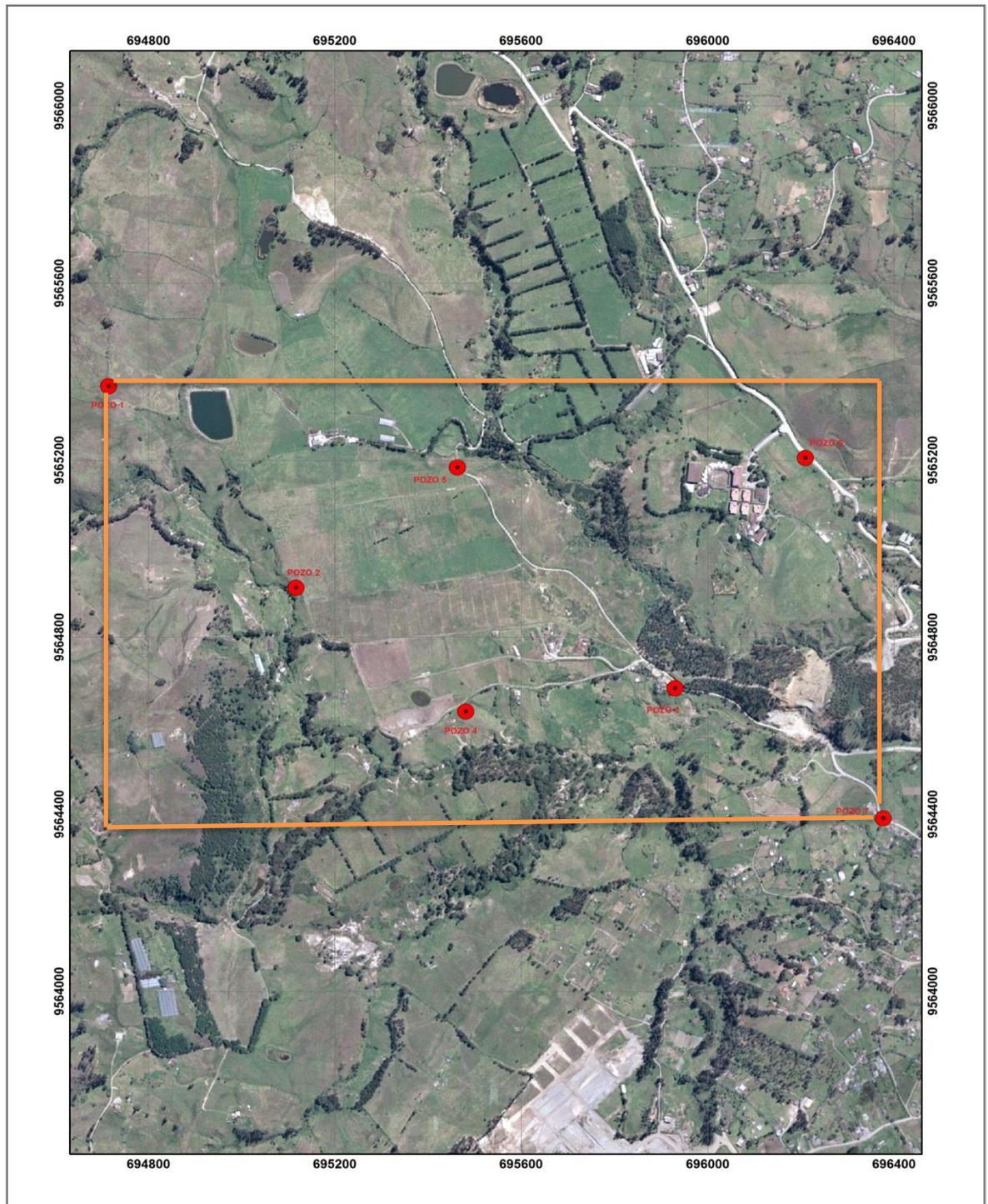


Figura. 3.1. Delimitación y puntos de muestreo de la zona de estudio- Zalapa Alto- PSAD 56.

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps>. (Adaptada por el autor).

En la tabla 3.1 se muestra las coordenadas de cada una de las calicatas donde se va realizar el análisis:

Tabla 3.1. Coordenadas de las calicatas de la zona de estudio

CALICATA	UBICACIÓN	NORTE	ESTE	COTA
1	Zalapa Alto	9565367,13	694714,22	2192
2	Zalapa Alto	9564911,79	695116,92	2106
3	Zalapa Alto	9564684,90	695930,07	2093
4	Zalapa Alto	9564632,14	695481,22	2090
5	Zalapa Alto	9565183,31	695463,41	2117
6	Zalapa Alto	9565205,13	696210,21	2100
7	Zalapa Alto	9564391,14	696377,21	2048

Fuente: Autor.

3.5 Obtención de muestras.

En cada calicata se obtuvieron muestras alteradas a profundidades de 0.50, 1.00, y 1.50 m con un volumen de excavación manual máximo total de 1.5 m³, a distancias de 250 a 500 m aproximadamente.

En cada estrato se tomaron muestras representativas identificadas cada una con su ubicación y profundidad a que fueron obtenidas, también se tomaron muestras de la subrasante con el propósito de poder determinar el ensayo de C.B.R. y poder correlacionarlos con las ecuaciones del Módulo de Resiliencia (MR) con distancias aproximadas de 500 m de punto a punto.

3.6 Ensayos de campo y laboratorio.

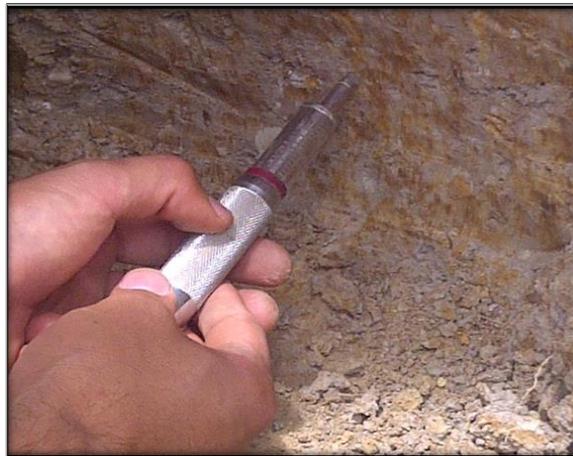
En la zona de estudio se realizaron pruebas manuales de campo donde se determinó la capacidad de soporte de los suelos in situ, y determinar la medida de resistencia a la penetración mediante ensayos tales como:

Tabla 3.2. Normas empleadas para ensayos en campo

Ensayos en campo o (IN SITU)	Norma
Ensayo (DCP) Penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos	ASTM D 6951-03
Ensayo Penetrómetro de bolsillo	ASTM D 2573-94

Fuente: Autor.

Los ensayos de campo se detallan a continuación: El ensayo del penetrómetro de bolsillo tiene la finalidad de determinar la resistencia a la compresión inconfiada (q_u) de las arcillas que puede ser determinada en el campo se introduce con la presión de la mano, en la arcilla a una profundidad predeterminada y se mide la presión requerida para su penetración, este ensayo proporciona un valor muy crudo de la resistencia a la compresión inconfiada y su utilización requiere correlaciones con otros ensayos.



Fotografía 3.2. Ensayo del penetrómetro de bolsillo.
Fuente: Autor.

Montejo Fonseca (2006) concluye:

El Ensayo (DCP) Penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos mide la penetración total conseguida para un cierto número de golpes el cual se registra en mm/golpe en suelos inalterados y/o compactados, una medida que posteriormente se emplea para representar la rigidez del suelo. La penetración se relaciona con la capacidad de soporte in situ del suelo, al igual que el ensayo de CBR en laboratorio (Capacidad de soporte de california) con base en un cuadro apropiado de correlación.

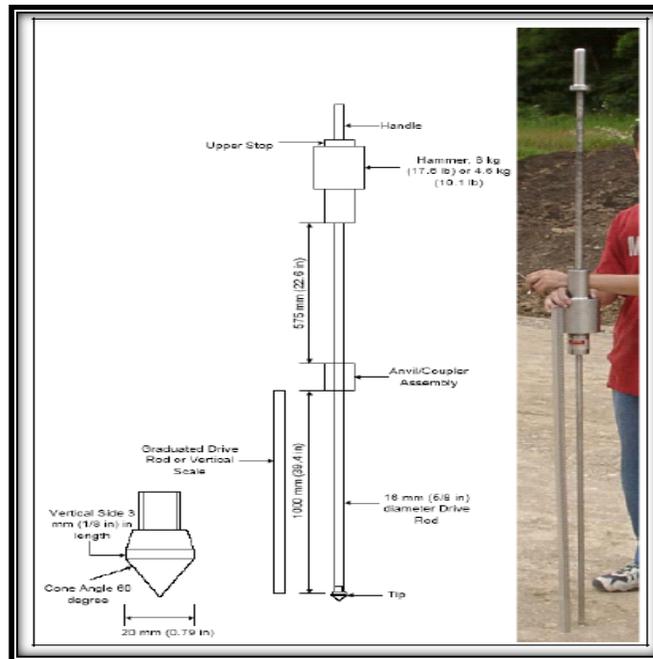


Figura 3.2. Cono Dinámico de Penetración.
Fuente: Lacera, G. Trabajo de graduación 2006.

A continuación se presenta un resumen de los ensayos DCP y de los ensayos del penetrómetro de bolsillo elaborados en varias calicatas del proyecto.

Tabla 3.3. Resumen de ensayos D.C.P y ensayos de Penetrómetro de bolsillo

Calicata N.-	Prof.(m)	Ensayo D.C.P-CBR	Prof.(m)	Capacidad admisible Penetrómetro de bolsillo (Kg/cm ²)
1			1.5	2.3
2			1.5	1.2
3	0.82	3.1	1.5	1.1
4	0.83	3.1	1.5	1.43
5			1.5	1.33
6			1.5	1.28
7			1.5	2.1

Fuente: Autor.

La extracción de las muestras de cada calicata, se las fue colocando en una funda plástica con su respectiva identificación, para luego ser trasladadas y ensayadas en laboratorio de acuerdo a las normas AASHTO adecuadas para el diseño vial, con el fin de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de subrasante, y así mismo realizar la estratigrafía del perfil del suelo a diferentes profundidades. tal como se indica en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Normas empleadas para ensayos en laboratorio

Ensayos de laboratorio	Norma
Contenido de humedad	AASHTO T 265 – 93
Límite líquido (LL)	AASHTO T 89
Límite plástico (LP)	AASHTO T 90
Análisis granulométrico	AASHTO T 88
Densidad máxima y humedad óptima	AASHTO T 180
Índice de Soporte de California (CBR)	AASHTO T-193
Módulo resiliente	AASHTO T 274

Fuente: Autor.

3.7 Correlación del C.B.R con el equipo DCP.

La resistencia de penetración DCP in situ y las mediciones de CBR de laboratorio se obtiene parámetros que se las utiliza para futuras diseños de infraestructura vial.

El equipo DCP, a más de su simplicidad y economía de uso; se estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman a un pavimento. Detecta simultáneamente el grado de heterogeneidad que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa (Viscarra Agreda, 2005).

El ensayo DCP fue aplicado en la calicata 3 y calicata 4 de la zona de estudio correspondiente a suelos arcillosos la mejor cualidad del DCP fue de entregar un registro continuo de los esfuerzos relativos del suelo con la profundidad.

Para obtener el CBR in situ se lo realizó graficando el índice de penetración (IP) contra la profundidad.

Es necesario realizar una correlación adecuada entre el ensayo DCP y el ensayo de CBR de laboratorio para lo cual se han desarrollado ecuaciones según la recomendación de varios autores:

Tabla 3.5. Ecuaciones de Correlación desarrolladas entre DCP y CBR

Ecuación de correlación	Material ensayado	Autor
$\text{Log (CBR)} = 2.56 - 1.16 * \text{Log (DCPI)}$	Granular y cohesivo	Livneh(1987)
$\text{Log (CBR)} = 2.56 - 1.16 * \text{Log (DCPI)}$	Arcilloso like Pr>10	Harison(1986)
$\text{Log (CBR)} = 2.70 - 1.12 * \text{Log (DCPI)}$	Granular<10	Harison(1986)
$\text{Log (CBR)} = 2.55 - 1.14 * \text{Log (DCPI)}$	Granular y cohesivo	Harison(1986)
$\text{Log (CBR)} = 2.45 - 1.12 * \text{Log (DCPI)}$	Granular y cohesivo	Livneh et al.(1992)
$\text{Log (CBR)} = 2.46 - 1.12 * \text{Log (DCPI)}$	Varios tipos de suelo	Webster et al.(1992)
$\text{Log (CBR)} = 2.62 - 1.27 * \text{Log (DCPI)}$	Desconocido	Kleyn (1975)
$\text{Log (CBR)} = 2.44 - 1.07 * \text{Log (DCPI)}$	Base de Agregado	Ese et al. (1995)
$\text{Log (CBR)} = 2.60 - 1.07 * \text{Log (DCPI)}$	Base de Agregado y Cohesivo	NCDOT(Pavement,1998)
$\text{Log (CBR)} = 2.53 - 1.14 * \text{Log (DCPI)}$	Residual del Suelo Piedemonte	Coonse (1999)

Fuente: Lacera, G. (2006, pag.25).

3.8 Registro de resultados.

A partir de los ensayos que se desarrollaron en laboratorio y en campo, se registran los resultados en hojas de cálculo de cada una de las calicatas que se ubican en la zona de estudio, de los cuales se obtuvo información de la caracterización de los materiales, así mismo se desarrollaron cuadros de resumen de la clasificación, tablas de registro de sondeo geotécnico y la capacidad portante del suelo.

CAPÍTULO IV

4.1 Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos en las diferentes calicatas, las cuales fueron analizadas en el polígono de estudio del sector Zalapa Alto, y en donde se elaboró los perfiles estratigráficos se pudo determinar el tipo de material que existe en cada estrato a profundidades de 0.50m, 1.00m, 1.50m para luego clasificarlo por la norma AASHTO obteniendo los resultados de la tabla 4.1

Tabla 4.1. Clasificación AASHTO de las calicatas de estudio a diferentes profundidades

Calicata	Prof.(m) 0.50	Prof.(m) 1.00	Prof.(m) 1.50	Clasificación ASSHTO
1	A-2-7	A-2-7	A-2-7	Limoso o Arcilloso Gravilla y arena
2	A-7-6	A-7-6	A-7-6	Suelos Arcillosos
3	A-7-6	A-7-6	A-7-6	Suelos Arcillosos
4	A-7-6	A-7-6	A-7-6	Suelos Arcillosos
5	A-7-6	A-7-5	A-7-5	Suelos Arcillosos
6	A-7-6	A-7-6	A-7-6	Suelos Arcillosos
7	A-2-6	A-2-4	A-2-4	Limoso o Arcilloso Gravilla y arena

Fuente: Autor.

Los resultados obtenidos demuestran que en la zona de estudio son suelos finos arcillosos de tipo A-7-6, estos tipos de suelo según las características, no son aptos para infraestructura vial por lo que es necesario mejorar la subrasante.

En los resultados de la clasificación de materiales de la zona de estudio “Zalapa Alto” se muestra la caracterización de los suelos analizados en cada calicata, como también la calidad de los suelos de subrasante para el diseño de obras de infraestructura vial, un registro de sondeo geotécnico de cada calicata se detalla a continuación:

Tabla 4.2. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 1

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO		Calicata N°:	1	Hoja:	1 de 7															
PROYECTO: Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado "Zalapa Alto"		Coordenadas N: 9565367 E: 694714,22		Cota: 2192	Profundidad Final: 1,5m																	
UBICACIÓN: Zalapa Alto		Nivel Freático Inicio: NO EXISTE Fin: NO EXISTE																				
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOGÍA	PERFIL ESTRATIGRÁFICO						N. FREÁTICO	Capacidad admisible- Penetrómetro de bolsillo		PROFUNDIDAD (m)											
		DESCRIPCIÓN							Kg/cm2													
		GRANULOM.			LL	IP	W	AASHTO														
		G	S	F	%	%	%															
---0.2	[Symbol]	Capa vegetal, negro										---0.2										
.	[Symbol]	Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad muy bajo.						48	36	16	53	28	12,67	A-2-7								
---0.5	[Symbol]	Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad muy bajo.						43	34	23	57	38	10,36	A-2-7								
---1	[Symbol]	Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad muy bajo.						40	35	25	51	12	9,88	A-2-7						2,3		
---1.5	[Symbol]																					---1.5

CALICATA 1		OBSERVACIONES: Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis
M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN		André Castillo TESISTA

Fuente: Autor.

Tabla 4.3. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 2

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		Calicata N°: 2 Hoja: 2 de 7												
REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO				Calicata N°: 2		Hoja: 2 de 7								
PROYECTO: Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado "Zalapa Alto"		Coordenadas N: 9564911.79 E: 695116.92		Cota: 2106		Profundidad Final: 1,5m								
UBICACIÓN: Zalapa Alto		Nivel Freático Inicio: NO EXISTE Fin: NO EXISTE												
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOGÍA	PERFIL ESTRATIGRÁFICO								PROFUNDIDAD (m)				
		DESCRIPCIÓN		GRANULOM.			LL	IP	W		AASHTO	N. FREÁTICO	Capacidad admisible- Penetrómetro de bolsillo	
				G	S	F							%	%
--0.2	[Symbol]	Capa vegetal, negro												--0.2
-	[Symbol]	Suelo de color café claro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.		11	41	48	56,2	43	23,34	A-7-6				-
--0.5	[Symbol]	Suelo de color café claro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.		12	41	47	58	45	24,35	A-7-6				--0.5
--1	[Symbol]	Suelo de color café oscuro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.		13	41	46	59	47	23,94	A-7-6			1.2	--1
--1.5	[Symbol]													--1.5

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">CALICATA 2</div>  </div>	<p>OBSERVACIONES: Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis</p>
M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN	André Castillo TESISTA

Fuente: Autor.

Tabla 4.4. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 3

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		Calicata N°: 3 Hoja: 3 de 7										
REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO		N: 9564684.90 Cota: 2093 Profundidad Final: 1,5m E: 695930.07										
PROYECTO: Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado "Zalapa Alto"		UBICACIÓN: Zalapa Alto										
Nivel Freático		Inicio: NO EXISTE Fin: NO EXISTE										
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOGÍA	PERFIL ESTRATIGRÁFICO							N. FREÁTICO	Capacidad admisible- Penetrómetro de bolsillo		PROFUNDIDAD (m)
		GRANULOM.			LL	IP	W	AASHTO		Kg/cm2		
		G	S	F	%	%	%					
---0.2												---0.2
		1	31	68	54	29	10,41		A-7-6			
---0.5												---0.5
		1	17	82	44	29	12,7		A-7-6			
---1		0	18	82	54	37	14,6		A-7-6		1,1	---1
---1.5												---1.5

CALICATA 3 	OBSERVACIONES: Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis
	M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

Fuente: Autor.

Tabla 4.5. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 4

PROFUNDIDAD (m)		PERFIL ESTRATIGRÁFICO		GRANULOM.			LL	IP	W	AASHTO	N. FREÁTICO	Capacidad admisible- Penetrómetro de bolsillo		PROFUNDIDAD (m)
		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	G	S	F						Kg/cm2		
--0.2			Capa vegetal, café											--0.2
-			Suelo de color café oscuro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	0	10	89	53	26	29,95	A-7-6				
--0.5			Suelo de color café oscuro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	0	3	97	55	28	31,48	A-7-6				--0.5

--1			Suelo de color café claro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	0	4	96	56	27	14,6	A-7-6			1.43	--1

--1.5														--1.5

CALICATA 4		OBSERVACIONES: Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis
		M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN	André Castillo TESISTA
---	----------------------------------

Fuente: Autor.

Tabla 4.6. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 5

PROFUNDIDAD (m)		PERFIL ESTRATIGRÁFICO		GRANULOM.			LL	IP	W	AASHTO	N. FREÁTICO	Capacidad admisible- Penetrómetro de bolsillo		PROFUNDIDAD (m)
		DESCRIPCIÓN	Kg/cm2											
---	-0.2	Capa vegetal, café												---
		Suelo de color café oscuro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	4	30	66	51	22	21,98	A-7-6					
	-0.5	Suelo de color café oscuro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	3	26	71	49	19	23,49	A-7-5					
	-1	Suelo de color café oscuro claro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	4	27	68	50	20	20,54	A-7-5			1.33		---
	-1.5													---

Calicata 5		OBSERVACIONES: Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis
		<table border="0"> <tr> <td>M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</td> <td>André Castillo TESISTA</td> </tr> </table>
M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN	André Castillo TESISTA	

Fuente: Autor.

Tabla 4.7. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 6

PROFUNDIDAD (m)		PERFIL ESTRATIGRÁFICO		GRANULOM.			LL	IP	W	AASHTO	N FREÁTICO	Capacidad admisible- Penetrómetro de bolsillo		PROFUNDIDAD (m)		
		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	G	S	F						%	%		%	Kg/cm2
---	0.2			[Hatched]	Capa vegetal, café											---
.		Suelo de color café claro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	4		36	60	42	24	25,93	A-7-6					.	
.															.	
---	0.5	[Hatched]	Suelo de color café claro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	4	36	60	42	25	24,7	A-7-6					---	0.5
.															.	
.															.	
---	1	[Dotted]	Suelo de color café oscuro clasificado por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.	5	28	67	42	25	28,9	A-7-6			1.28		---	1
.															.	
.															.	
---	1.5													---	1.5	

CALICATA 6		<p>OBSERVACIONES:</p> <p>Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis</p>
		<p>M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN</p> <p>André Castillo TESISTA</p>

Fuente: Autor.

Tabla 4.8. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 7

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS												
REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO								Calicata N°: 7		Hoja: 7 de 7		
PROYECTO: Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado "Zalapa Alto"				N: 9564391.14		Cota: 2048		Profundidad Final: 1,5m				
UBICACIÓN: Zalapa Alto				Coordenadas		E: 696377.21		Nivel Freático Inicio: NO EXISTE Fin: NO EXISTE				
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOGÍA	PERFIL ESTRATIGRAFICO										PROFUNDIDAD (m)
		GRANULOM			LL	IP	W	AASHTO	N. FREÁTICO	Capacidad admisible- Penetrómetro de bolsillo		
		G	S	F						%	%	
---0.2		Capa vegetal, negro										---0.2
		Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad alto.										
		60	27	12	32	13	18,96	A-2-6				
---0.5		Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad alto.										---0.5
		Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad alto.										
		21	45	35	30	5	16,17	A-2-4				
---1		Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad muy alto.										---1
		Suelo de color café claro clasificado por la norma como limoso o arcilloso con gravilla y arena con contenido de humedad muy alto.										
		21	45	35	31	4	16,61	A-2-4			2.1	
---1.5												---1.5

CALICATA 7		OBSERVACIONES: Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis	
		M.Sc. Ing. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN	André Castillo TESISTA

Fuente: Autor.

Según la profundidad de cada una de las calicatas se consiguió los siguientes resultados de laboratorio:

Tabla 4.9. Rango de resultados de Contenido de Humedad, Limites de Atterberg, a diferentes profundidades

Profundidad (m)	Resultados		
	Contenido de humedad	Limite liquido	Limite plástico
0.50	10 % al 30%	32% al 56%	13% al 29%
1.00	10% al 31%	29% al 58%	13% al 30%
1.50	9% al 30%	31% al 50%	12% al 30%

Fuente: Autor.

La capacidad portante de la subrasante a la profundidad de 1.50 m, en las calicatas 2, 3, 4, 5, 6 está entre el 1% y el 9 % por lo que se consideran que la calidad del suelo para el uso de la subrasante no es apta y en las calicatas 1 y 7 la capacidad portante de la subrasante se encuentran entre el 18% y 23% por lo que se consideran que la calidad del suelo para el uso de la subrasante es buena. Cabe señalar que para que el material se califique como sub-base debe cumplir con un valor de CBR superior al 30% de acuerdo a las especificaciones del MTOP de Ecuador.

Tabla 4.10. Cuadro de resumen: Capacidad de soporte del suelo

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
CUADRO DE RESUMEN POR CAPACIDAD DE SOPORTE O RESISTENCIA DEL SUELO				Sondeos N.-	7	
INF-LAB-DGM-IC-005-2014						
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL						
UBICACIÓN: POLIGONO ZALAPA ALTO				FECHA: ABRIL-AGOSTO 2014		
Registro Geológico	COMPACTACION			C.B.R. de lab.	Penetrómetro Dinamico de cono	DESCRIPCIÓN
Calicata	Profun. de la Subr. (m)	densidad (gr/cm ³)	Humedad optimo (%)			
1	1,5	1710	16,61	18	-----	Buena para el uso de la subrasante
2	1,5	1733	13,88	9	-----	Regular para el uso de la subrasante
3	1,5	1636	16,5	2	3,1	Muy mala para el uso de la subrasante
4	1,5	1450	20,27	1	3,1	Muy mala para el uso de la subrasante
5	1,5	1642	16,05	6	-----	Mala para el uso de la subrasante
6	1,5	1700	14,48	2	-----	Muy mala para el uso de la subrasante
7	1,5	2086	9,41	23	-----	Excelente para el uso de la subrasante
OBSERVACIONES: Los ensayos fueron realizados por el testista bajo la supervision del director de tesis.				Msc. Ing. Carmen Esparza Villalba DIRECTORA DE TESIS		André Castillo TESISTA

Fuente: Autor.

Según las consideraciones del (MTO) se determinó el CBR de diseño para toda la zona de estudio, en función de los valores de CBR de laboratorio de cada calicata y tomando en cuenta la tabla 2.9 que se muestra en el capítulo 2, se obtiene un valor de C.B.R de diseño de 2.6% lo que significa una subrasante muy mala, el cálculo del valor de C.B.R. se encuentra en el (Anexo 2).

Según el valor de CBR equivalente al 2.6% y teniendo en cuenta el porcentaje de suelos finos en su mayoría arcillas que existe en el proyecto, el valor del módulo resiliente es de $M_R = 3900$ psi o 27Mpa.

4.2 Estudio de mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante del polígono de estudio.

En nuestro medio podemos optar con una infinidad de trabajos para mejorar las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante como estabilización con geo textil, estabilización con cal o cemento, involucrando el suelo existente, o empleando material adicionado, etc, lo único que debe de considerarse es el conocimiento del que va intervenir en el proceso constructivo.

Con el fin de mejorar las propiedades físico-mecánicas del material de subrasante en la zona de estudio del polígono Zalapa se ha propuesto realizar una mezcla con la cantera más cercana a la zona de estudio como lo es la cantera “ Zalapa” en la cual se elaboró un análisis de mezcla en las proporciones de 50.00 % material de la cantera Zalapa y 50.00 % de material de río, tomándose a consideración el ensayo de abrasión el cual es considerado en el estudio de la cantera ya que considera el tráfico constante a la cual se expone la subrasante, representa el desgaste que hay en la misma como también la resistencia de los materiales o agregados y la manera como se comportan es importante ya que de eso depende la vida útil del pavimento, este ensayo se basa en la norma AASHTO T96-02 donde el porcentaje máximo , para materiales de mejoramiento se sujeta a la prueba de los Ángeles donde se limita al 50 %.

Para el estudio de la cantera Zalapa se consideró materiales en estado natural a continuación se presenta un resumen de los resultados de estos ensayos:

Tabla 4.11. Resumen de resultados del estado natural de la cantera Zalapa

Material en estado natural de la cantera ZALAPA		
Ensayos	Especificación (MTO)	Resultado
Desgaste a la abrasión	< 50 %	46.00%
Límite líquido	< 35 %	20%
Índice de plasticidad	< 9 %	8%
Pasante del tamiz N° 200	< 20 %	1.00%

Fuente: Autor.

El material de mina es de tipo A-2-4 clasificado por las normas AASTHO como gravas y arenas arcillosas o limosas, el porcentaje de abrasión es de 46.00% valor muy cercano al límite permitido por las especificaciones estipuladas en el MTO que es del 50.00%, por lo que se recomienda el estudio de mezclas óptimas para este estudio se analizó una mezcla en las proporciones de 50.00 % material de la cantera Zalapa y 50.00 % de material de río que dio como resultado los siguientes parámetros:

Tabla 4.12. Resumen de resultados de la mezcla de material de río y la cantera Zalapa

Mezcla de material de río y cantera Zalapa		
Ensayos	Especificación (MTO)	Resultado
Desgaste a la abrasión	< 50 %	38%
Límite líquido	< 35 %	NP%
Índice de plasticidad	< 9 %	0%
Pasante del tamiz N° 200	< 20 %	1.00%
CBR	> 20 %	31.00%

Fuente: Autor.

Obteniéndose un valor del CBR de diseño es de 31.00 % el cual representa un valor de CBR para el uso de la subrasante excelente, los límites de consistencia son suelos no plásticos (NP) y el porcentaje de abrasión es de 38.00 %, los valores cumplen con los parámetros recomendadas por el MTO 2002. (Anexo 7.1.3.).

La mezcla recomendada tiene características como material de sub-base contienen un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pasa el tamiz N° 40 tiene un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte contiene un CBR igual o mayor del 30% por lo que cumple con los parámetros recomendados por el MTO.

4.3 Mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.

Para la realización del mapa geotécnico, se va utilizar el software en el cual se va a disponer de la información geológica básica sobre un plano topográfico, es decir de los datos de clasificación mediante AASHTO y la capacidad portante del suelo en las diferentes calicatas a 1.5 m de profundidad del análisis de la subrasante.

4.3.1 Mapa de zonificación geotécnica en base a la clasificación del suelo.

Según el tipo de suelo y el grado de homogeneidad se procedieron a colocar códigos, en los diferentes tipos de suelos, para que el software pueda interpretarlos y poder dar una mejor información de la zona de estudio (Tabla 4.13)

Tabla 4.13. Códigos utilizados para la zonificación en función de la clasificación del suelo.

CÓDIGO	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA	SIMBOLOGÍA
		GRUPO	SUBGRUPO
Z1	Fragmentos de rocas, gravas y arenas	A-1	A-1-a y A-1-b
Z2	Arenas finas	A-3	
Z3	Gravas y arenas limosas o arcillosas	A-2	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
Z4	Suelos limosos	A-4 y A-5	
Z5	Suelos arcillosos	A-6 y A-7	A-7-5 y A-7-6

Fuente: Autor.

Cada código se utilizó para describir cada calicata según la clasificación AASHTO de los resultados obtenidos en la zona de estudio, tal y como se muestran a continuación. (Tabla 4.14).

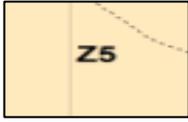
Tabla 4.14. Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.

Calicata	Ubicación	Norte	Este	Elevación	Clasificación (AASHTO)	Código
1	Zalapa Alto	9565367,13	694714,22	2192	Gravas y arenas limosas o arcillosas (A-2-7)	Z3
2	Zalapa Alto	9564911,79	695116,92	2106	Suelo arcilloso (A-7-6)	Z5
3	Zalapa Alto	9564684,90	695930,07	2093	Suelo arcilloso (A-7-6)	Z5
4	Zalapa Alto	9564632,14	695481,22	2090	Suelo arcilloso (A-7-6)	Z5
5	Zalapa Alto	9565183,31	695463,41	2117	Suelo Arcilloso (A-7-5)	Z5
6	Zalapa Alto	9565205,13	696210,21	2100	Suelo arcilloso (A-7-6)	Z5
7	Zalapa Alto	9564391,14	696377,21	2048	Gravas y arenas limosas o arcillosas (A-2-4)	Z3

Fuente: Autor.

Para la elaboración del mapa de zonificación en función de la clasificación del suelo, se utilizó una simbología para los tipos de suelos existentes en la zona de estudio, con el cual se modeló en software, teniendo en cuenta la siguiente simbología para su reconocimiento. (Tabla N° 4.15).

Tabla 4.15. Tipos de zona según la clasificación de suelos AASHTO

Código	Clasificación (AASHTO)	Simbología
Z3 (Zona 3)	Gravas y arenas limosas o arcillosas (A-2-7;A-2-4)	
Z5 (Zona 5)	Suelo Arcilloso (A-7-5 ; A-7-6)	

Fuente: Autor.

El tipo de suelo en la zona de estudio de los materiales a nivel de subrasante es de tipo arcilloso como también suelos limosos o arcillosos con gravilla y arena.

4.3.2 Mapa de zonificación geotécnica según la capacidad portante del suelo.

Para realizar el mapa de zonificación geotécnica según la capacidad portante del suelo de las calicatas de la zona de estudio se procedieron a colocar códigos, según la clasificación cualitativa del suelo y según el uso de la subrasante, para que el programa pueda interpretarlos y poder dar una mejor información de la zona de estudio:

Tabla 4.16. Tipo de subrasante según la capacidad portante del suelo

Código	Uso para Subrasante
S1	Muy Mala
S2	Mala
S3	Regular-Buena
S4	Excelente

Fuente: Autor.

Se contó con la base de datos correspondientes a la capacidad portante del suelo a los cuales se les asignó los códigos para que el software pueda correlacionarlos según la tabla 4.17.

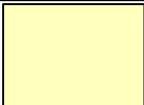
Tabla 4.17. Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación según la capacidad portante del suelo.

Calicata	Ubicación	Y	X	Z	Capacidad de soporte California	Código
1	Zalapa Alto	9565367,13	694714,22	2192	18%	S3
2	Zalapa Alto	9564911,79	695116,92	2106	9%	S3
3	Zalapa Alto	9564684,90	695930,07	2093	2%	S1
4	Zalapa Alto	9564632,14	695481,22	2090	1%	S1
5	Zalapa Alto	9565183,31	695463,41	2117	6%	S2
6	Zalapa Alto	9565205,13	696210,21	2100	2%	S1
7	Zalapa Alto	9564391,14	696377,21	2048	23%	S4

Fuente: Autor.

Para la elaboración del mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad portante del suelo, se procedió a dar una simbología según el uso de la subrasante, en el cual se modeló en el software, proporcionando la siguiente simbología para su reconocimiento.

Tabla 4.18. Simbología de cada zona según la capacidad portante

Código	Uso para subrasante	Simbología
S1	Muy Mala	
S2	Mala	
S3	Regular-Buena	
S4	Excelente	

Fuente: Autor.

El mapa de zonificación geotécnica en base a la capacidad portante del suelo realizado en software se muestra en los anexos 7.1.4, indicando que en la mayoría de la zona de estudio existe un suelo para el uso de la subrasante muy mala, mientras que en una mínima parte existen suelos en los cuales la capacidad portante del suelo es muy buena.

CONCLUSIONES

- ✚ Se caracterizó cada uno de las calicatas de la zona de estudio de Zalapa Alto, aplicando la clasificación AASHTO en la calicata N° 1 se trata de un suelo (A-2-7), al igual que en la calicata N° 7 (A-2-6) que son suelos gravosos, arenosos, conformados por grava, arena limosa, o arcillosa estos tipos de suelos son considerados de baja plasticidad por ser suelos granulares.
- ✚ En las calicatas N° 2, calicata N° 3, calicata N° 4, y el calicata N° 6, se tratan de suelos (A-7-6), al igual que en la calicata N° 5 (A-7-5) mediante la clasificación AASHTO son suelos arcillosos.
- ✚ La capacidad de soporte de la calicata N° 1 y la calicata N° 7 en base al estudio de CBR al 95% de la densidad seca máxima con valores de 18% y 23%, se puede determinar que la calidad del suelo para el uso de subrasante es desde buena a muy buena.
- ✚ Los suelos finos arcillosos de la calicata N° 2, calicata N° 3, calicata N° 4, y calicata N° 6 en base al estudio de CBR al 95% de la densidad seca máxima van desde el 1% al 9%, lo que corresponde que la calidad del suelo para el uso de subrasante es de muy mala a regular.
- ✚ El valor de CBR de diseño del polígono de estudio es del 2.6% lo que representa en la categoría de calidad de soporte del suelo para el uso de subrasante muy mala.
- ✚ Con los parámetros obtenidos de CBR de diseño que son de mala calidad, se realizó el estudio de materiales de mina para mejorar las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante.
- ✚ Los mapas de zonificación geotécnica donde se localizan la clasificación de suelos mediante la Norma AASHTO, y la clasificación cualitativa del suelo para el uso de la subrasante pueden proveer información para la proyección de construcción de infraestructura vial.

RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda realizar los ensayos tomando en consideración las Normas AASHTO y ASTM, para conocer las propiedades físico – mecánicas del suelo, al momento de diseñar obras de infraestructura vial.
- ✚ Se recomienda realizar una dosificación para mejorar el suelo de fundación con materiales de préstamo que tengan un C.B.R igual o mayor al 20% de acuerdo a las recomendaciones del MTOP.
- ✚ Se recomienda la cantera Zalapa para su explotación que está cercana al centro de gravedad del proyecto, mezclada con otro material de mejores características para cumplir con las especificaciones recomendadas por el MTOP.
- ✚ Se recomienda que en las calicatas N° 1 y N° 7, que están conformados por materiales que presentan buena calidad de soporte, se pueden colocar directamente al material de sub-base.
- ✚ Se recomienda que para obras de infraestructura vial futuras que se vayan a construir y en el cual se va a estabilizar un suelo, se debe tener en cuenta que se debe mejorar las condiciones de plasticidad, incrementar su resistencia y durabilidad con el fin de obtener una buena cimentación.
- ✚ Para estudiar las propiedades físicas mecánicas de los suelos se recomienda ubicar los puntos de proyecto a una distancia de aproximación de 500 metros, entre cada calicata ya que presenta variabilidad entre los suelos.
- ✚ Se recomienda aplicar otros procesos constructivos para mejorar o estabilizar la subrasante mediante la estabilización con cal, cemento, enzimas, polímeros, sulfonados, geotextiles etc.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, J. (2010). *Conceptos básicos para el estudio de los suelos de subrasante*, Adaptado del Instituto Colombiano de Productores de Cemento ICPC, Presentación de Estabilización de Subrasantes.

Chen, D. H., Wang, J. N., Bilyeu, J. (2001) *Application of the DCP in evaluation of base and subgrade layers*. 80th Annual Meeting of Transportation Research Board. Washington, D.C.

Crespo, C. (1995). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Editorial Limusa. México.

Das, B. (2006). *Principios de ingeniería de cimentaciones*. Editorial Thomson. México.

Hernández, J. (2008). *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. Trabajo de graduación.

Heukelom, W. & Klomp, A.J.G. (1962). *Dynamic Testing as Means of Controlling Pavements During and after construction*. Proceedings of the first International conference on structural design of asphalt pavement. University of Michigan.

Bowles, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. Pág. 70.

Franquet Bernis, J. & Querol Gomez, A (2010). *Nivelación de Terrenos por Regresión Tridimensional*. Primera edición. España.

Kleyn, E. G. (1975). *The use of the dynamic Cone Penetrometer (DCP)*, Report 2/74. Transvaal Roads Department. Pretoria.

Lacera, G. (2006). *Correlación entre los valores de resistencia a la penetración cónica DCP y el valor de relación de soporte CBR de suelos para la región geológica del área local de Valledupar*. Trabajo de graduación.

Livneh, M. & Ishai, I. (1987) *Pavement and material evaluation by a dynamic cone penetrometer*. Sixth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement , Vol. 1. Michigan.

Marin San Pedro, A. (2010). *Optimización de los tratamientos de desorción térmica de suelos contaminados por hidrocarburos derivados del petróleo*. Tesis Doctoral. Madrid

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES MOP-001-F (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito, Ecuador.

Montejo, A. (2010). *Ingeniería de Pavimentos, Tercera edición Tomo 1.* Editorial Panamericana Formas e Impresas S.A. Colombia.

Naranjo, V. (2011). *Las características del suelo de subrasante de los caminos vecinales de la comunidad de Echaleche-Pilahuín y su incidencia en el comportamiento de la capa de rodadura.* Trabajo de graduación de Magister en Vías Terrestres.

Oviedo R. (2013). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante por medio de la aplicación de correlación deflectométrica.* Trabajo de investigación, Premio Graña y Montero, Lima, Perú.

Sangucho Cevallos, A. (2011). *Diseño de un pavimento flexible para la vía Patricia Pilar La Y de toachi tomando en consideración las características de los materiales existentes en la canteras de la provincia de los Ríos.* Manabí, Ecuador.

Smith, R. B. & Pratt, D. N. (1983). *A field study of in situ California Bearing Ratio and dynamic cone penetrometer testing for road subgrade investigation.* Australian Road Research. USA. E.E.U.U.

Vásquez Cuenca, J. (2014). *Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado- Yanacocha.* Trabajo de fin de titulación Ingeniería Civil.Universidad Tecnica Particular de Loja, Loja,Ecuador.

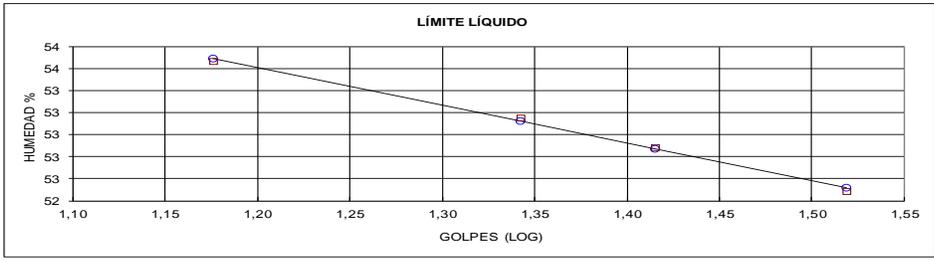
Villavicencio Aldaz, S. (2014). *Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado- Zalapa Bajo.* Trabajo de fin de titulación Ingeniería Civil.Universidad Tecnica particular de Loja, Loja,Ecuador.

Webster, S.L; Grau, R.H.; and Williams, R.P. (1992). *Description and application of dual Mass dynamic cone penetrometer.* U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Instruction Report No. GL-92-3. E.E.U.U.

ANEXOS

Anexo 1: Ensayos de Laboratorio y de campo:

Calicata N° 1:

		DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014						
PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL						
OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE				NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27		
LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO				CALICATA: 1		
SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN				MUESTRA: 1		
REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT				PROFUNDIDAD: 0.50 m		
FECHA : ABRIL-2014						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		284,50 290,68	260,03 265,10	69,66 60,12	12,85 12,48	12,67
2.- LÍM. LÍQUIDO	15 22 26 33	69,25 65,27 70,69 74,49	63,91 61,06 65,93 69,22	53,96 53,14 56,93 59,18	53,67 53,16 52,89 52,49	52,93
3.- LÍMITE PLÁSTICO		60,41 60,26	59,39 59,32	55,37 55,59	25,37 25,20	25,29
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 500,08 (H/S)		S 500,08		GRAVA	48	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:				ARENA	36	
				FINOS	16	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	53,00	
1 1/2"	0,00	0	100	LP =	25,00	
1"	117,06	23	77	IP =	28,00	
3/4"	179,73	36	64	CLASIFICACIÓN SUCS : SC AASHTO: A-2-7		
1/2"	213,81	43	57			
3/8"	225,03	45	55	IG(86):	0	
No. 4	238,14	48	52	IG(45):	0	
No. 10	271,56	54	46			
No. 40	362,97	73	27			
No. 200	421,95	84	16			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Limoso o arcilloso Gravilla y arena (A-2-7)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISISTA		



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

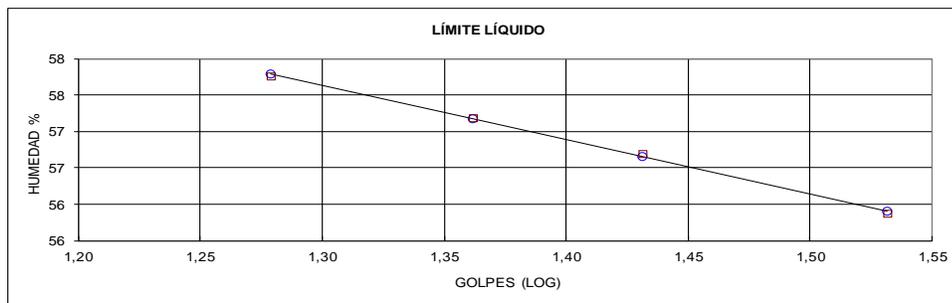
CALICATA: 1

MUESTRA: 2

PROFUNDIDAD: 1.00 m

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		280,15 270,15	260,45 251,20	69,20 69,23	10,30 10,41	10,36
2.- LÍM. LÍQUIDO	19 23 27 34	70,47 70,66 73,15 73,04	64,40 64,26 67,26 68,05	53,89 53,07 56,87 59,12	57,75 57,19 56,69 55,88	56,90
3.- LÍMITE PLÁSTICO		59,44 64,26	58,83 63,57	55,63 59,95	19,06 19,06	19,06

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	508,12	(H/S)	S	GRAVA	43
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			508,12	ARENA	34
				FINOS	23
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	57,00
1"	108,61	21	79	LP =	19,00
3/4"	166,76	33	67	IP =	38,00
1/2"	198,38	39	61		
3/8"	208,79	41	59	CLASIFICACIÓN	
No. 4	220,95	43	57	SUCS : SC	
No. 10	251,96	50	50	AASHTO: A-2-7	
No. 40	336,78	66	34	IG(86): 2	
No. 200	391,50	77	23	IG(45): 2	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Limoso o arcilloso Gravilla y arena (A-2-7)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 1

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 3

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

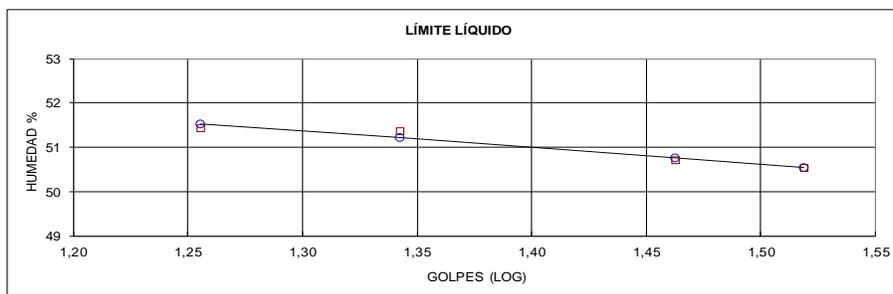
PROFUNDIDAD: 1.50 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		278,72 285,45	260,03 265,10	68,87 61,19	9,78 9,98	9,88
2.- LÍM. LÍQUIDO	18,00 22,00 29,00 33,00	71,94 69,66 76,01 70,91	67,10 64,80 70,62 65,73	57,69 55,34 59,99 55,48	51,43 51,37 50,71 50,54	51,00
3.- LÍMITE PLÁSTICO		60,40 57,89	59,31 56,80	55,33 53,14	27,39 29,78	28,58

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	507,43	(H/S)	S	GRAVA	40
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			507,43	ARENA	35
				FINOS	25
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	51,00
1"	0,00	0	100	LP =	29,00
3/4"	120,85	24	76	IP =	22,00
1/2"	146,04	29	71		
3/8"	150,59	30	70		
No. 4	205,00	40	60	CLASIFICACIÓN	
No. 10	222,49	44	56	SUCS : SC	
No. 40	318,47	63	37	AASHTO: A-2-7	
No. 200	381,44	75	25	IG(86): 1	
				IG(45): 1	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Limoso o arcilloso Gravilla y arena (A-2-7)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

NORMA : T 180-D

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROFUND.: 1.5m

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA: Abril 2014

CALICATA:1

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE	
DIÁMETRO:	15,20 cm.
ALTURA:	11,62 cm
VOLUMEN :	2.109 cm ³
PESO :	6.455 gramos

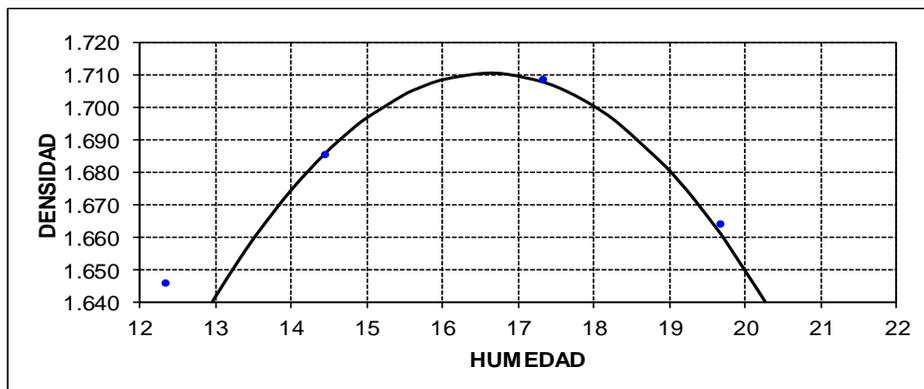
DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.357	10.521	10.678	10.651
Peso suelo:	3.902	4.066	4.223	4.196
Dens. Hum :	1.851	1.928	2.003	1.990

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	336,41	268,61	322,51	318,28	287,60	201,04	228,70	240,40
W. seco:	305,38	246,73	288,53	285,18	254,00	180,06	202,83	212,70
W. caps:	58,39	68,56	54,10	54,64	59,61	57,88	71,20	70,70
w (%) :	12,56	12,28	14,49	14,36	17,28	17,17	19,65	19,51
promedio	12,42		14,43		17,23		19,58	
Dens. Seca:	1.646		1.685		1.708		1.664	

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.710 Kg/m³
 CONT. DE AGUA OPTIMO = 16,61 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la U.T.P.L.'

M.Sc. Carmen Esparza
 DIRECTORA PROYECTO DE
 FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
 TESISISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALIZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA: Abril 2014

NUMERO DEL MOLDE Nº	7	8	9
DIAMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,23	15,22	15,26
ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,81	12,81	12,81
ALTURA DEL ALZA: (cm)	5,03	5,02	5,03
NORMA: ASTM 1883			
CALICATA: 1			
PROFUND.: 1.5m			

0

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE Nº	80		4		7		
	56		25		10		
Nº DE GOLPES POR CAPA							
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	11800	11978	11058	11359	11017	11457
PESO DEL MOLDE + BASE	gr.	7137	7137	6781	6781	7145	7145
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	gr.	4663	4841	4277	4578	3872	4312
VOLUMEN DE MUESTRA	cm ³	2333,67	2333,67	2330,60	2330,60	2342,87	2342,87
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm ³	1,998	2,074	1,835	1,964	1,653	1,840

HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	
RECIPIENTE Nº	I7	I8	I10	I12	I9	I10	JA10	MY3	I11	I12	MY1	MY12	
PESO DEL RECIPIENTE.	gr.	55,58	60,00	55,36	70,69	57,71	55,38	60,00	55,44	53,14	55,47	52,59	57,60
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC.	gr.	246,58	244,62	213,77	260,69	242,45	237,96	217,82	211,81	233,06	241,63	292,61	306,85
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC.	gr.	217,51	218,14	190,44	233,43	217,07	212,56	186,84	183,07	208,03	215,48	240,46	254,66
PESO DE AGUA.	gr.	29,07	26,48	23,33	27,26	25,38	25,4	30,98	28,74	25,03	26,15	52,15	52,19
PESO DE MUESTRA SECA.	gr.	161,93	158,14	135,08	162,74	159,36	157,18	126,84	127,63	154,89	160,01	187,87	197,06
CONTENIDO DE HUMEDAD.	gr.	17,95	16,74	17,27	16,75	15,93	16,16	24,42	22,52	16,16	16,34	27,76	26,48
HUMEDAD PROMEDIO.	%.	17,35		17,01		16,04		23,47		16,25		27,12	
DENSIDAD SECA.	gr/cm ³		1,703		1,773		1,581		1,591		1,422		1,448

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE Nº	80	4	7
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	11978	11359	11457
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	11800	11058	11017
PESO DE AGUA ABSORBIDA	178	301	440
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	3,82	7,04	11,36

DATOS DE ESPONJAMIENTO

FECHA	TIEMPO	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.
Y	EN	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	208	162,373	279	2,79	2,18	2,18	4	282,00	220,14
3	1	276	215,46	300	3	2,34	2,34	4	306	238,88
4	2	311	242,78	405	4,05	3,16	3,16	6	434	338,80
5	2	324	252,93	437	4,37	3,41	3,41	7	502,00	391,88

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN

PENETR.	CARGAS	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
EN	TIPO	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²
0,025		21,3	71,98		14,00	47,31		5,0	16,90	
0,050		42,0	141,94		27,00	91,24		8,8	29,74	
0,075		60,0	202,77		35,00	118,28		11,5	38,86	
0,100	1000	78,0	263,60	27,0	43,00	145,32	14,0	14,5	49,00	5
0,150		117,0	395,39		56,00	189,25		19,5	65,90	
0,200	1500	151,0	510,29	33,0	68,00	229,80	16,0	25,8	87,19	6
0,250		180,0	608,30		79,00	266,98		29,5	99,69	
0,300	1900	203,0	686,02		89,00	300,77		34,1	115,24	
0,400	2300	237,0	800,93		108,00	364,98		41,4	139,91	
0,500	2600	254,0	858,38		123,50	417,36		46,8	158,16	

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS
NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

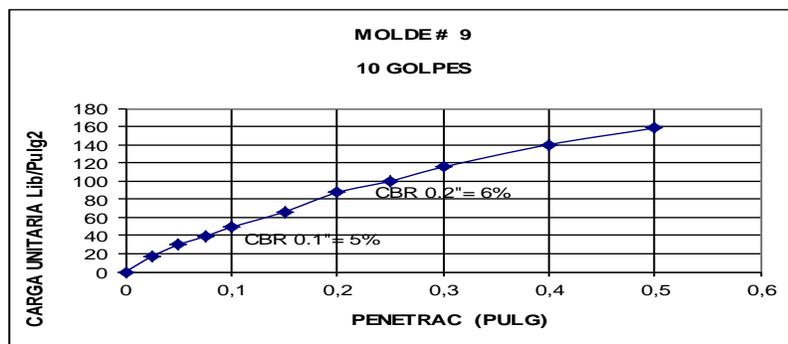
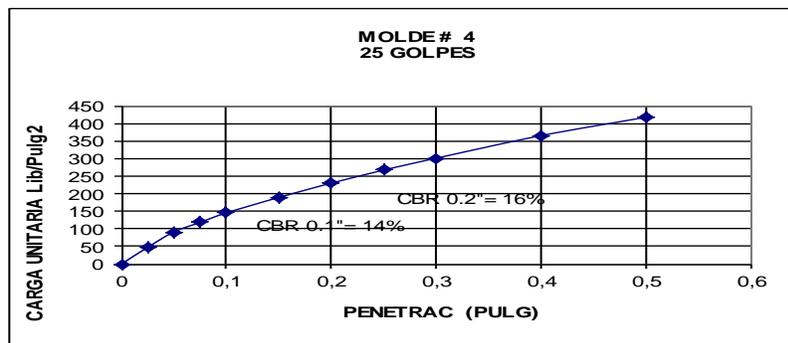
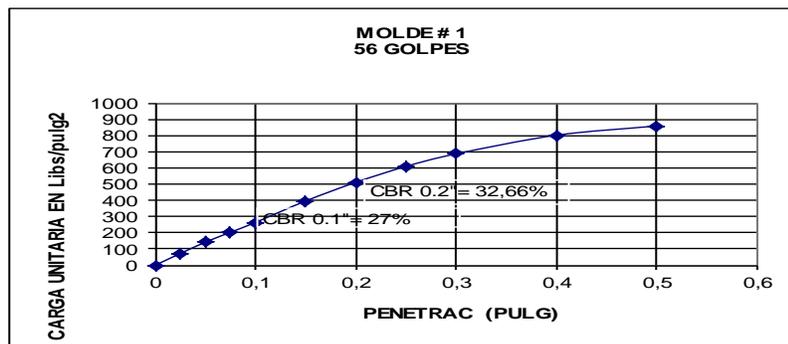
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 1

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ : ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

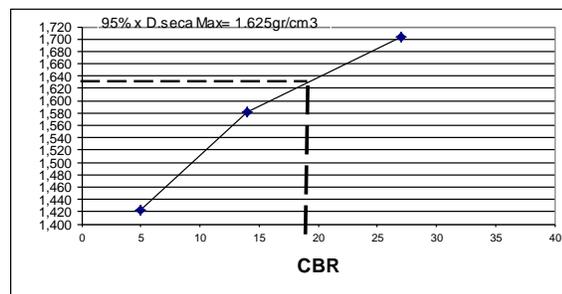
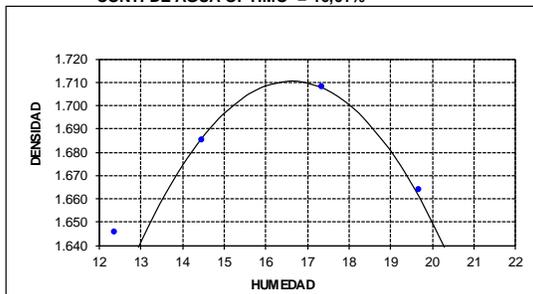
FECHA: Abril 2014

PROFUNDIDAD: 1.5m

CALICATA: 1

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1,710 GR/CM3

CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 16,61%



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 18%

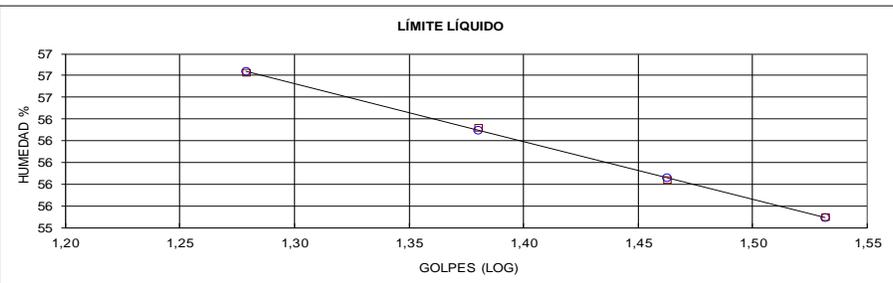
# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX
	0,1	0,2	
56	27,0	33	1,703
25	14	16	1,581
10	5,0	6,0	1,422

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA

Calicata N° 2:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014 PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA : ABRIL-2014						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		96,85 82,80	84,02 71,87	27,27 26,46	22,61 24,07	23,34
2.- LÍM. LÍQUIDO	19 24 29 34	23,48 26,28 36,71 24,82	21,65 23,43 34,75 22,50	18,43 18,37 31,24 18,32	56,83 56,32 55,84 55,50	56,21
3.- LÍMITE PLÁSTICO		31,40 29,16	30,89 28,72	27,24 25,32	13,97 12,94	13,46
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 500,14 (H/S)		S		GRAVA		11
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 500,14				ARENA		41
				FINOS		48
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	0,00	0	100	LL = 56,00		
3/4"	30,87	6	94	LP = 13,00		
1/2"	33,79	7	93	IP = 43,00		
3/8"	41,71	8	92	CLASIFICACIÓN SUCS : SC AASHTO: A-7-6 IG(86): 15 IG(45): 10		
No. 4	52,85	11	89			
No. 10	81,20	16	84			
No. 40	150,06	30	70			
No. 200	258,12	52	48			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelos arcillosos (A-7-6)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISISTA		



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,

APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 2

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 2

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

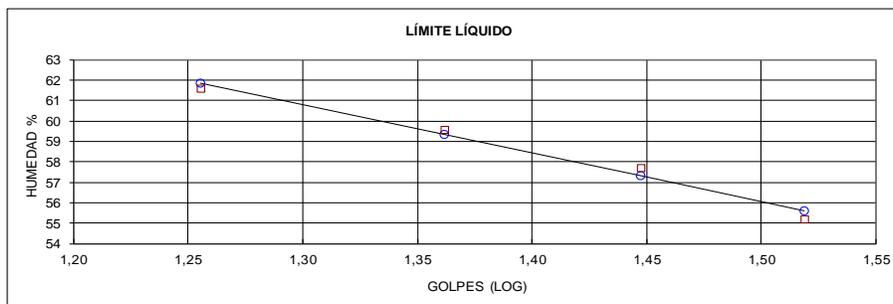
PROFUNDIDAD: 1.00 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		97,98 82,78	84,01 71,81	28,30 25,39	25,08 23,63	24,35
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 23 28 33	23,80 25,76 36,70 24,83	21,65 23,01 34,75 22,50	18,16 18,40 31,37 18,28	61,60 59,57 57,69 55,21	58,47
3.- LÍMITE PLÁSTICO		31,20 29,13	30,78 28,64	27,41 25,26	12,46 14,50	13,48

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,10	(H/S)	S	GRAVA	12
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			500,10	ARENA	41
				FINOS	47
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	58,00
1"	0,00	0	100	LP =	13,00
3/4"	33,82	7	93	IP =	45,00
1/2"	38,92	8	92		
3/8"	48,95	10	90		
No. 4	62,16	12	88	CLASIFICACIÓN	
No. 10	89,77	18	82	SUCS : SC	
No. 40	157,10	31	69	AASHTO: A-7-6	
No. 200	265,77	53	47	IG(86):	15
				IG(45):	10



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelos arcillosos (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,
APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

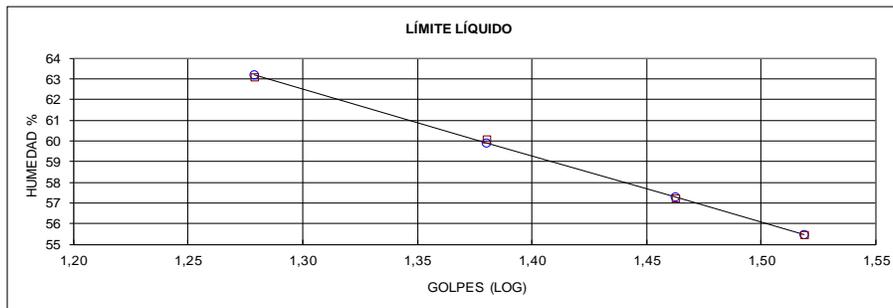
CALICATA: 2

MUESTRA: 3

PROFUNDIDAD: 1.50 m

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		97,86 82,79	84,01 71,85	27,27 25,22	24,41 23,46	23,94
2.- LÍM. LÍQUIDO	19,00 24,00 29,00 33,00	23,78 25,72 36,69 24,83	21,61 22,98 34,75 22,49	18,17 18,42 31,36 18,27	63,08 60,09 57,23 55,45	59,35
3.- LÍMITE PLÁSTICO		31,28 29,13	30,88 28,69	27,44 25,38	11,63 13,29	12,46

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,12	(H/S)	S	GRAVA	13
PESO INICIAL DE CÁLCULO:	500,12			ARENA	41
				FINOS	46
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	59,00
1"	0,00	0	100	LP =	12,00
3/4"	32,98	7	93	IP =	47,00
1/2"	41,00	8	92		
3/8"	51,95	10	90	CLASIFICACIÓN	
No. 4	65,16	13	87	SUCS : SC	
No. 10	91,75	18	82	AASHTO: A-7-6	
No. 40	160,08	32	68	IG(86):	15
No. 200	271,23	54	46	IG(45):	9



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelos arcillosos (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

NORMA : T 180-D

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROFUND.: 1.5m

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA: Abril 2014

CALICATA:2

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO:	15,23	cm.
ALTURA:	11,61	cm
VOLUMEN :	2.115	cm3
PESO :	6.260	gramos

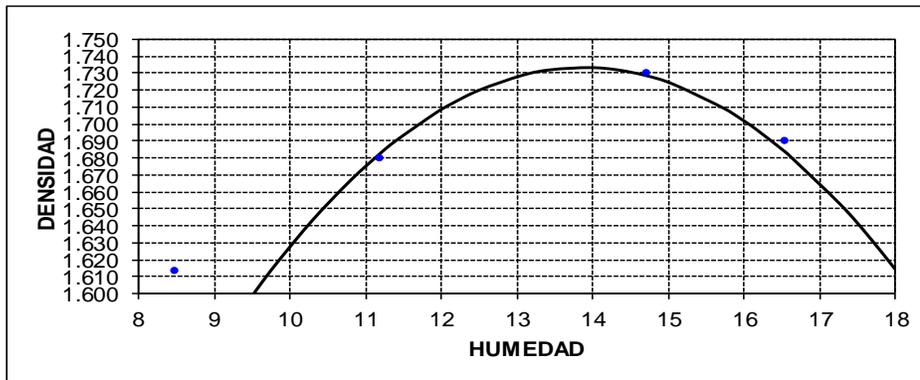
DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	9.968	10.208	10.452	10.420
Peso suelo:	3.708	3.948	4.192	4.160
Dens. Hum :	1.753	1.867	1.982	1.967

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	336,06	332,77	300,62	295,68	323,00	311,55	307,34	307,84
W. seco:	314,84	311,14	277,13	272,40	290,58	279,75	273,27	273,47
W. caps:	65,07	64,27	64,91	63,98	64,91	64,35	63,93	64,30
w (%) :	8,50	8,76	11,07	11,17	14,37	14,76	16,27	16,43
promedio	8,63		11,12		14,56		16,35	
Dens. Seca:	1.614		1.680		1.730		1.690	

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.733 Kg/m3
 CONT. DE AGUA OPTIMO = 13,88 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la U.T.P.L.'

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014	NUMERO DEL MOLDE Nº	80	4	7
PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA	DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,1	15,1	15,12
OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE	ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,8	12,81	12,8
LOCALZ : ZALAPA ALTO	ALTURA DEL ALZA: (cm)	5	5	5
SOLICITADO : TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN	NORMA: ASTM 1883			
REALIZADO: ANDRE EMILIO CASTILLO BETANCOURT	CALICATA: 2			
FECHA: Abril 2014	PROFUND.: 1.5m			

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE Nº	80		4		7	
	56		25		10	
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	11695	11928	10883	11219	10756	11370
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	7137	7137	6781	6781	7145	7145
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	4558	4791	4102	4438	3611	4225
VOLUMEN DE MUESTRA cm ³	2292,21	2292,21	2294,00	2294,00	2298,28	2298,28
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm ³	1,988	2,090	1,788	1,935	1,571	1,838

HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO										
RECIPIENTE Nº	MY15	MY6	MK4	A9	J8	U21	J2	13'	MSC2	MS17	MS17	MSC2
PESO DEL RECIPIENTE gr.	59,91	54,67	64,60	52,59	55,10	57,60	58,41	67,15	71,15	68,59	68,59	71,15
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	383,01	347,31	283,17	326,50	371,10	375,10	286,49	305,85	277,60	290,32	235,18	249,75
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	342,98	311,32	241,29	291,98	330,66	334,87	239,50	268,08	252,38	262,73	195,29	208,19
PESO DE AGUA gr.	40,03	35,99	41,88	34,52	40,44	40,23	46,99	37,77	25,22	27,59	39,89	41,56
PESO DE MUESTRA SECA gr.	283,07	256,65	176,69	239,39	275,56	277,27	181,09	200,93	181,23	194,14	126,7	137,04
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	14,14	14,02	23,70	14,42	14,68	14,51	25,95	18,80	13,92	14,21	31,48	30,33
HUMEDAD PROMEDIO %	14,08		19,06		14,59		22,37		14,06		30,91	
DENSIDAD SECA gr/cm ³	1,743		1,756		1,560		1,581		1,377		1,404	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA			
MOLDE Nº	80		7
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	11928		11370
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	11695		10756
PESO DE AGUA ABSORBIDA	233		614
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	5,11		17,00

DATOS DE ESPONJAMIENTO										
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL mm x 10 ⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	307	3,07	2,398	362	3,62	2,83	511	5,11	3,99
	3	389	3,89	3,04	543	5,43	4,24	560	5,6	4,38
	4	474	4,74	3,70	573	5,73	4,47	592	5,92	4,63
	5	553	5,53	4,32	661	6,61	5,16	700	7,00	5,47

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN										
PENETR. EN PLG.	CARGAS lb/plg ²	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		LECTURA DIAL plgx 10 ⁻⁴	PRESIÓN lb/plg ²	C.B.R. CORREG. lb/plg ²	LECTURA DIAL plgx 10 ⁻⁴	PRESIÓN lb/plg ²	C.B.R. CORREG. lb/plg ²	LECTURA DIAL plgx 10 ⁻⁴	PRESIÓN lb/plg ²	C.B.R. CORREG. lb/plg ²
0,025		12,0	40,55		6,00	20,28		3,0	10,14	
0,050		21,3	71,98		11,00	37,17		5,0	16,90	
0,075		29,3	99,02		14,60	49,34		6,5	21,97	
0,100	1000	34,6	116,93	11,6	17,60	59,48	5,9	7,8	26,36	2,6
0,150		44,2	149,37		22,50	76,04		10,0	33,79	
0,200	1500	52,4	177,08	14,0	29,00	98,00	6,6	11,6	39,20	2,6
0,250		60,2	203,44		31,00	104,76		13,0	43,93	
0,300	1900	66,8	225,75		34,70	117,27		14,4	48,66	
0,400	2300	78,0	263,60		41,40	139,91		17,0	57,45	
0,500	2600	90,0	304,15		48,30	163,23		19,6	66,24	

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS
NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITAD: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

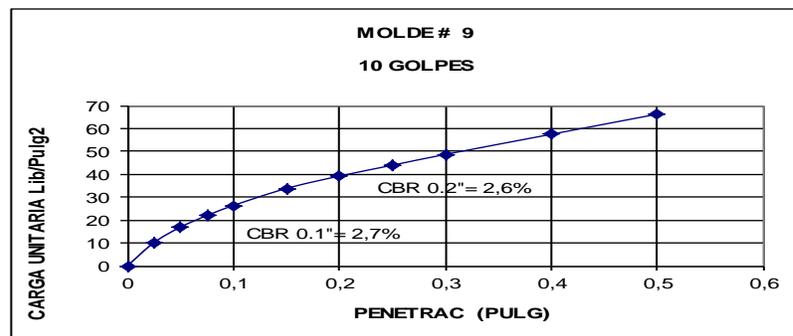
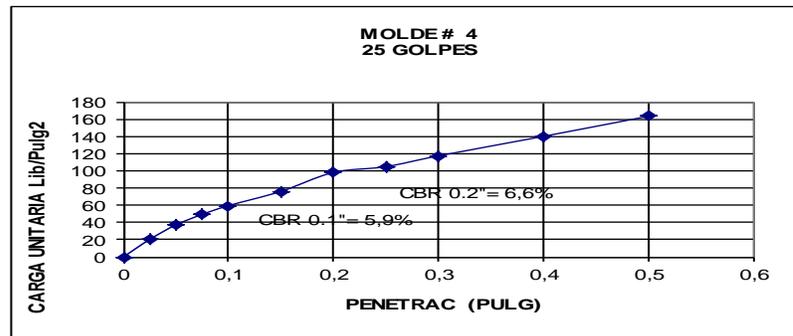
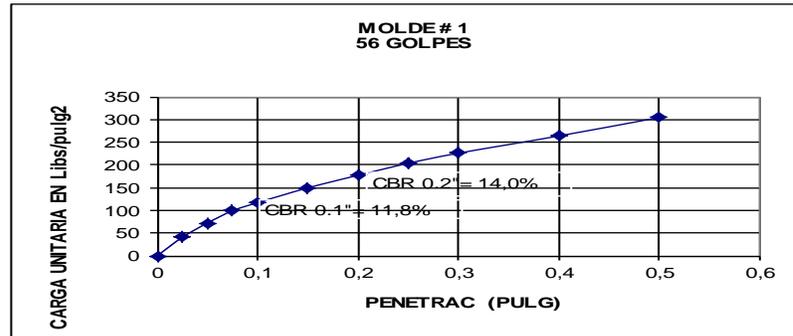
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 2

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



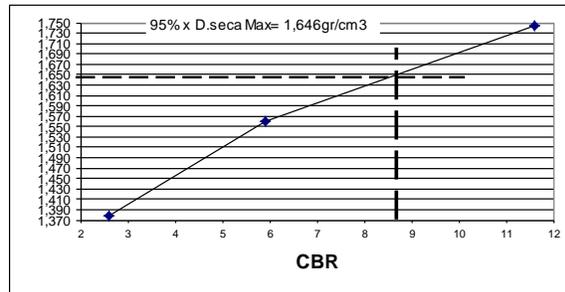
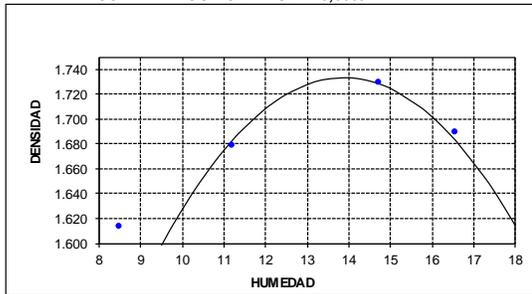
M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

INF-LAB-DGM-IC-05-2014
 PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA
 OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE
 LOCALZ: ZALAPA ALTO
 SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN
 REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
 FECHA: Abril 2014
 PROFUNDIDAD: 1.5m
 CALICATA: 2
DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1,733 GR/CM3
CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 13,88%



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 9%

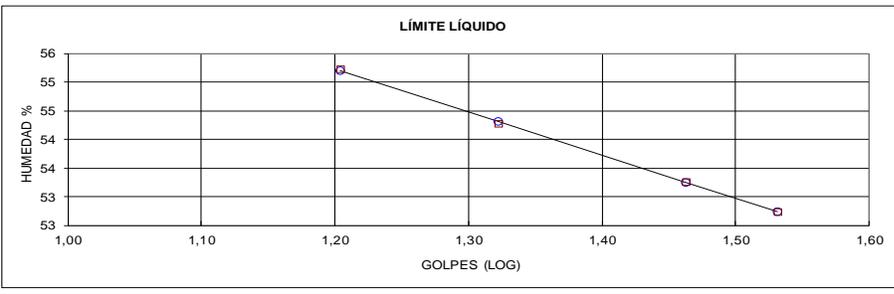
# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX
	0,1	0,2	
56	11,6	14	1,743
25	5,9	6,6	1,560
10	2,6	2,6	1,377

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
 FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA

Calicata N° 3:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014 PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA : ABRIL-2014						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		319,14 303,50	295,45 281,45	69,02 68,45	10,46 10,35	10,41
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 21 29 34	75,70 66,91 68,13 72,26	70,10 61,64 63,40 67,25	59,96 51,93 54,52 57,75	55,23 54,27 53,27 52,74	53,74
3.- LÍMITE PLÁSTICO		63,48 64,09	62,64 63,28	59,18 60,01	24,28 24,77	24,52
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 500,38 (H/S)		S 500,38		GRAVA	1	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:				ARENA	31	
				FINOS	68	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	54,00	
1"	0,00	0	100	LP =	25,00	
3/4"	0,00	0	100	IP =	29,00	
1/2"	0,00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : CH AASHTO: A-7-6 IG(86): 19 IG(45): 17		
3/8"	0,00	0	100			
No. 4	3,37	1	99			
No. 10	18,37	4	96			
No. 40	62,42	12	88			
No. 200	158,50	32	68			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISISTA		



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,

APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 3

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 2

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

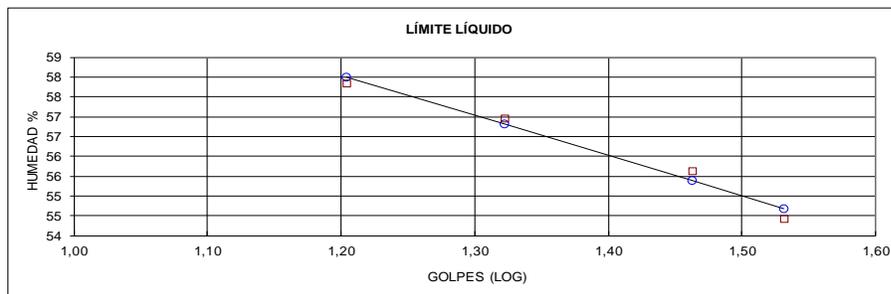
PROFUNDIDAD: 1.00 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		321,50 312,50	293,56 284,50	69,02 68,45	12,44 12,96	12,70
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 21 29 34	74,28 69,86 73,11 69,61	68,20 64,59 68,42 64,63	57,69 55,34 59,99 55,48	57,85 56,97 55,63 54,43	56,04
3.- LÍMITE PLÁSTICO		59,45 59,52	58,65 59,01	53,20 55,51	14,68 14,57	14,63

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,19	(H/S)	S	GRAVA	1
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			500,19	ARENA	17
				FINOS	82
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	56,00
1"	0,00	0	100	LP =	15,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	41,00
1/2"	0,00	0	100		
3/8"	0,00	0	100		
No. 4	3,59	1	99	CLASIFICACIÓN	
No. 10	7,68	2	98	SUCS : CH	
No. 40	24,54	5	95	AASHTO: A-7-6	
No. 200	89,05	18	82	IG(86): 34	
				IG(45): 19	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

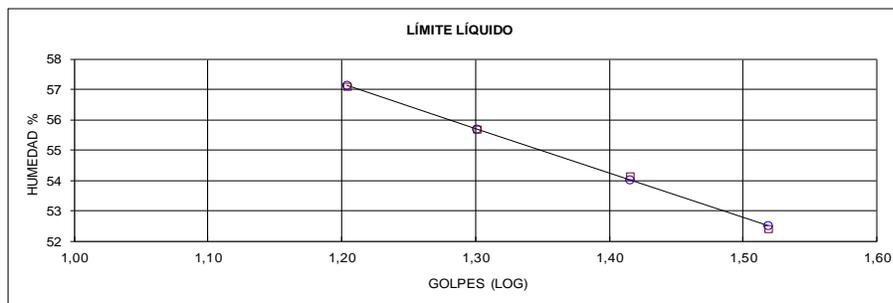
INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,
 APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL
 OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE
 LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO
 SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN
 REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
 FECHA : ABRIL-2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 CALICATA: 3
 MUESTRA: 3
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		326,00 315,60	292,87 284,50	69,02 68,45	14,80 14,39	14,60
2.- LÍM. LÍQUIDO	16,00 20,00 26,00 33,00	74,90 68,79 73,71 74,15	69,63 62,82 67,85 68,51	60,40 52,10 57,03 57,75	57,10 55,69 54,16 52,42	54,28
3.- LÍMITE PLÁSTICO		57,93 58,89	57,59 58,61	55,43 57,00	15,74 17,39	16,57

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	513,50	(H/S)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			513,50	ARENA	18
				FINOS	82
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	54,00
1"	0,00	0	100	LP =	17,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	37,00
1/2"	0,00	0	100		
3/8"	0,00	0	100		
No. 4	1,95	0	100	CLASIFICACIÓN	
No. 10	6,96	1	99	SUCS :	CH
No. 40	25,43	5	95	AASHTO:	A-7-6
No. 200	93,10	18	82	IG(86):	31
				IG(45):	19



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

NORMA : T 180-D

LOCALZ: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROFUND.: 1.5m

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA: Abril 2014

CALICATA:3

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO:	15,23	cm.
ALTURA:	11,61	cm
VOLUMEN :	2.115	cm3
PESO :	6.260	gramos

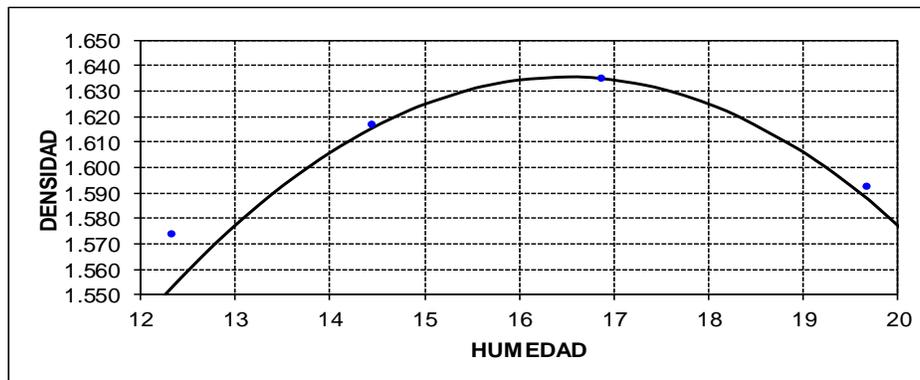
DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.000	10.178	10.298	10.286
Peso suelo:	3.740	3.918	4.038	4.026
Dens. Hum :	1.768	1.852	1.909	1.903

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	346,64	385,40	328,05	351,30	314,59	320,85	304,73	307,58
W. seco:	315,43	350,24	294,35	315,13	278,50	284,37	265,40	267,76
W. caps:	64,06	64,51	64,35	64,43	64,78	64,59	63,80	63,55
w (%) :	12,42	12,31	14,65	14,43	16,89	16,60	19,51	19,50
promedio	12,36		14,54		16,74		19,50	
Dens. Seca:	1.574		1.617		1.635		1.593	

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.636 Kg/m3
 CONT. DE AGUA OPTIMO = 16,50 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la U.T.P.L.'

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
 FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014	PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA	NUMERO DEL MOLDE N°	7	8	9
OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE		DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,23	15,22	15,26
LOCALIZ: ZALAPA ALTO	SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACION REALIZADO: ANDRE EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA: Abril 2014	ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,81	12,81	12,81
		ALTIMETRIA DEL ALZA: (cm)	5,02	5,02	5,03
		NORMA: ASTM 1883			
		CALICATA: 3			
		PROFUND.: 1.5m			

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE N°	80		4		7	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	11587	11682	10928	11271	10804	11313
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	7137	7137	6781	6781	7145	7145
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	4450	4545	4147	4490	3659	4168
VOLUMEN DE MUESTRA cm ³	2333,67	2333,67	2330,60	2330,60	2342,87	2342,87
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm ³	1,907	1,948	1,779	1,927	1,562	1,779

HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO										
RECIPIENTE N°	AB5	AC2	U21	A9	AC1	AC5	MS2	AS5	AC3	AC4	13'	41
PESO DEL RECIPIENTE gr.	57,81	55,36	57,57	52,61	57,69	55,43	70,68	59,17	55,59	60,00	67,15	54,77
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	221,10	225,91	273,87	290,21	235,81	248,07	219,14	220,98	227,68	242,42	288,18	265,69
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	197,94	201,72	239,70	253,12	211,19	221,07	190,69	189,90	203,34	216,43	242,05	221,94
PESO DE AGUA gr.	23,16	24,19	34,17	37,09	24,62	27	28,45	31,08	24,34	25,99	46,13	43,75
PESO DE MUESTRA SECA gr.	140,13	146,36	182,13	200,51	153,5	165,64	120,01	130,73	147,75	156,43	174,9	167,17
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	16,53	16,53	18,76	18,50	16,04	16,30	23,71	23,77	16,47	16,61	26,38	26,17
HUMEDAD PROMEDIO %	16,53		18,63		16,17		23,74		16,54		26,27	
DENSIDAD SECA gr/cm ³	1,636		1,642		1,532		1,557		1,340		1,409	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA						
MOLDE N°	80		4		7	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	11682		11271		11313	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	11587		10928		10804	
PESO DE AGUA ABSORBIDA	95		343		509	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	2,13		8,27		13,91	

DATOS DE ESPONJAMIENTO										
FECHA	TIEMPO	MOLDE N° 80			MOLDE N° 4			MOLDE N° 7		
Y	EN	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM
HORA	DÍAS	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	151	1,51	1,179	2,39	2,39	1,87	589	5,89	4,60	6,49
3	206	2,06	1,61	3,14	3,14	2,45	832	8,32	6,49	7,60
4	247	2,47	1,93	3,68	3,68	2,87	974	9,74	7,60	7,81
5	284	2,84	2,22	4,04	4,04	3,15	1000	10,00	7,81	

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN										
PENETR. CARGAS		MOLDE N° 80			MOLDE N° 4			MOLDE N° 7		
EN	TIPO	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
plg.	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²
0,025		18,0	11,27		10,30	6,45		1,4	0,88	
0,050		27,0	16,90		17,30	10,83		2,4	1,50	
0,075		35,6	22,28		22,40	14,02		3,5	2,19	
0,100	1000	43,4	27,16	3,0	27,00	16,90	1,8	4,4	2,75	0,3
0,150		58,2	36,43		35,00	21,91		6,4	4,01	
0,200	1500	72,5	45,38	3,6	41,00	25,66	1,9	7,8	4,88	0,3
0,250		88,4	55,33		45,00	28,16		8,6	5,38	
0,300	1900	102,8	64,34		49,80	31,17		9,2	5,76	
0,400	2300	136,8	85,62		61,30	38,37		10,3	6,45	
0,500	2600	167,3	104,71		72,50	45,38		11,3	7,07	

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS
NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

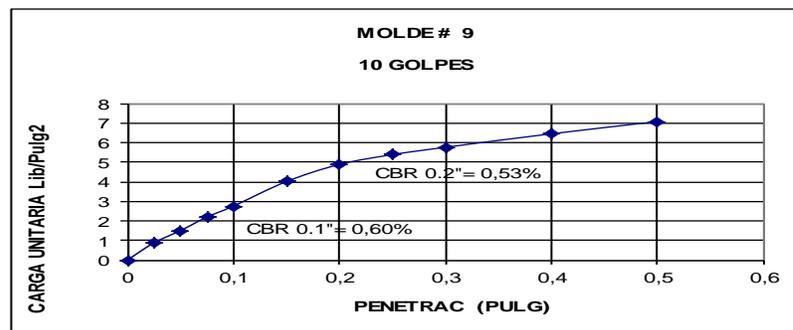
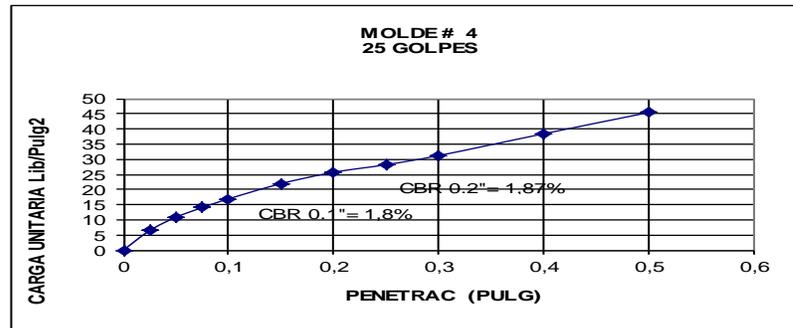
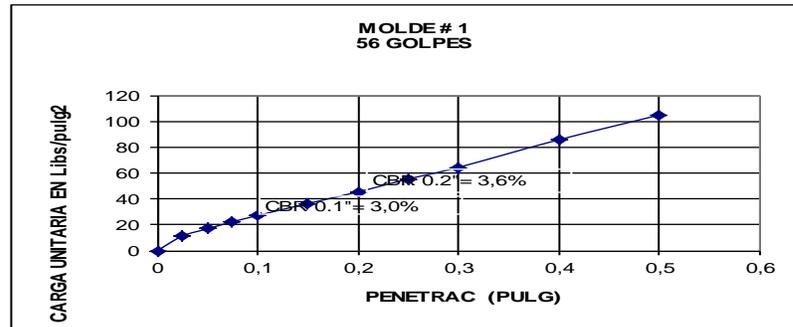
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 3

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

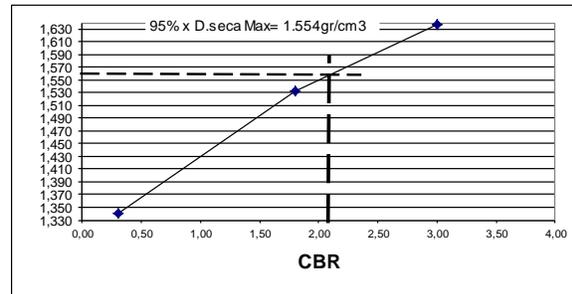
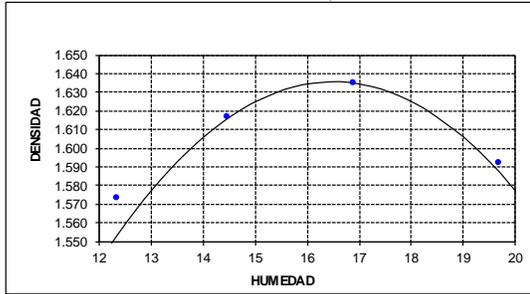
FECHA: Abril 2014

PROFUNDIDAD: 1.5m

CALICATA: 3

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1,636 GR/CM3

CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 16,50%



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 2,2%

# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX
	0,1	0,2	
56	3,0	3,6	1,636
25	1,8	1,87	1,532
10	0,3	0,3	1,340

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE PAVIMENTOS

ENSAYO D.C.P - C.B.R.

Localización : ZALAPA ALTO

Calicata = 3

Profundidad : 1,10

Valor mm/golpe : 52,27

CBR (Kleyn 1975) = 3,3

Cordenadas:

CBR (Kleyn & Heerden 1983) = 2,5

NORTE: 9.564.684,90

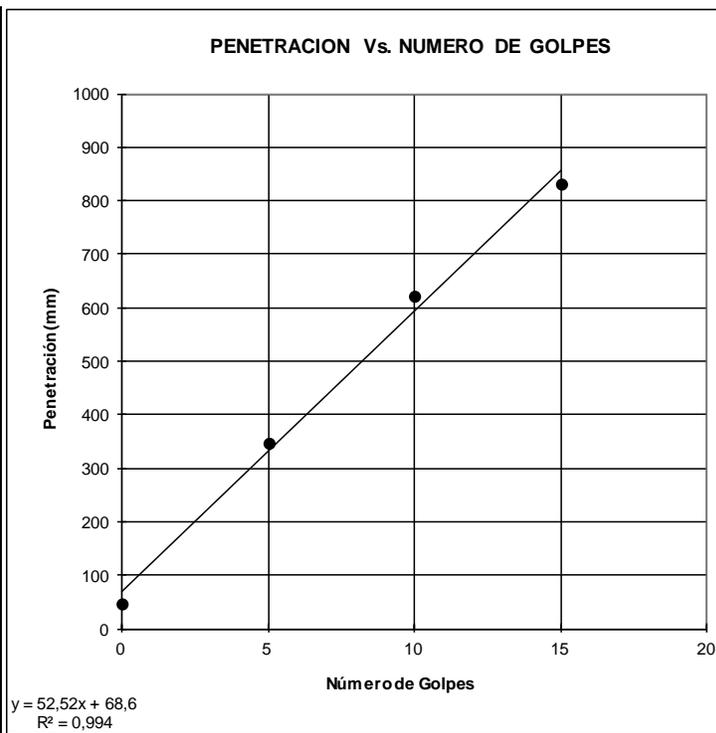
CBR (Harrison 1987) = 3,5

ESTE: 695.930,07

Valor CBR Promedio = 3,1

COTA: 2.093,00

Golpes Acumulados	Penetración (mm)
0	48,00
5	348,00
10	622,00
15	832,00

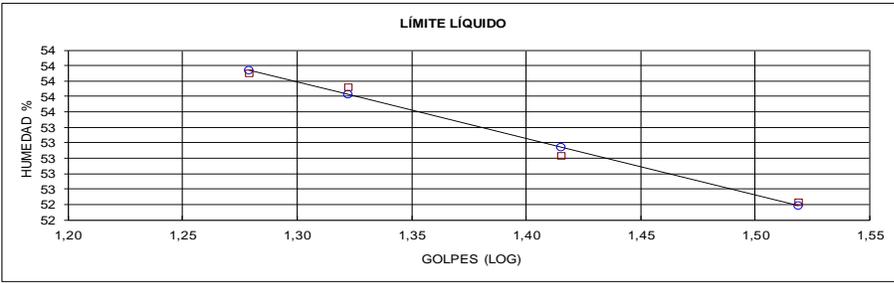


Observaciones:

M.Sc. Carmen Esparaza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN
DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA

Calicata N° 4:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014 PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA : ABRIL-2014						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		79,13 94,15	66,77 78,15	25,39 24,87	29,87 30,03	29,95
2.- LÍM. LÍQUIDO	19 21 26 33	70,84 70,64 67,33 65,80	66,23 65,28 63,31 62,25	57,71 55,34 55,73 55,48	54,11 53,92 53,03 52,44	53,27
3.- LÍMITE PLÁSTICO		56,58 59,58	56,06 58,98	53,92 56,89	24,30 28,71	26,50
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 500,17 (H/S)		S		GRAVA 0		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		500,17		ARENA 10		
				FINOS 89		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	0,00	0	100	LL = 53,00		
3/4"	0,00	0	100	LP = 27,00		
1/2"	0,00	0	100	IP = 26,00		
3/8"	0,00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : CH AASHTO: A-7-6 IG(86): 26 IG(45): 17		
No. 4	0,30	0	100			
No. 10	18,18	4	96			
No. 40	25,53	5	95			
No. 200	52,77	11	89			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISISTA		



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

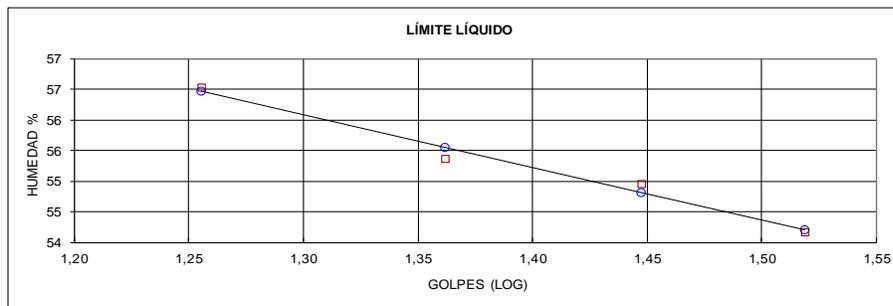
INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,
 APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL
 OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE
 LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO
 SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN
 REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
 FECHA : ABRIL-2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 CALICATA: 4
 MUESTRA: 2
 PROFUNDIDAD: 1.00 m

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		78,54 96,50	65,89 79,25	25,39 24,87	31,23 31,72	31,48
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 23 28 33	67,07 70,12 72,43 68,20	62,83 65,69 68,00 63,72	55,33 57,69 59,94 55,45	56,53 55,38 54,96 54,17	55,24
3.- LÍMITE PLÁSTICO		56,67 59,53	56,03 59,03	53,95 56,92	30,77 23,70	27,23

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,08	(H/S)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			500,08	ARENA	3
				FINOS	97
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	55,00
1"	0,00	0	100	LP =	27,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	28,00
1/2"	0,00	0	100		
3/8"	0,00	0	100	CLASIFICACIÓN	
No. 4	0,13	0	100	SUCS :	CH
No. 10	0,55	0	100	AASHTO:	A-7-6
No. 40	3,37	1	99	IG(86):	32
No. 200	17,17	3	97	IG(45):	18



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,

APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 4

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 3

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

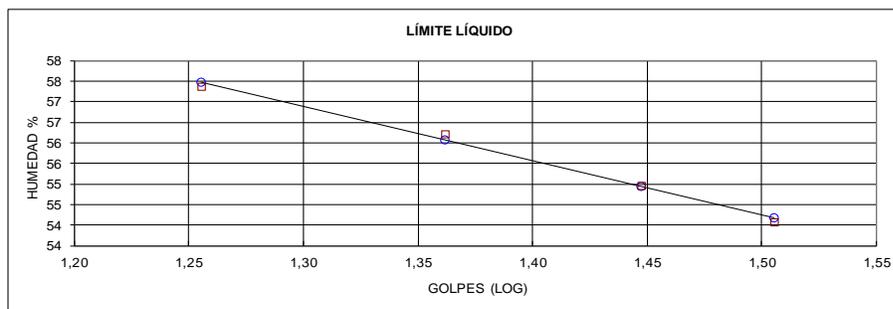
PROFUNDIDAD: 1.50 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		77,45 95,45	65,15 79,42	25,39 24,87	30,94 29,39	30,16
2.- LÍM. LÍQUIDO	18,00 23,00 28,00 32,00	70,80 66,65 71,52 68,50	66,02 62,58 67,43 63,93	57,69 55,34 59,99 55,48	57,38 56,22 54,97 54,08	55,59
3.- LÍMITE PLÁSTICO		56,72 59,54	56,07 58,99	53,97 56,94	30,95 26,83	28,89

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,16	(H/S)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:	500,16		500,16	ARENA	4
				FINOS	96
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	56,00
1"	0,00	0	100	LP =	29,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	27,00
1/2"	0,00	0	100		
3/8"	0,00	0	100		
No. 4	0,10	0	100	CLASIFICACIÓN	
No. 10	0,42	0	100	SUCS : CH	
No. 40	2,32	0	100	AASHTO: A-7-6	
No. 200	20,50	4	96	IG(86): 31	
				IG(45): 18	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-05-2014
 PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA
 OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE NORMA : T 180-D
 LOCALZ: ZALAPA ALTO
 SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN PROFUND.: 1.5m
 REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
 FECHA: Abril 2014 CALICATA:4

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO:	15,23	cm.
ALTURA:	11,61	cm
VOLUMEN :	2.115	cm3
PESO :	6.260	gramos

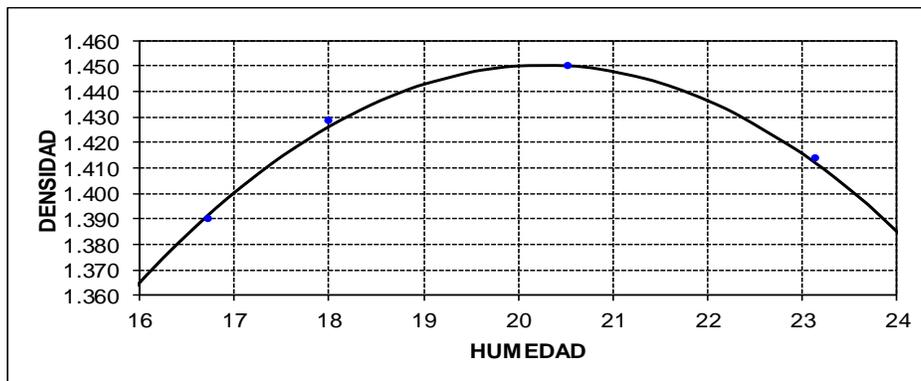
DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	9.674	9.830	9.943	9.940
Peso suelo:	3.414	3.570	3.683	3.680
Dens. Hum :	1.614	1.688	1.741	1.740

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	396,62	395,20	387,45	397,48	379,13	375,65	382,96	369,15
W. seco:	350,52	349,58	338,24	346,96	327,29	323,99	323,60	312,39
W. caps:	65,88	65,17	67,22	67,82	67,84	67,76	67,28	65,45
w (%) :	16,20	16,04	18,16	18,10	19,98	20,16	23,16	22,99
promedio	16,12		18,13		20,07		23,07	
Dens. Seca:	1.390		1.429		1.450		1.414	

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.450 Kg/m3
 CONT. DE AGUA OPTIMO = 20,27 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la U.T.P.L.'

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
 FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014									
PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA									
OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE									
LOCALZ : ZALAPA ALTO									
SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN									
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT									
FECHA: Abril 2014									
	NUMERO DEL MOLDE N°	4	5	6					
	DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,17	15,13	15,12					
	ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,88	12,78	12,88					
	ALTURA DEL ALZA: (cm)	5,02	5,02	5,02					
	NORMA: ASTM 1883								
	CALICATA: 4								
	PROFUND.: 1.5m								

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE N°	80			4		7	
N° DE GOLPES POR CAPA	56			25		10	
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	10775	11628	10236	11038	9824	10773	
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	6717	6717	6687	6687	6687	6687	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	4058	4911	3549	4351	3137	4086	
VOLUMEN DE MUESTRA cm ³	2327,97	2327,97	2297,73	2297,73	2312,65	2312,65	
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm ³	1,743	2,110	1,545	1,894	1,356	1,767	

HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO										
RECIPIENTE N°	A9	13'	MY15	J8	J2	MK4	18'	MY6	41	18'	U21	41
PESO DEL RECIPIENTE gr.	52,59	67,15	59,88	55,10	58,41	64,60	37,99	54,67	54,75	37,99	57,57	54,77
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	307,02	337,43	219,13	290,73	302,71	311,79	213,50	281,90	335,28	276,96	246,89	239,82
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	264,23	291,87	171,78	220,46	260,51	269,63	158,18	209,43	286,80	236,51	181,61	176,21
PESO DE AGUA gr.	42,79	45,56	47,35	70,27	42,2	42,16	55,32	72,47	48,48	40,45	65,28	63,61
PESO DE MUESTRA SECA gr.	211,64	224,72	111,90	165,36	202,1	205,03	120,19	154,76	232,05	198,52	124,04	121,44
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	20,22	20,27	42,31	42,50	20,88	20,56	46,03	46,83	20,89	20,38	52,63	52,38
HUMEDAD PROMEDIO %	20,25		42,40		20,72		46,43		20,63		52,50	
DENSIDAD SECA gr/cm ³	1,450		1,481		1,279		1,293		1,124		1,159	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA			
MOLDE N°	80		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	11628	11038	10773
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	10775	10236	9824
PESO DE AGUA ABSORBIDA	853	802	949
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	21,02	22,60	30,25

DATOS DE ESPONJAMIENTO										
FECHA	TIEMPO	MOLDE N° 80			MOLDE N° 4			MOLDE N° 7		
Y	EN	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM
HORA	DÍAS	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	78	0,78	0,606	101	1,01	0,79	153	1,53	1,53	1,19
3	368	3,68	2,86	419	4,19	3,28	466	4,66	4,66	3,62
4	402	4,02	3,12	497	4,97	3,89	633	6,33	6,33	4,91
5	424	4,24	3,29	555	5,55	4,34	737	7,37	7,37	5,72

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN										
PENETR	CARGAS	MOLDE N° 80			MOLDE N° 4			MOLDE N° 7		
EN	TIPO	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
plg.	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²
0,025		12,0	7,51		6,10	3,82		3,0	1,88	
0,050		16,0	10,01		9,30	5,82		5,0	3,13	
0,075		19,0	11,89		11,60	7,26		6,7	4,19	
0,100	1000	21,0	13,14	1,4	13,70	8,57	0,9	7,6	4,76	0,5
0,150		25,0	15,65		17,50	10,95		9,2	5,76	
0,200	1500	29,0	18,15	1,4	21,40	13,39	0,9	10,6	6,63	0,4
0,250		33,0	20,65		25,00	15,65		12,1	7,57	
0,300	1900	37,0	23,16		28,40	17,78		13,5	8,45	
0,400	2300	45,0	28,16		32,60	20,40		16,0	10,01	
0,500	2600	52,0	32,55		37,00	23,16		18,0	11,27	

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS

NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

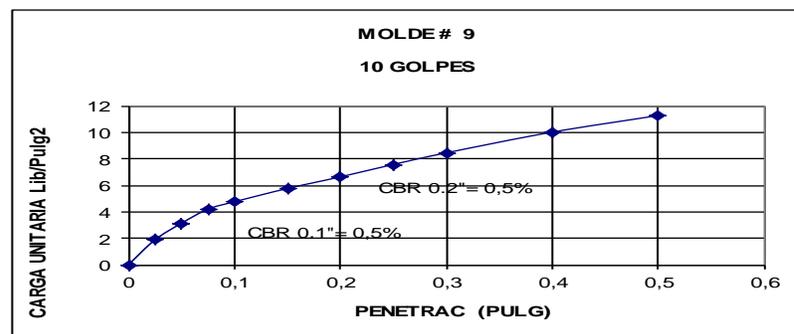
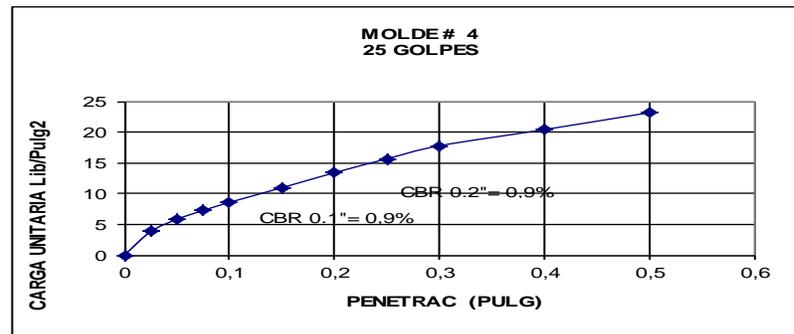
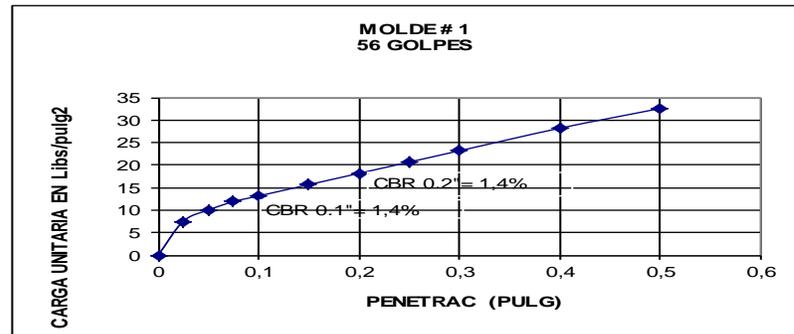
RELIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 4

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

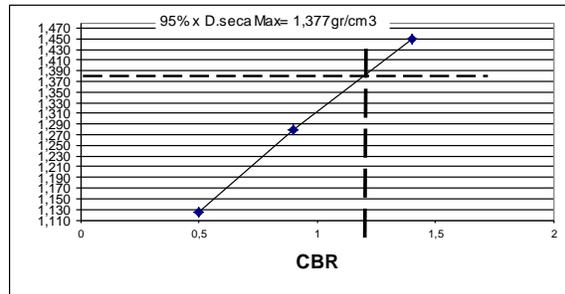
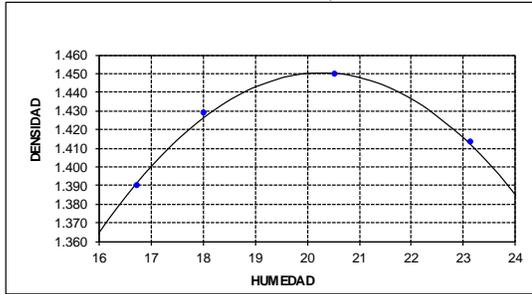
FECHA: Abril 2014

PROFUNDIDAD: 1.5m

CALICATA: 4

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1,450 GR/CM3

CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 20,27%



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 1,2%

# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX
	0,1	0,2	
56	1,4	1,4	1,450
25	0,9	0,9	1,279
10	0,5	0,4	1,124

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE PAVIMENTOS

ENSAYO D.C.P - C.B.R.

Localización : ZALAPA ALTO

Calicata = 4

Profundidad : 0,70

Valor mm/golpe : 52,20

CBR (Kleyn 1975) = 3,3

Cordenadas:

CBR (Kleyn & Heerden 1983) = 2,6

NORTE: 9.564.632,14

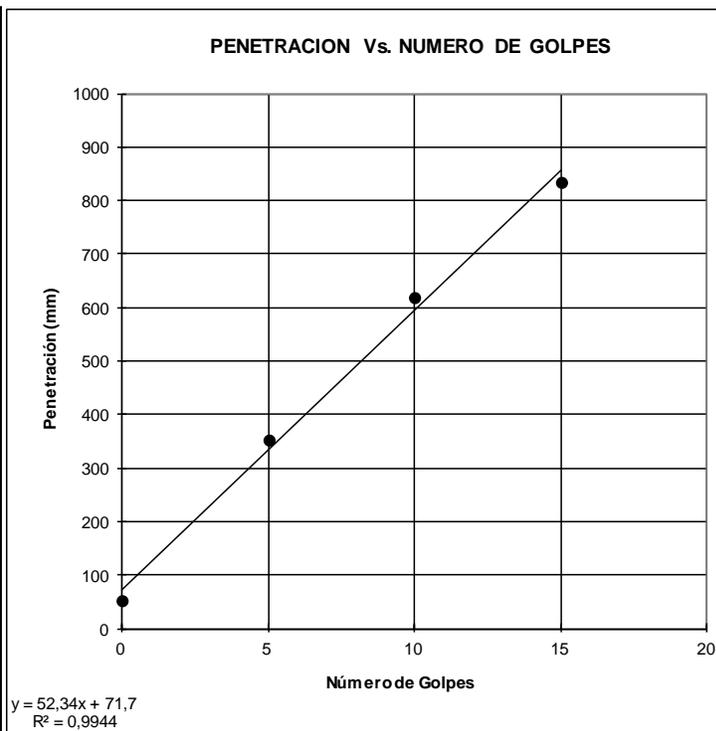
CBR (Harrison 1987) = 3,5

ESTE: 695.481,22

Valor CBR Promedio = 3,1

COTA: 2.090,00

Golpes Acumulados	Penetración (mm)
0	51,00
5	352,00
10	620,00
15	834,00

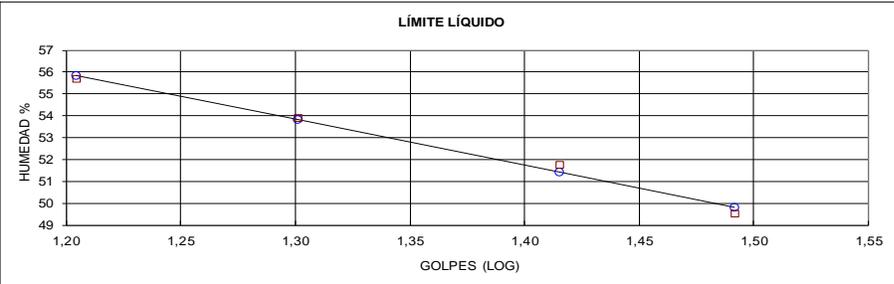


Observaciones:

M.Sc. Carmen Esparaza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN
DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA

Calicata N° 5:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014 PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA : ABRIL-2014						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		88,18 99,83	76,02 86,86	20,90 27,66	22,06 21,91	21,98
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 20 26 31	30,27 33,48 29,42 32,22	26,51 30,38 25,74 28,40	19,76 24,63 18,63 20,69	55,70 53,91 51,76 49,55	51,78
3.- LÍMITE PLÁSTICO		24,70 25,90	23,59 24,67	19,81 20,44	29,37 29,08	29,22
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 500,27 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 500,27				GRAVA 4 ARENA 30 FINOS 66		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 52,00 LP = 29,00 IP = 23,00 CLASIFICACIÓN SUCS : CH AASHTO: A-7-6 IG(86): 15 IG(45): 13		
1"	0,00	0	100			
3/4"	0,00	0	100			
1/2"	5,95	1	99			
3/8"	10,28	2	98			
No. 4	17,84	4	96			
No. 10	37,09	7	93			
No. 40	104,32	21	79			
No. 200	170,34	34	66			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO : Suelo Arcillosos (A-7-6)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISISTA		



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

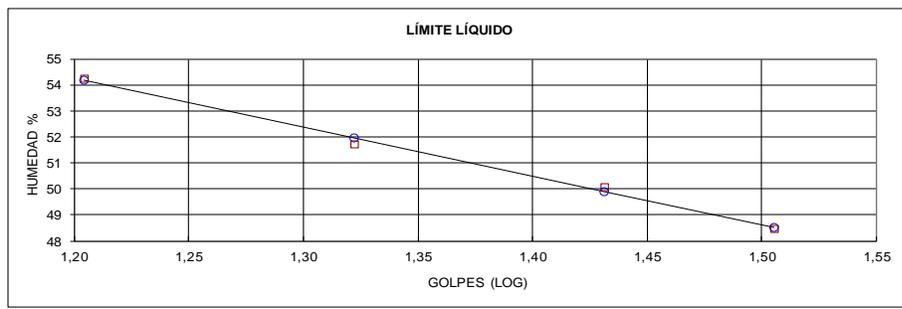
INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,
 APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL
 OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE
 LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO
 SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN
 REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
 FECHA : ABRIL-2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 CALICATA: 5
 MUESTRA: 2
 PROFUNDIDAD: 1.00 m

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		87,32 101,13	75,32 86,27	20,78 26,77	22,00 24,97	23,49
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 21 27 32	31,17 32,48 29,33 30,08	27,15 29,80 25,75 27,02	19,74 24,62 18,60 20,71	54,25 51,74 50,07 48,49	50,54
3.- LÍMITE PLÁSTICO		24,62 25,79	23,45 24,60	19,66 20,40	30,87 28,33	29,60

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,16	(H/S)	S	GRAVA	3
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			500,16	ARENA	26
				FINOS	71
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	51,00
1"	0,00	0	100	LP =	30,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	21,00
1/2"	5,18	1	99		
3/8"	9,03	2	98		
No. 4	13,28	3	97	CLASIFICACIÓN	
No. 10	25,36	5	95	SUCS : CH	
No. 40	83,46	17	83	AASHTO: A-7-5	
No. 200	145,66	29	71	IG(86): 15	
				IG(45): 14	



CLASIFICACIÓN AASHTO : Suelo Arcillosos (A-7-5)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE
LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

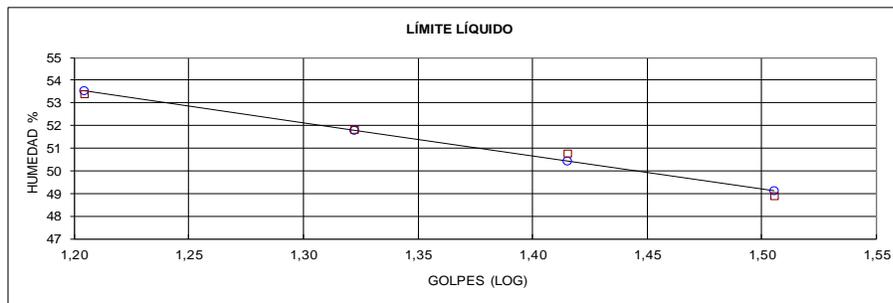
NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
CALICATA: 5
MUESTRA: 3
PROFUNDIDAD: 1.50 m

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		87,45 99,85	76,20 87,45	20,90 27,66	20,34 20,74	20,54
2.- LÍM. LÍQUIDO	16,00 21,00 26,00 32,00	31,25 32,54 29,35 30,11	27,25 29,84 25,76 27,03	19,76 24,63 18,69 20,73	53,40 51,82 50,78 48,89	50,69
3.- LÍMITE PLÁSTICO		24,68 25,85	23,52 24,60	19,71 20,41	30,45 29,83	30,14

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,09	(H/S)	S	GRAVA	4
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			500,09	ARENA	27
				FINOS	68
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	51,00
1"	0,00	0	100	LP =	30,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	21,00
1/2"	7,72	2	98		
3/8"	13,71	3	97	CLASIFICACIÓN	
No. 4	22,36	4	96	SUCS :	CH
No. 10	37,84	8	92	AASHTO:	A-7-5
No. 40	97,50	19	81	IG(86):	14
No. 200	159,06	32	68	IG(45):	13



CLASIFICACIÓN AASHTO : Suelo Arcillosos (A-7-5)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

NORMA : T 180-D

LOCALZ: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROFUND.: 1.5m

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA: Abril 2014

CALICATA:5

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO:	15,23	cm.
ALTURA:	11,61	cm
VOLUMEN :	2.115	cm3
PESO :	6.260	gramos

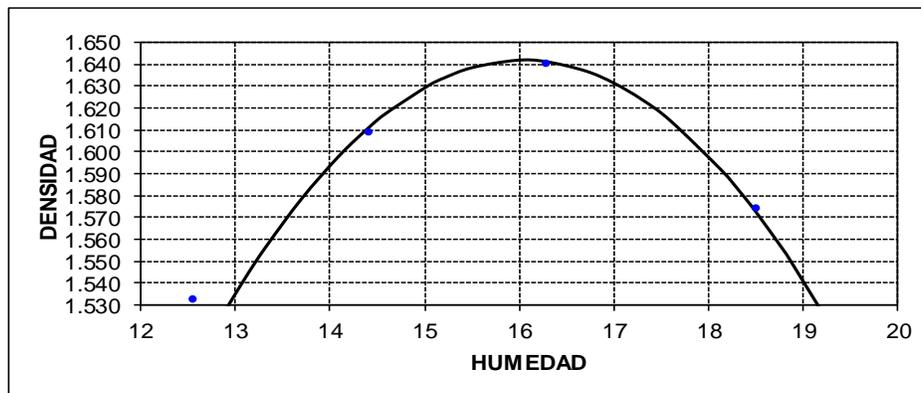
DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	9.905	10.152	10.298	10.205
Peso suelo:	3.645	3.892	4.038	3.945
Dens. Hum :	1.723	1.840	1.909	1.865

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	313,32	293,01	326,95	306,49	325,77	347,48	348,41	338,38
W. seco:	286,32	267,22	293,88	276,21	289,22	307,43	304,56	295,15
W. caps:	64,31	63,87	64,41	64,59	64,38	64,75	64,27	63,78
w (%) :	12,16	12,68	14,41	14,31	16,26	16,50	18,25	18,68
promedio		12,42		14,36		16,38		18,47
Dens. Seca:		1.533		1.609		1.640		1.574

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.642 Kg/m3
 CONT. DE AGUA OPTIMO = 16,05 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la U.T.P.L.'

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
 FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014	PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA	NÚMERO DEL MOLDE Nº	4	5	12
OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE		DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,18	15,21	15,4
LOCALZ : ZALAPA ALTO	SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO: ANDRE EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA: Abril 2014	ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,88	12,88	12,78
		ALTURA DEL ALZA: (cm)	5,02	5,02	5,02
		NORMA: ASTM 1883			
		CALICATA: 5			
		PROFUND.: 1.5m			

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE Nº	80		4		7	
	56		25		10	
Nº DE GOLPES POR CAPA						
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	10393	10751	10119	10588	10282	10889
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	5934	5934	5987	5987	6543	6543
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	4459	4817	4132	4601	3739	4346
VOLUMEN DE MUESTRA cm ³	2331,04	2331,04	2340,26	2340,26	2380,47	2380,47
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm ³	1,913	2,066	1,766	1,966	1,571	1,826

HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO										
RECIPIENTE Nº	AS5	MS2	AS3	AC3	AS3	AB5	MS2	AS5	AC3	AC1	AB5	AC1
PESO DEL RECIPIENTE gr.	59,16	70,67	56,94	55,59	56,93	57,80	70,67	59,16	55,59	57,70	57,80	57,70
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	244,54	276,01	177,51	199,21	243,28	225,61	233,98	204,36	220,24	227,36	182,71	199,00
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	218,79	247,54	154,13	171,17	217,43	202,45	199,11	172,79	197,42	203,97	151,63	164,56
PESO DE AGUA gr.	25,75	28,47	23,38	28,04	25,85	23,16	34,87	31,57	22,82	23,39	31,08	34,44
PESO DE MUESTRA SECA gr.	159,63	176,87	97,19	115,58	160,5	144,65	128,44	113,63	141,83	146,27	93,83	106,86
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	16,13	16,10	24,06	24,26	16,11	16,01	27,15	27,78	16,09	15,99	33,12	32,23
HUMEDAD PROMEDIO %	16,11		24,16		16,06		27,47		16,04		32,68	
DENSIDAD SECA gr/cm ³	1,647		1,664		1,521		1,542		1,354		1,376	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA						
MOLDE Nº	80		4		7	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	10751		10588		10889	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	10393		10119		10282	
PESO DE AGUA ABSORBIDA	358		469		607	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	8,03		11,35		16,23	

DATOS DE ESPONJAMIENTO										
FECHA	TIEMPO	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		EN	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE
HORA	DÍAS	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	378	3,78	2,935	385	3,85	2,99	467	4,67	3,65	3,65
3	478	4,78	3,71	512	5,12	3,98	567	5,67	4,44	4,44
4	577	5,77	4,48	616	6,16	4,78	684	6,84	5,35	5,35
5	639	6,39	4,96	664	6,64	5,16	735	7,35	5,75	5,75

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN										
PENETR	CARGAS	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		EN	TIPO	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL
plg.	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²
0,025		7,0	23,66		5,00	16,90		3,0	10,14	
0,050		14,0	47,31		8,30	28,05		4,8	16,22	
0,075		20,0	67,59		11,40	38,53		6,0	20,28	
0,100	1000	25,0	84,49	8,5	14,00	47,31	5,0	7,0	23,66	2,5
0,150		33,0	111,52		18,30	61,84		9,0	30,41	
0,200	1500	41,0	138,56	10,0	22,00	74,35	6,0	11,0	37,17	3,3
0,250		48,0	162,21		26,00	87,87		12,6	42,58	
0,300	1900	54,0	182,49		29,00	98,00		14,0	47,31	
0,400	2300	64,8	218,99		36,00	121,66		16,6	56,10	
0,500	2600	76,0	256,84		42,00	141,94		19,0	64,21	

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS
NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

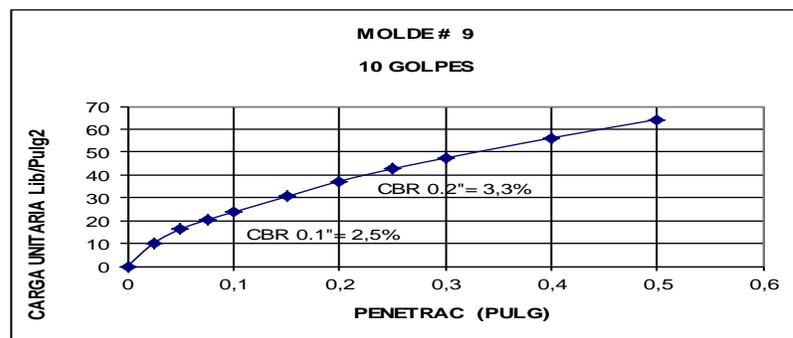
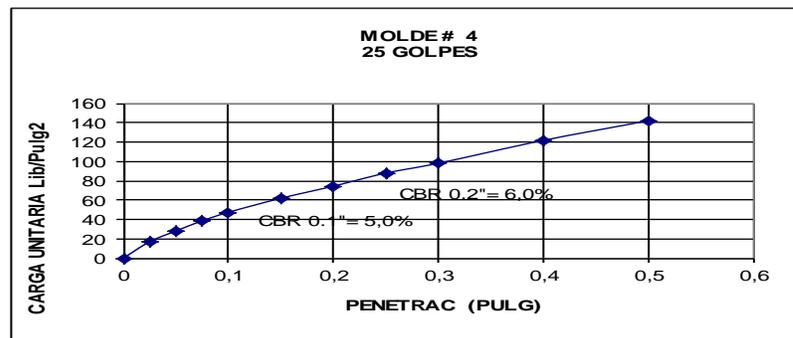
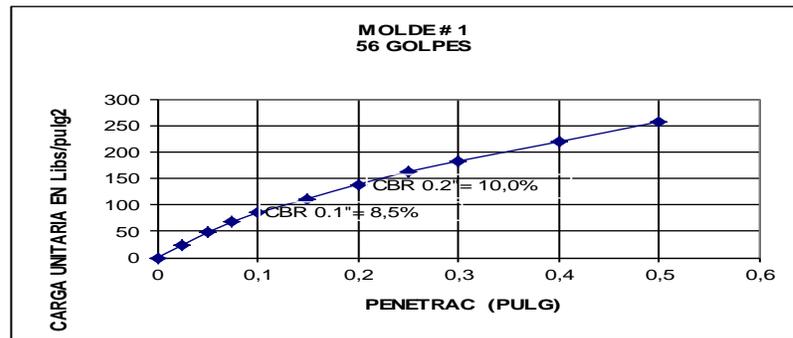
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 5

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



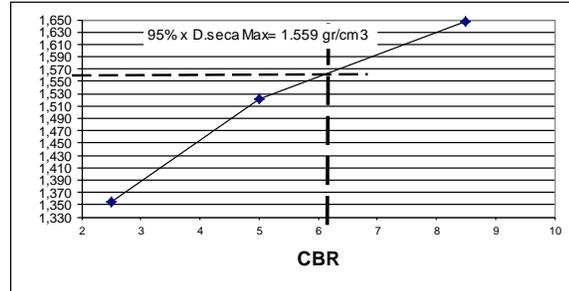
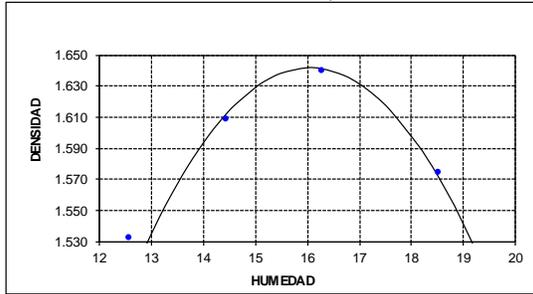
M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

INF-LAB-DGM-IC-05-2014
 PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA
 OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE
 LOCALZ: ZALAPA ALTO
 SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN
 REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
 FECHA: Abril 2014
 PROFUNDIDAD: 1.5m
 CALICATA: 5
DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1,642 GR/CM3
CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 16,05%



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 6.2%

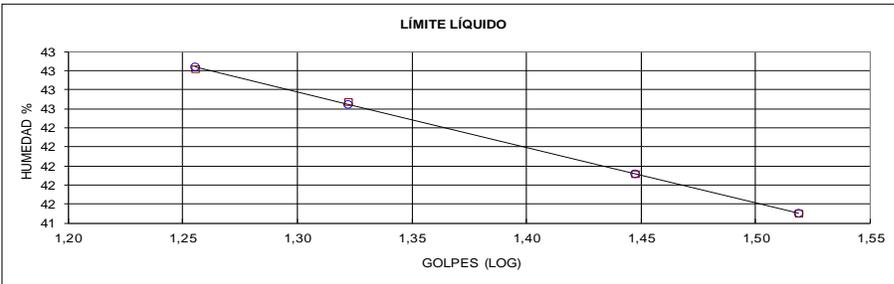
# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX.
	0,1	0,2	
56	8,5	10	1,647
25	5	6	1,521
10	2,5	3,3	1,354

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
 FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA

Calicata N° 6:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014 PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA : ABRIL-2014						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		84,51 93,97	72,98 80,09	27,64 27,58	25,43 26,43	25,93
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 21 28 33	71,72 72,28 76,67 72,05	67,50 67,21 70,45 67,19	57,69 55,33 55,61 55,48	43,02 42,68 41,91 41,50	42,21
3.- LÍMITE PLÁSTICO		64,37 62,87	63,70 62,09	59,89 57,70	17,59 17,77	17,68
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 500,14 (H/S)		S		GRAVA 4		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		500,14		ARENA 36		
				FINOS 60		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 42,00 LP = 18,00 IP = 24,00		
1"	0,00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : CL AASHTO: A-7-6 IG(86): 12 IG(45): 11		
3/4"	0,00	0	100			
1/2"	0,00	0	100			
3/8"	9,87	2	98			
No. 4	19,92	4	96			
No. 10	41,68	8	92			
No. 40	91,88	18	82			
No. 200	200,67	40	60			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISISTA		



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,

APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 6

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 2

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

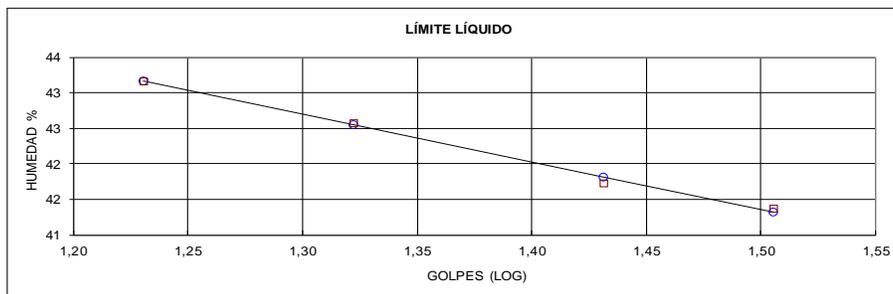
PROFUNDIDAD: 1.00 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		85,15 92,65	73,68 79,85	27,64 27,58	24,91 24,49	24,70
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 21 27 32	71,68 72,25 76,62 72,10	67,42 67,20 70,39 67,25	57,55 55,34 55,46 55,53	43,16 42,58 41,73 41,38	42,04
3.- LÍMITE PLÁSTICO		64,41 62,88	63,78 62,12	59,89 57,65	16,20 17,00	16,60

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,17	(H/S)	S	GRAVA	4
PESO INICIAL DE CÁLCULO:	500,17		500,17	ARENA	36
				FINOS	60
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	42,00
1"	0,00	0	100	LP =	17,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	25,00
1/2"	0,00	0	100		
3/8"	9,77	2	98	CLASIFICACIÓN	
No. 4	19,73	4	96	SUCS : CL	
No. 10	41,28	8	92	AASHTO: A-7-6	
No. 40	90,99	18	82	IG(86): 12	
No. 200	198,73	40	60	IG(45): 11	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 6

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 3

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROFUNDIDAD: 1.50 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		87,54 88,95	74,15 75,15	27,64 27,58	28,79 29,01	28,90
2.- LÍM. LÍQUIDO	16,00 21,00 26,00 34,00	71,67 72,23 76,62 72,04	67,45 67,21 70,45 67,19	57,62 55,34 55,68 55,39	42,93 42,29 41,77 41,10	41,86
3.- LÍMITE PLÁSTICO		64,64 62,59	63,93 61,90	59,98 57,68	17,97 16,35	17,16

4.- GRANULOMETRÍA

5.- CLASIFICACIÓN

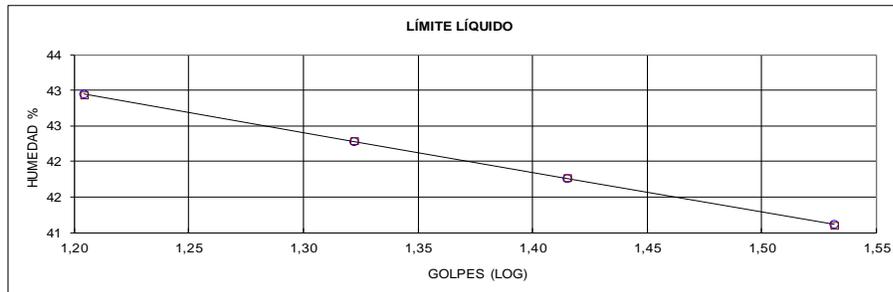
PESO IN= 500,09 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 500,09

GRAVA 5
ARENA 28
FINOS 67

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0,00	0	100
3/4"	0,00	0	100
1/2"	6,87	1	99
3/8"	11,48	2	98
No. 4	24,67	5	95
No. 10	41,19	8	92
No. 40	74,62	15	85
No. 200	162,96	33	67

LL = 42,00
LP = 17,00
IP = 25,00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CL
AASHTO: A-7-6
IG(86): 15
IG(45): 13



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

NORMA : T 180-D

LOCALZ: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROFUND.: 1.5m

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA: Abril 2014

CALICATA:6

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO:	15,23	cm.
ALTURA:	11,61	cm
VOLUMEN :	2.115	cm3
PESO :	6.260	gramos

DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.273	10.378	10.418	10.428
Peso suelo:	4.013	4.118	4.158	4.168
Dens. Hum :	1.897	1.947	1.966	1.971

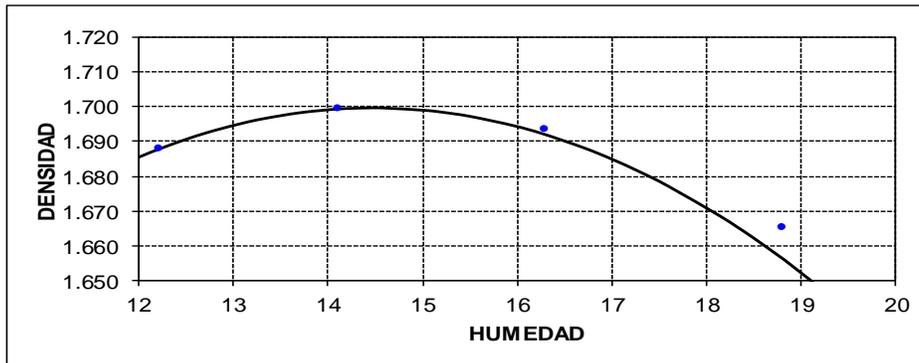
CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	346,52	383,40	327,98	351,30	324,46	314,85	301,72	303,34
W. seco:	315,43	348,24	294,23	315,13	288,50	280,23	265,34	265,76
W. caps:	64,06	64,51	64,35	64,43	64,78	64,59	63,78	63,55
w (%) :	12,37	12,39	14,68	14,43	16,07	16,05	18,05	18,58
promedio	12,38		14,55		16,06		18,32	
Dens. Seca:	1.688		1.700		1.694		1.666	

RESULTADOS:

DENSIDAD SECA MÁXIMA =
CONT. DE AGUA OPTIMO =

1.700 Kg/m³
14,48 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la U.T.P.L.'

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014	PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE LOCALZ : ZALAPA ALTO SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA: Abril 2014	NUMERO DEL MOLDE N°	SP4	SP5	SP12
		DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,79	15,81	15,23
		ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,82	12,82	12,72
		ALTURA DEL ALZA: (cm)	5,08	5,08	5,08
		NORMA: ASTM 1883			
		CALICATA: 6			
		PROFUND.: 1.5m			

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE N°	80		4		7	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR	ANTES SATURAR	DESP. SATURAR
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	10862	10992	10642	10865	10325	10695
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	5934	5934	5987	5987	6543	6543
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	4928	5058	4655	4878	3782	4152
VOLUMEN DE MUESTRA cm ³	2510,40	2510,40	2516,76	2516,76	2317,27	2317,27
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm ³	1,963	2,015	1,850	1,938	1,632	1,792

HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO										
RECIPIENTE N°	AB5	AC2	U21	A9	AC1	AC5	MS2	AS5	AC3	AC4	13'	41
PESO DEL RECIPIENTE gr.	57,81	55,36	57,57	52,61	57,69	55,43	70,68	59,17	55,59	60,00	67,15	54,77
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	217,58	222,32	272,54	289,56	238,76	252,32	221,45	218,23	226,87	243,87	287,64	265,67
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	197,23	201,23	241,34	254,58	216,00	227,24	197,23	192,56	204,88	220,23	243,23	223,00
PESO DE AGUA gr.	20,35	21,09	31,2	34,98	22,76	25,08	24,22	25,67	21,99	23,64	44,41	42,67
PESO DE MUESTRA SECA gr.	139,42	145,87	183,77	201,97	158,31	171,81	126,55	133,39	149,29	160,23	176,08	168,23
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	14,60	14,46	16,98	17,32	14,38	14,60	19,14	19,24	14,73	14,75	25,22	25,36
HUMEDAD PROMEDIO %	14,53		17,15		14,49		19,19		14,74		25,29	
DENSIDAD SECA gr/cm ³	1,714		1,720		1,616		1,626		1,422		1,430	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA						
MOLDE N°	80		4		7	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	10992		10865		10695	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	10862		10642		10325	
PESO DE AGUA ABSORBIDA	130		223		370	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	2,64		4,79		9,78	

DATOS DE ESPONJAMIENTO										
FECHA	TIEMPO	MOLDE N° 80			MOLDE N° 4			MOLDE N° 7		
Y	EN	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM
HORA	DÍAS	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	123	1,23	0,959	233	2,33	1,82	584	5,84	5,84	4,59
3	133	1,33	1,04	307	3,07	2,39	830	8,3	8,3	6,53
4	219	2,19	1,71	361	3,61	2,82	948	9,48	9,48	7,45
5	256	2,56	2,00	396	3,96	3,09	985	9,85	9,85	7,74

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN										
PENETR.		MOLDE N° 80			MOLDE N° 4			MOLDE N° 7		
EN	TIPO	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
plg.	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plgx10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²
0.025		18,0	11,27		11,40	7,14		2,8	1,75	
0.050		29,6	18,53		18,50	11,58		4,3	2,69	
0.075		38,9	24,33		23,60	14,77		5,4	3,38	
0.100	1000	46,5	29,10	3,2	27,50	17,21	1,8	6,5	4,07	0,8
0.150		61,3	38,37		33,60	21,03		7,9	4,94	
0.200	1500	75,6	47,32	3,6	39,43	24,68	1,8	8,9	5,57	0,7
0.250		90,6	56,71		44,80	28,04		9,8	6,13	
0.300	1900	105,2	65,84		50,82	31,81		10,3	6,45	
0.400	2300	132,9	83,18		62,40	39,06		11,4	7,14	
0.500	2600	159,4	99,77		73,60	46,07		12,6	7,89	

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS
NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

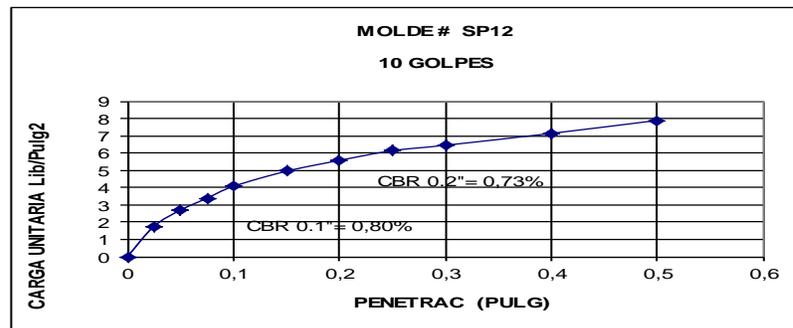
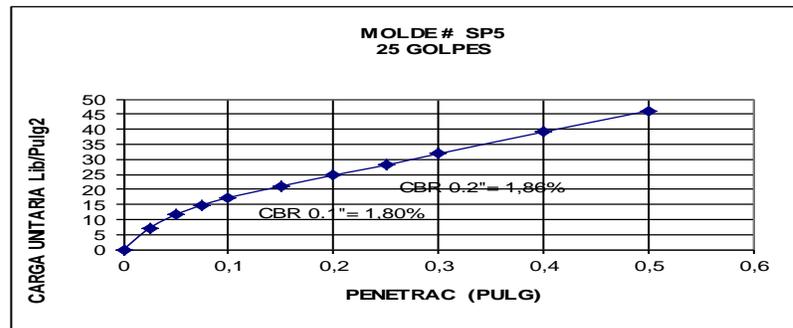
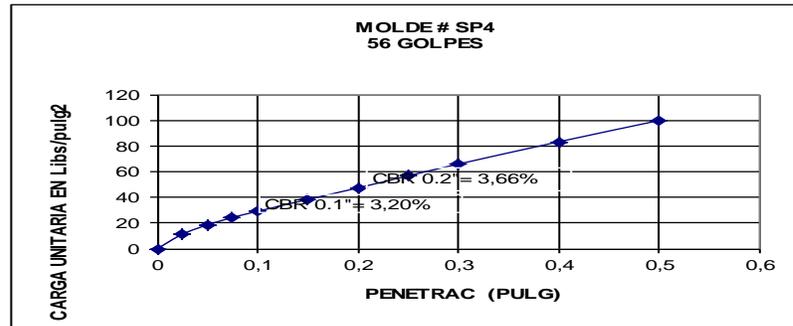
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 6

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACION

André Castillo
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

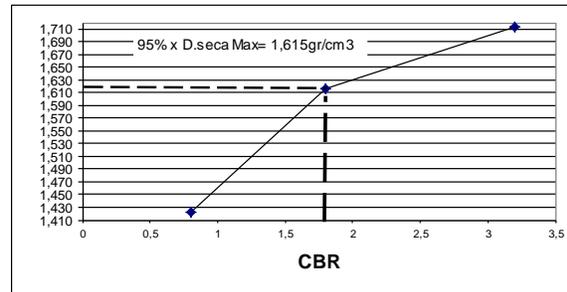
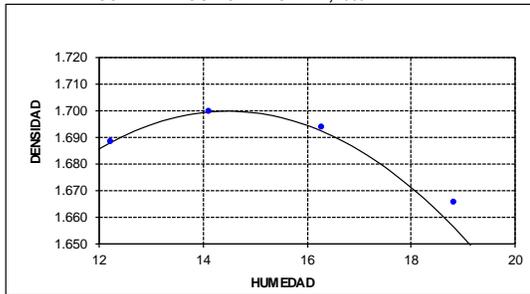
FECHA: Abril 2014

PROFUNDIDAD: 1.5m

CALICATA: 6

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1,700 GR/CM3

CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 14,48%



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 2%

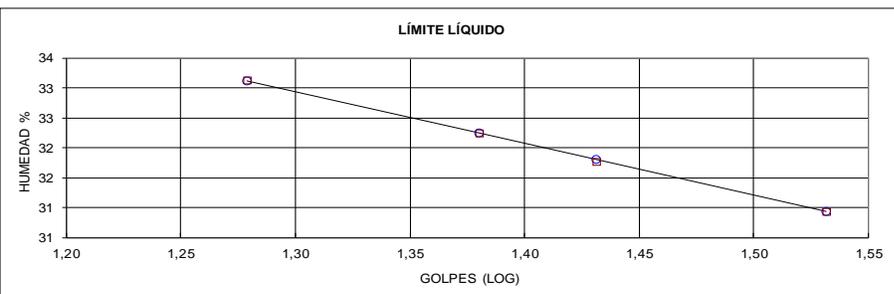
# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX
	0,1	0,2	
56	3,2	3,6	1,714
25	1,8	1,8	1,616
10	0,8	0,7	1,422

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA

Calicata N° 7:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014 PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT FECHA : ABRIL-2014						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		91,25 101,25	81,15 89,45	27,85 27,23	18,95 18,96	18,96
2.- LÍM. LÍQUIDO	19 24 27 34	63,94 63,23 69,68 68,85	61,83 60,97 67,37 66,22	55,46 53,96 60,10 57,72	33,12 32,24 31,77 30,94	32,08
3.- LÍMITE PLÁSTICO		60,87 62,76	60,01 61,63	55,41 55,62	18,70 18,80	18,75
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 500,13 (H/S)		S		GRAVA		60
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		500,13		ARENA		27
				FINOS		12
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 32,00		
1"	75,68	15	85	LP = 19,00		
3/4"	280,23	56	44	IP = 13,00		
1/2"	280,23	56	44	CLASIFICACIÓN		
3/8"	286,19	57	43	SUCS : GC		
No. 4	302,21	60	40	AASHTO: A-2-6		
No. 10	323,68	65	35	IG(86): 0		
No. 40	355,03	71	29	IG(45): 0		
No. 200	439,04	88	12			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Limoso o arcilloso Gravilla y arena(A-2-6)						
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISTA		



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA,

APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 7

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 2

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

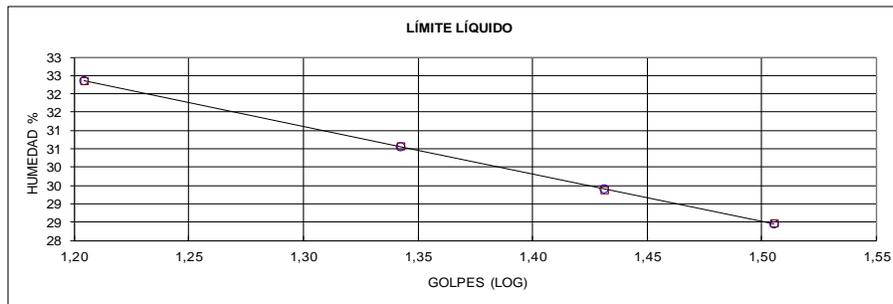
PROFUNDIDAD: 1.00 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		93,53 97,39	84,54 87,49	27,88 27,38	15,87 16,47	16,17
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 22 27 32	64,53 62,75 66,65 69,12	62,31 60,49 64,62 66,91	55,45 53,10 57,71 59,15	32,36 30,58 29,38 28,48	29,85
3.- LÍMITE PLÁSTICO		66,54 61,30	65,23 60,42	59,90 56,86	24,58 24,72	24,65

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,19	(H/S)	S	GRAVA	21
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			500,19	ARENA	45
				FINOS	35
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	30,00
1"	0,00	0	100	LP =	25,00
3/4"	24,73	5	95	IP =	5,00
1/2"	65,98	13	87		
3/8"	78,98	16	84		
No. 4	103,67	21	79	CLASIFICACIÓN	
No. 10	134,48	27	73	SUCS : SM	
No. 40	185,57	37	63	AASHTO: A-2-4	
No. 200	327,47	65	35	IG(86): 0	
				IG(45): 0	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Limoso o arcilloso Gravilla y arena(A-2-4)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

CALICATA: 7

LOCALIZAC: SECTOR ZALAPA ALTO

MUESTRA: 3

SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

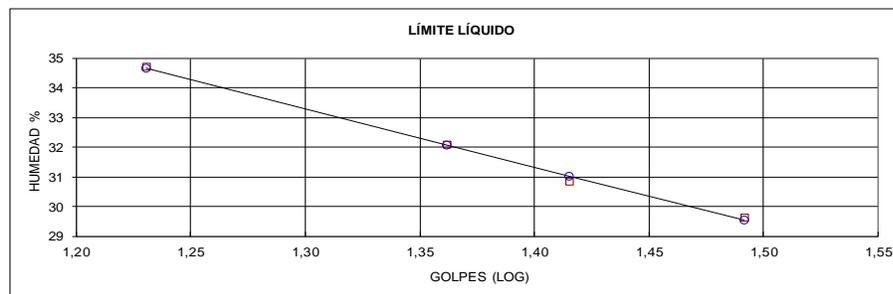
PROFUNDIDAD: 1.50 m

REALIZADO : ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA : ABRIL-2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		91,54 97,55	82,56 87,42	27,76 27,23	16,39 16,83	16,61
2.- LÍM. LÍQUIDO	17,00 23,00 26,00 31,00	64,62 62,75 66,73 69,19	62,27 60,41 64,61 66,89	55,50 53,12 57,74 59,13	34,71 32,10 30,86 29,64	31,37
3.- LÍMITE PLÁSTICO		67,52 61,41	66,26 60,38	60,90 56,92	23,51 29,77	26,64

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	500,48	(H/S)	S	GRAVA	21
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			500,48	ARENA	45
				FINOS	35
TAMIZ	PESOR T.	% RET	% PASA	LL =	31,00
1"	0,00	0	100	LP =	27,00
3/4"	24,74	5	95	IP =	4,00
1/2"	66,02	13	87		
3/8"	79,03	16	84		
No. 4	103,73	21	79	CLASIFICACIÓN	
No. 10	134,56	27	73	SUCS : SM	
No. 40	185,68	37	63	AASHTO: A-2-4	
No. 200	327,66	65	35	IG(86): 0	
				IG(45): 0	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Limoso o arcilloso Gravilla y arena(A-2-4)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

NORMA : T 180-D

LOCALZ : ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROFUND.: 1.5m

REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

FECHA: Abril 2014

CALICATA:7

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO:	15,20	cm.
ALTURA:	11,62	cm
VOLUMEN :	2.109	cm ³
PESO :	6.455	gramos

DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.750	11.008	11.285	11.218
Peso suelo:	4.295	4.553	4.830	4.763
Dens. Hum :	2.037	2.159	2.291	2.259

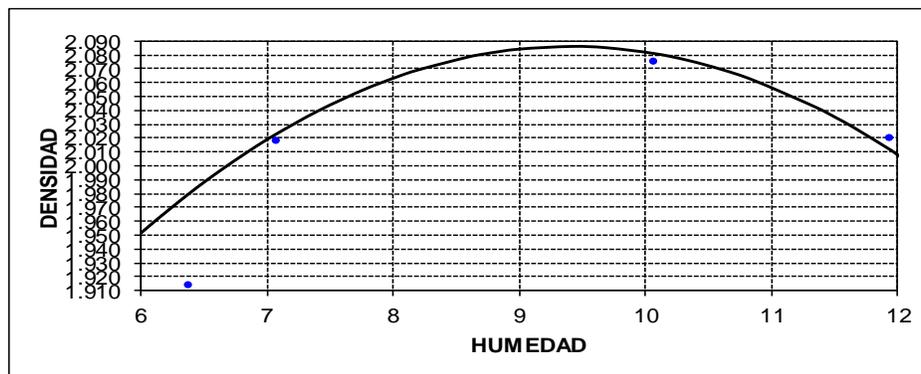
CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	385,47	395,35	422,91	413,25	370,13	357,82	344,65	378,40
W. seco:	365,40	374,90	399,00	390,20	341,61	328,80	314,49	344,62
W. caps:	56,32	54,49	57,42	59,89	59,09	54,65	56,59	59,82
w (%) :	6,49	6,38	7,00	6,98	10,09	10,59	11,69	11,86
promedio	6,44		6,99		10,34		11,78	
Dens. Seca:	1.914		2.018		2.076		2.021	

RESULTADOS:

DENSIDAD SECA MÁXIMA =
 CONT. DE AGUA OPTIMO =

2.086 Kg/m³
 9,41 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la U.T.P.L.'

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014	NUMERO DEL MOLDE Nº	4	5	6
PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA	DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,17	15,13	15,18
OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE	ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,88	12,78	12,88
LOCALZ : ZALAPA ALTO	ALTURA DEL ALZA: (cm)	5,02	5,02	5,02
SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN	NORMA: ASTM 1883			
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT	CALICATA: 7			
FECHA: Abril 2014	PROFUND.: 1.5m			

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE Nº	80		4		7	
N ° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	11999	12180	11544	11858	11309	11636
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	6713	6713	6687	6687	6687	6687
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	5286	5467	4857	5171	4622	4949
VOLUMEN DE MUESTRA cm ³	2327,97	2327,97	2297,73	2297,73	2331,04	2331,04
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm ³	2,271	2,348	2,114	2,250	1,983	2,123

HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO										
RECIPIENTE Nº	AC5	AC2	MSC2	AS3	AC1	AS2	MY15	MY10	AC3	AB5	JA10	2'
PESO DEL RECIPIENTE gr.	55,43	55,36	71,14	56,94	57,69	53,12	59,88	58,98	55,59	57,81	57,39	55,27
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	274,79	257,99	289,30	261,89	267,02	272,74	372,27	365,86	288,33	308,04	372,39	369,65
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	255,88	240,56	264,70	239,71	249,26	254,28	330,36	325,38	268,80	287,26	340,28	338,65
PESO DE AGUA gr.	18,91	17,43	24,6	22,18	17,76	18,46	41,91	40,48	19,53	20,78	32,11	31
PESO DE MUESTRA SECA gr.	200,45	185,2	193,56	182,77	191,57	201,16	270,48	266,4	213,21	229,45	282,89	283,38
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	9,43	9,41	12,71	12,14	9,27	9,18	15,49	15,20	9,16	9,06	11,35	10,94
HUMEDAD PROMEDIO %	9,42		12,42		9,22		15,34		9,11		11,15	
DENSIDAD SECA gr/cm ³	2,075		2,089		1,935		1,951		1,817		1,910	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE Nº	80	4	7
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	12180	11858	11636
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	11999	11544	11309
PESO DE AGUA ABSORBIDA	181	314	327
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	3,42	6,46	7,07

DATOS DE ESPONJAMIENTO

FECHA	TIEMPO	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM
HORA	DÍAS	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	99	0,99	0,769		221	2,21	1,73	236	2,36	1,83
3	129	1,29	1,00		229	2,29	1,79	260	2,6	2,02
4	147	1,47	1,14		243	2,43	1,90	274	2,74	2,13
5	157	1,57	1,22		261	2,61	2,04	325	3,25	2,52

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN

PENETR	CARGAS	MOLDE Nº 80			MOLDE Nº 4			MOLDE Nº 7		
		LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
EN	TPO	plg	lb/plg ²	plg x 10 ⁻³	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻³	lb/plg ²	lb/plg ²	lb/plg ²
0,025		35,0	118,28		15,00	50,69		8,0	27,04	
0,050		61,0	206,15		28,00	94,62		15,0	50,69	
0,075		88,0	297,39		38,00	128,42		20,3	68,60	
0,100	1000	106,0	358,22	32,0	45,00	152,07	14,7	24,0	81,11	7,5
0,150		138,0	466,36		59,00	199,39		29,2	98,68	
0,200	1500	154,0	520,43	36,6	70,00	236,56	17,3	33,4	112,87	8,6
0,250		173,0	584,64		80,00	270,35		37,0	125,04	
0,300	1900	193,0	652,23		90,00	304,15		41,0	138,56	
0,400	2300	215,0	726,58		108,00	364,98		48,0	162,21	
0,500	2600	228,0	770,51		125,00	422,43		54,0	182,49	

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

Andre Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS

NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

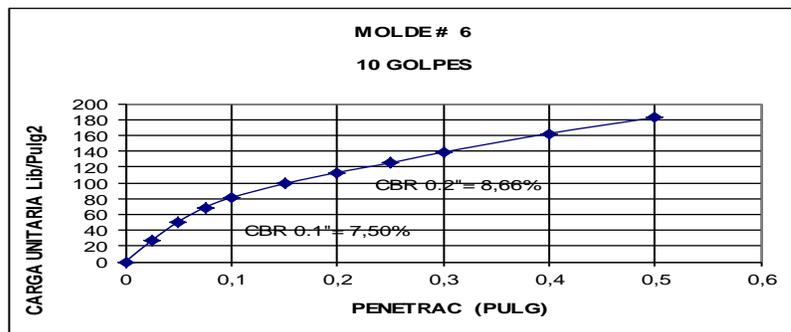
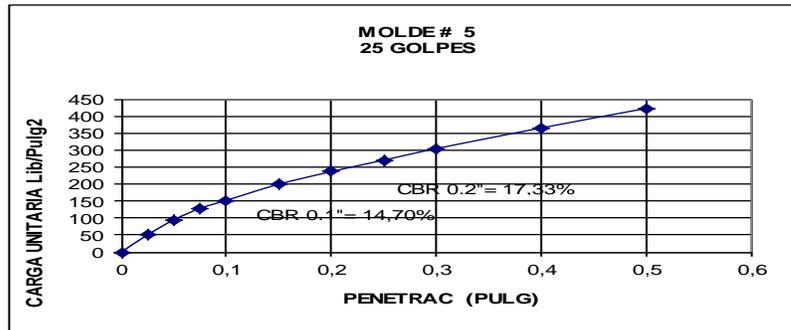
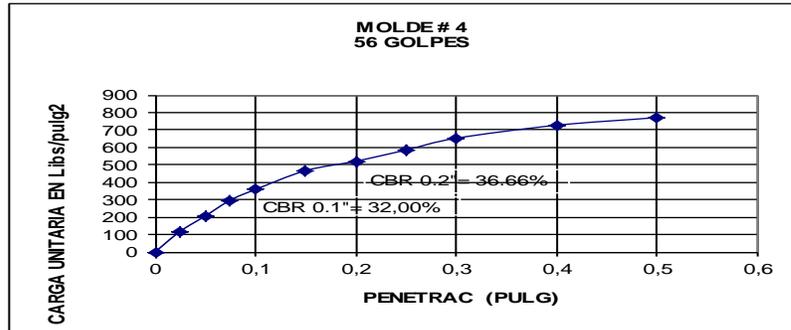
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 7

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS
NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

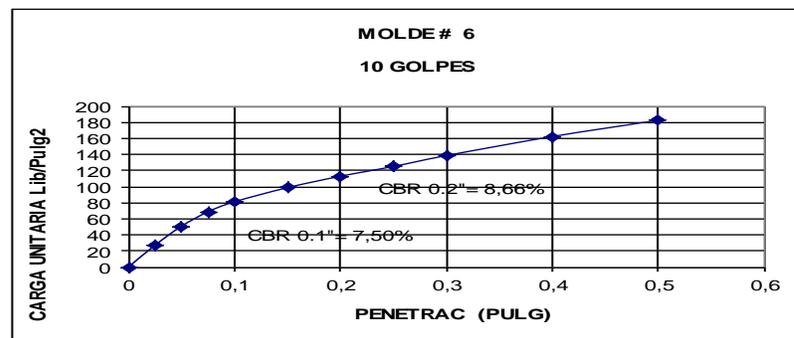
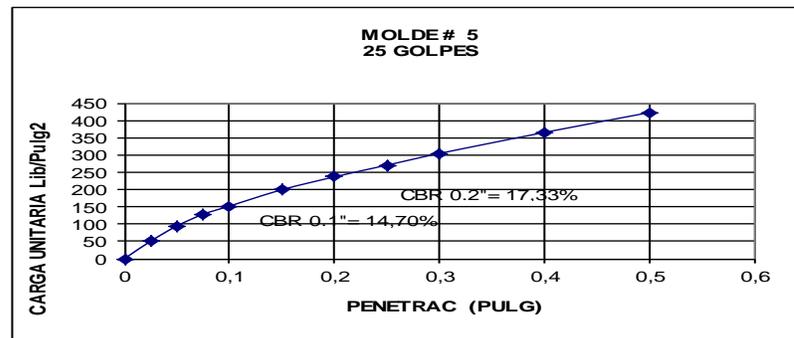
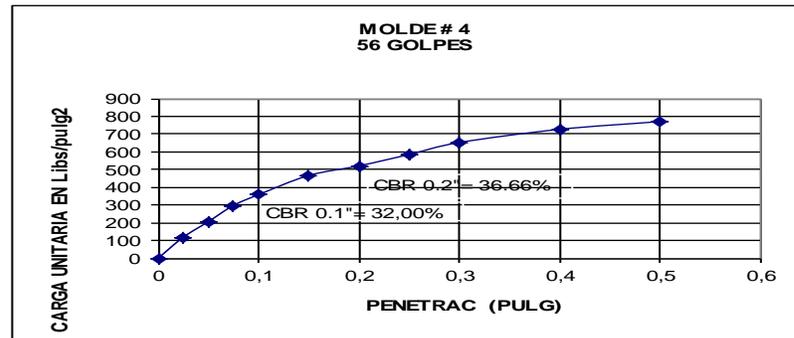
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CALICATA: 7

PROFUNDIDAD: 1.5m

FECHA: Abril 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



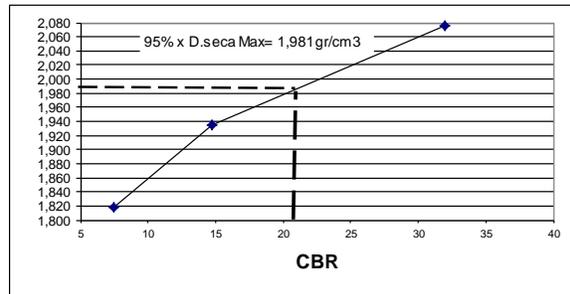
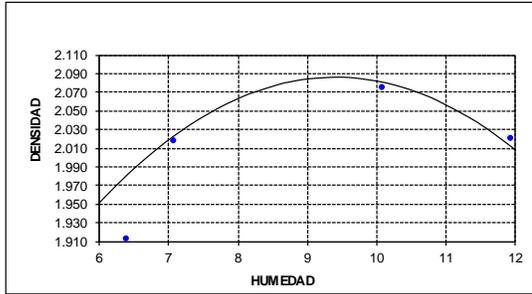
M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014
 PROYECTO : CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA
 OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE
 LOCALZ: ZALAPA ALTO
 SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN
 REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT
 FECHA: Abril 2014
 PROFUNDIDAD: 1.5m
 CALICATA: 7
DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2,086 GR/CM3
CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 9.41%



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 22.5%

# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX
	0,1	0,2	
56	32,0	36,6	2,075
25	14,7	17,3	1,935
10	7,5	8,6	1,817

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

M.Sc. Carmen Esparza
**DIRECTORA PROYECTO DE
 FIN DE TITULACIÓN**

André Castillo
TESISTA

Anexo 2: Cálculo del C.B.R de diseño:



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA Y SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA

OBRA : MATERIALES PARA SUBRASANTE

LOCALZ.: ZALAPA ALTO

SOLICITADO: TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

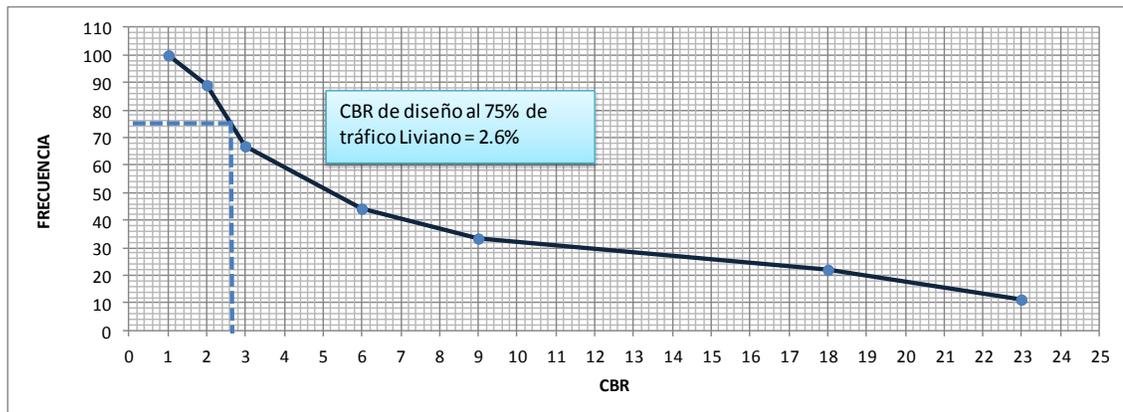
REALIZADO: ANDRÉ EMILIO CASTILLO BETANCOURT

CBR DE DISEÑO

# de Pozo	CBR al 95%
	Compactación
1	18%
2	9%
3	2%
3	3%
4	1%
4	3%
5	6%
6	2%
7	23%

RESULTADOS		
CBR	Número de Valores iguales o mayores	% de Valores iguales o mayores
1	9	100
2	8	89
2		
3	6	67
3		
6	4	44
9	3	33
18	2	22
23	1	11

CBR DISEÑO	
CBR	FRECUENCIA
1	100
2	89
3	67
6	44
9	33
18	22
23	11



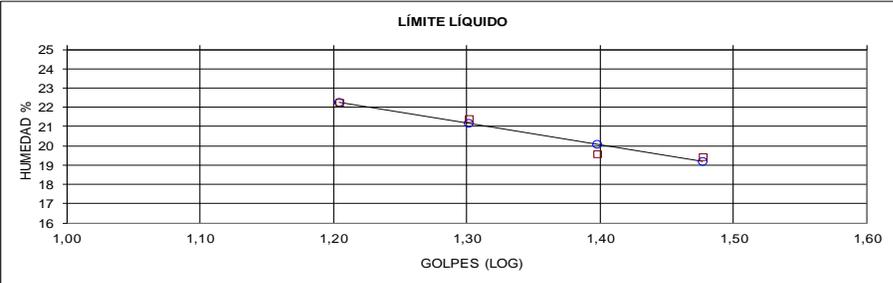
OBSERVACIONES: El CBR de diseño al 75% de tráfico liviano = 2.6%

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA

Anexo 3: Ensayos de laboratorio de la cantera Zalapa

Ensayos de la clasificación:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA DE SUELOS						
INF-LAB-DGM-IC-05-2014						
PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "				NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27		
OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE CANTERA ZALAPA				CANTERA: 1		
LOCALIZAC: CANTERA ZALAPA BAJO				MUESTRA: 1		
SOLICITADO: POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN				PROFUNDIDAD : STOCK		
FECHA: ABRIL 2014				REALIZADO: ANDRÉ CASTILLO		
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		414,36 420,76	374,88 379,73	60,84 63,22	13 13	13
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 20 25 30	73,81 72,41 67,11 77,46	70,82 69,56 64,79 75,09	57,38 56,26 52,93 62,90	22 21 20 19	20
3.- LÍMITE PLÁSTICO		68,30 56,58	68,17 56,46	67,12 55,48	12 12	12
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 3054,30 (H/S) S				GRAVA 52		
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 3054,30				ARENA 47		
				FINOS 1		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 20,00		
2"	0			LP = 12,00		
1 1/2"	0			IP = 8,00		
1"	143	5	95	CLASIFICACIÓN SUCS : SM AASHTO: A-2-4 IG(86): 0 IG(45): 0		
3/4"	406	13	87			
1/2"	742	24	76			
3/8"	994	33	67			
N°4	1.586	52	48			
N°10	2.117	69	31			
N°40	2.606	85	15			
N°200	3.018	99	1			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa (A-2-4)						
OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.						
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISTA		

Granulometría



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA DE SUELOS

INF-LAB-DGM-IC-05-2014

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.

OBRA : ESTUDIOS DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO

NORMA: ASTM D 422,

LOCALIZAC: CANTERA ZALAPA

ABSCISA : BANCO DE PRESTAMO

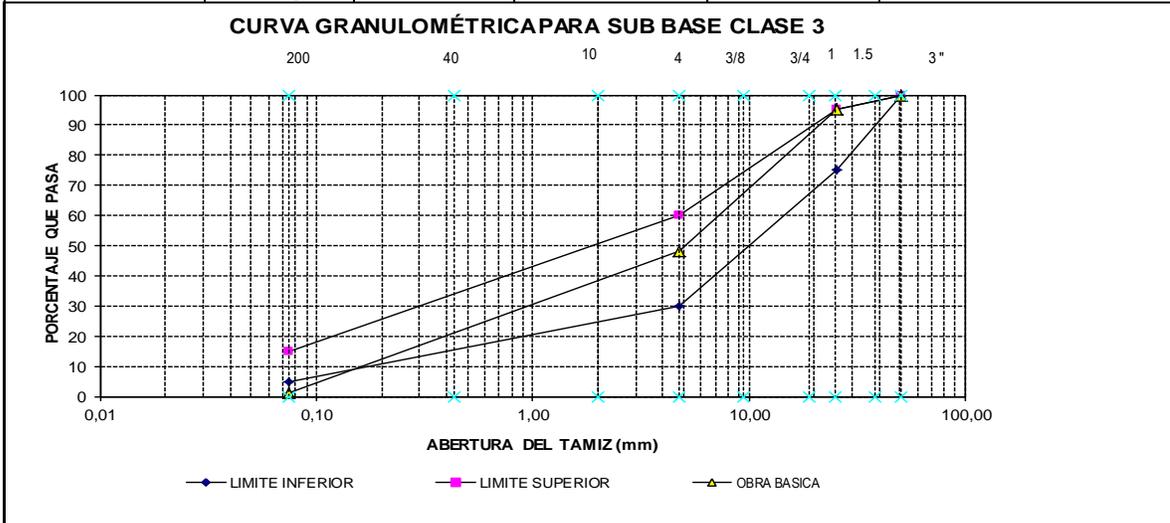
SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN

PROF: NIVEL DE SUBRASANTE

FECHA: ABRIL 2014

REALIZADO: ANDRÉ CASTILLO

Tamiz mm	Peso Acumulado	% Retenido	% Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
				Inferior	Superior
2"	0	0	100	100	100
1,5	0,0	0	100		
1"	143,1	5	95	75	95
3/4"	405,8	13	87		
1/2"	742,2	24	76		
3/8"	993,9	33	67		
Nº4	1585,8	52	48	30	60
Nº10	2116,55	69	31		
Nº40	2605,69	85	15		
Nº200	3017,74	99	1	5	15
FONDO	3054,9	100	0		
Total	3054,3				



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL

Msc. Carmen Esparza
DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA

Abrasión

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES							
PROYECTO : 'CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'							
OBRA:	ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO			NORMA:	AASHTO T 96 - 02		
LOCALZ.:	CANTERA ZALAPA			MUESTRA:	MATERIAL DE CANTERA		
SOLIC:	TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN			REALIZADO:	ANDRÉ CASTILLO		
FECHA:	ABRIL 2014			'PROF:	NIVEL DE SUBRASANTE		
ABCISA	BANCO DE PRESTAMO						
GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO							
Tamices en mm				Masa de la muestra de ensayo en gramos			
Pasa		Retenido		Gradación			
mm	in	mm	in	A	B	C	D
37,5	(11/2)	25	(1)	1254			
25	(1)	19	(3/4)	1250			
19	(3/4)	12,5	(1/2)	1250			
12,5	(1/2)	9,5	(3/8)	1250			
9,5	(3/8)	6,3	(1/4)				
6,3	(1/4)	4,75	(N° 4)				
4,75	(N° 4)	2,36	(N°8)				
Total (gr)				5004			
Numero de esferas:		12		Masa de la carga abrasiva:		4956 gr	
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A):				5004	gr		
Masa de la muestra despues de 500 revoluciones (B):				2694	gr		
Valor de abrasión despues de 500 revoluciones (V):				46,2	%		
Valor de Abrasión en Porcentaje		V=	$(A - B)/A * 100$		Según el capitulo 401_2.02 de la norma MOP - 001-F 2002, el porcentaje máximo de desgaste debe ser 50.0 %.		Máximo 50%
Observación:		El ensayo fue realizado por el tesista bajo la dirección del director de tesis. El valor de abrasión esta muy cercano al máximo permitido por la norma por lo que se recomienda el mejoramiento con la mezcla material de rio.					
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN				André Castillo TESISTA			

Anexo 4: Mezcla de material de Cantera Zalapa y material de río:

Ensayo de granulometría:

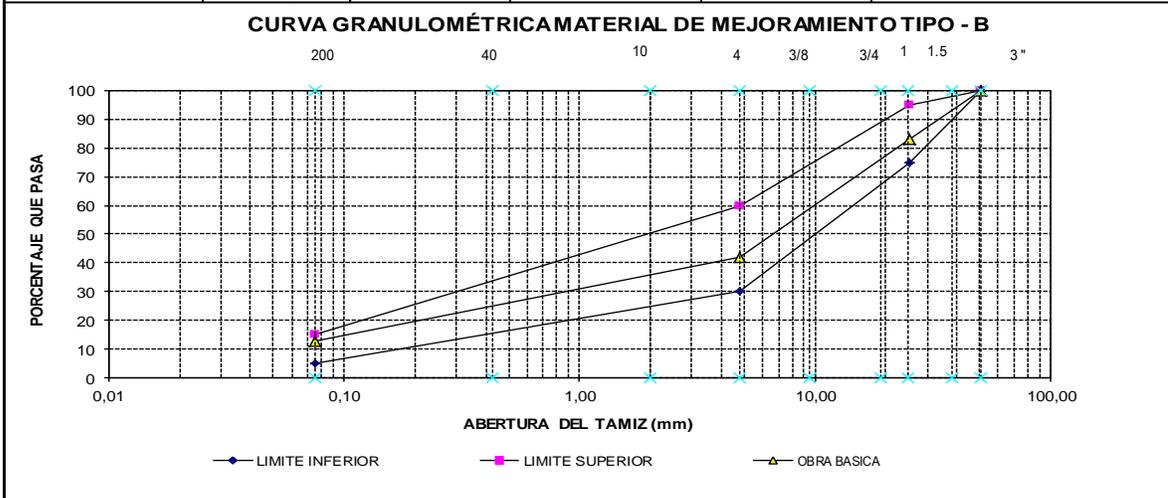


**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.

OBRA : ESTUDIOS DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO NORMA: ASTM D 422,
LOCALIZAC: CANTERA ZALAPA ABCISA : BANCO DE PRESTAMO
SOLICITADO : POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN PROF: NIVEL DE SUBRASANTE
FECHA: ABRIL 2014 REALIZADO: ANDRÉ CASTILLO

Tamiz mm	Peso Acumulado	% Retenido	% Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
				Inferior	Superior
2"	0	0	100	100	100
1,5	200,9	5	95		
1"	702,4	17	83	75	95
3/4"	1266,6	30	70		
1/2"	1684,9	41	59		
3/8"	1939,9	47	53		
N°4	2413,9	58	42	30	60
N°10	2844,83	68	32		
N°40	3304,93	79	21		
N°200	3614,14	87	13	5	15
FONDO	3642,1	88	12		
Total	4157,6				

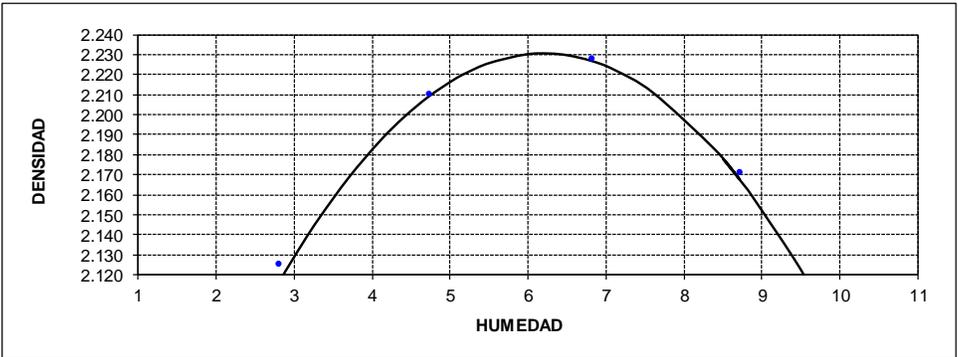


Observaciones: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación, y llevadas al laboratorio de la UTPL.

M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE
TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA

Ensayo de compactación proctor:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS										
PROYECTO : CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO LOCALZ: CANTERA ZALAPA SOLICITADO: POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN FECHA: ABRIL 2014 ABSISA: BANCO DE PRÉSTAMO										
					NORMA : AASHTO T 180-D PROF: NIVEL DE SUBRASANTE REALIZADO: ANDRÉ CASTILLO					
NORMA ENSAYO:			T-180-D			DATOS DEL MOLDE			2	
GOLPES/CAPA:			56			DIÁMETRO:			15,20 cm.	
No. DE CAPAS:			5			ALTURA:			11,6 cm	
PESO MARTILLO:			4,5 Kg.			VOLUMEN :			2.105 cm ³	
ALT. DE CAÍDA:			46,0 cm.			PESO :			6.290 gramos	
DATOS PARA LA CURVA:										
PUNTO No.:	2%		4%		6%		8%			
Peso comp.:	10.894		11.164		11.294		11.255			
Peso suelo:	4.604		4.874		5.004		4.965			
Dens. Hum :	2.187		2.316		2.377		2.359			
CONTENIDOS DE HUMEDAD:										
W. hum.:	516,93	529,67	531,03	533,68	449,02	460,50	474,31	478,82		
W. seco:	503,96	516,40	509,40	512,17	423,90	435,16	442,73	444,09		
W. caps:	55,48	59,43	57,60	58,78	52,74	52,59	67,12	52,93		
w (%) :	2,89	2,90	4,79	4,74	6,77	6,62	8,41	8,88		
promedio	2,90		4,77		6,70		8,64			
Dens. Seca:	2.126		2.210		2.228		2.171			
RESULTADOS:			DENSIDAD SECA MÁXIMA =				2.231 Kg/m ³			
			CONT. DE AGUA OPTIMO =				6,20 %			
										
OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por el estudiante en formación y llevados al laboratorio de la UTPL.										
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN					André Castillo TESISTA					

Ensayo de CBR:

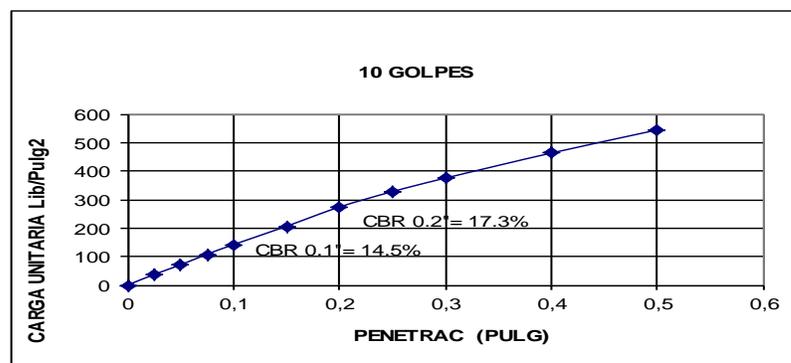
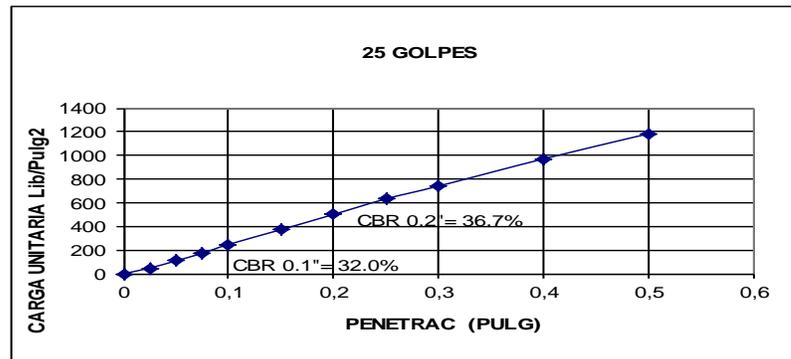
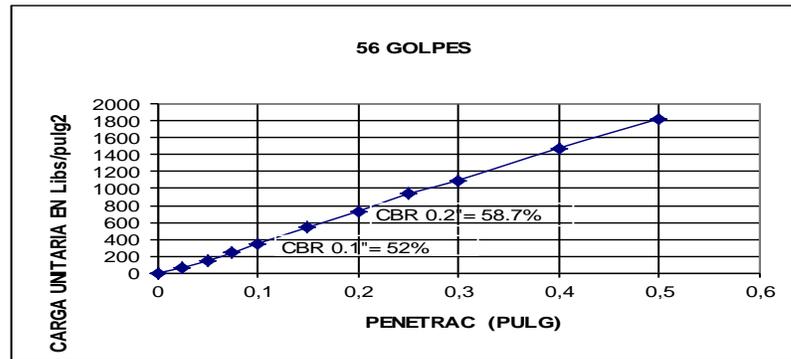
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS													
PROYECTO :		CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'						NUMERO DEL MOLDE N°		1	2	3	
OBRA:		ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO						DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)		15,22	15,22	15,22	
LOCALZ:		CANTERA SALAPA						ALTURA DEL MOLDE: (cm)		12,95	12,95	12,93	
SOLICITADO:		POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN						ALTURA DEL ALZA: (cm)		4,78	4,78	4,78	
FECHA:		ABRIL 2014						NORMA: ASTM 1883					
ABSISA		BANCO DE PRÉSTAMO						PROF: NIVEL DE SUBRASANTE					
REALIZADO: ANDRÉ CASTILLO													
ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA * C. B. R. *													
MOLDE N°		1				2				3			
N ° DE GOLPES POR CAPA		56				25				10			
CONDICIÓN DE MUESTRA		ANTES SATUR.		DESP. SATURAR.		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE		gr.		12438		12472		12182		12257		12031	
PESO DEL MOLDE + BASE		gr.		6840		6840		6856		6856		6814	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA		gr.		5598		5632		5326		5401		5217	
VOLUMEN DE MUESTRA		cm ³		2356,07		2356,07		2356,07		2356,07		2352,44	
DENSIDAD HÚMEDA		gr/cm ³		2,376		2,390		2,261		2,292		2,218	
HUMEDAD		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO	
RECIPIENTE N°		31		MS		13		4		36		MS1	
PESO DEL RECIPIENTE.		gr.		61,76		60,99		57,38		61,00		56,26	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC.		gr.		418,76		421,15		484,00		467,31		436,06	
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC.		gr.		397,73		399,96		456,87		442,01		413,94	
PESO DE AGUA		gr.		21,03		21,19		27,13		25,3		22,12	
PESO DE MUESTRA SECA.		gr.		335,97		338,97		399,49		381,01		357,68	
CONTENIDO DE HUMEDAD.		gr.		6,26		6,25		6,79		6,64		6,18	
HUMEDAD PROMEDIO.		%		6,26		6,72		6,18		7,54		6,20	
DENSIDAD SECA.		gr/cm ³		2,236		2,240		2,129		2,132		2,088	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA													
MOLDE N°		1				2				3			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.		12472				12257				12153			
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.		12438				12182				12031			
PESO DE AGUA ABSORBIDA		34				75				122			
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		0,61				1,41				2,34			
DATOS DE ESPONJAMIENTO													
FECHA TIEMPO		MOLDE N° 10			MOLDE N° 11			MOLDE N° 12					
Y	EN	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.			
HORA	DÍAS	mm x 10⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10⁻²	LONGITUD mm	%			
1	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00			
2	8	0,08	0,06	0,06	9	0,09	0,07	10	0,10	0,08			
3	24	0,24	0,19	0,19	28	0,28	0,22	30	0,3	0,23			
4	24	0,24	0,19	0,19	29	0,29	0,22	34	0,34	0,26			
5	24	0,24	0,19	0,19	30	0,3	0,23	34	0,34	0,26			
DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN													
PENET CARGAS		MOLDE N° 10			MOLDE N° 11			MOLDE N° 12					
EN	TIPO	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORRE	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.			
plg.	lb/plg²	plgx10⁻⁴	lb/plg²	lb/plg²	plgx10⁻⁴	lb/plg²	lb/plg²	plgx10⁻⁴	lb/plg²	lb/plg²			
0,025		19,0	64,21		14,00	47,31		11,0	37,17				
0,050		43,0	145,32		32,00	108,14		21,0	70,97				
0,075		71,0	239,94		51,00	172,35		32,0	108,14				
0,100	1000	103,0	348,08	52,0	73,00	246,70	32,0	42,0	141,94	14,5			
0,150		160,0	540,71		110,00	371,74		61,0	206,15				
0,200	1500	216,0	729,96	58,7	148,00	500,16	36,7	81,0	273,73	17,3			
0,250		277,0	936,10		187,00	631,95		97,0	327,80				
0,300	1900	325,0	1098,32		219,00	740,10		111,0	375,12				
0,400	2300	437,0	1476,81		287,00	969,90		137,0	462,98				
0,500	2600	540,0	1824,89		350,00	1182,80		161,0	544,09				
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN						André Castillo TESISTA							



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : 'CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'
OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO
LOCALZ: CANTERA SALAPA
SOLICITADO: POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN
FECHA: ABRIL 2014
ABSCISA : BANCO DE PRÉSTAMO
REALIZADO ANDRÉ CASTILLO

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



M.Sc. Carmen Esparza
DIRECTORA DEL PROYECTO DE
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA



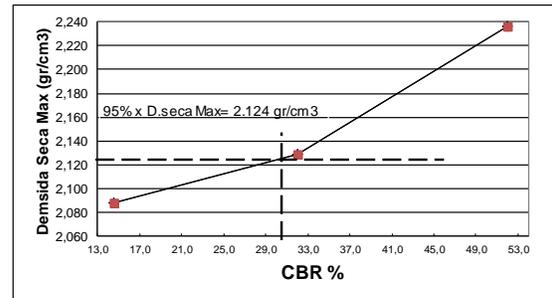
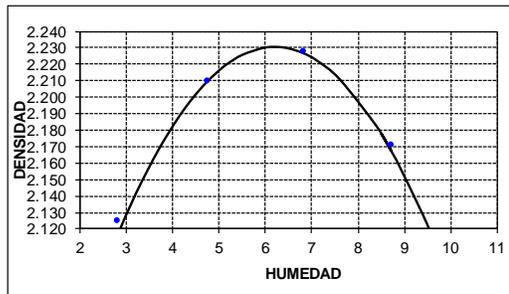
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL POLÍGONO DENOMINADO "ZALAPA ALTO"

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO
LOCALZ.: CANTERA ZALAPA
PROFUND.: BANCO DE PRESTAMO
REALIZ.: POR ANDRÉ CASTILLO
FECHA: ABRIL 2014

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.231 GR/CM3
CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 6.20 %

# golpes	C.B.R.		D. SECA	D. SECA MAXIMA AL
	0,1	0,2	MAX.	95%
56	52,0	58,7	2,236	2,124
25	32	36,7	2,129	
10	14,5	17,3	2,088	



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 31%

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% por ciento de compactación.

M.Sc Carmen Esparza
DIRECTORA DEL PROYECTO
FIN DE TITULACIÓN

André Castillo
TESISTA

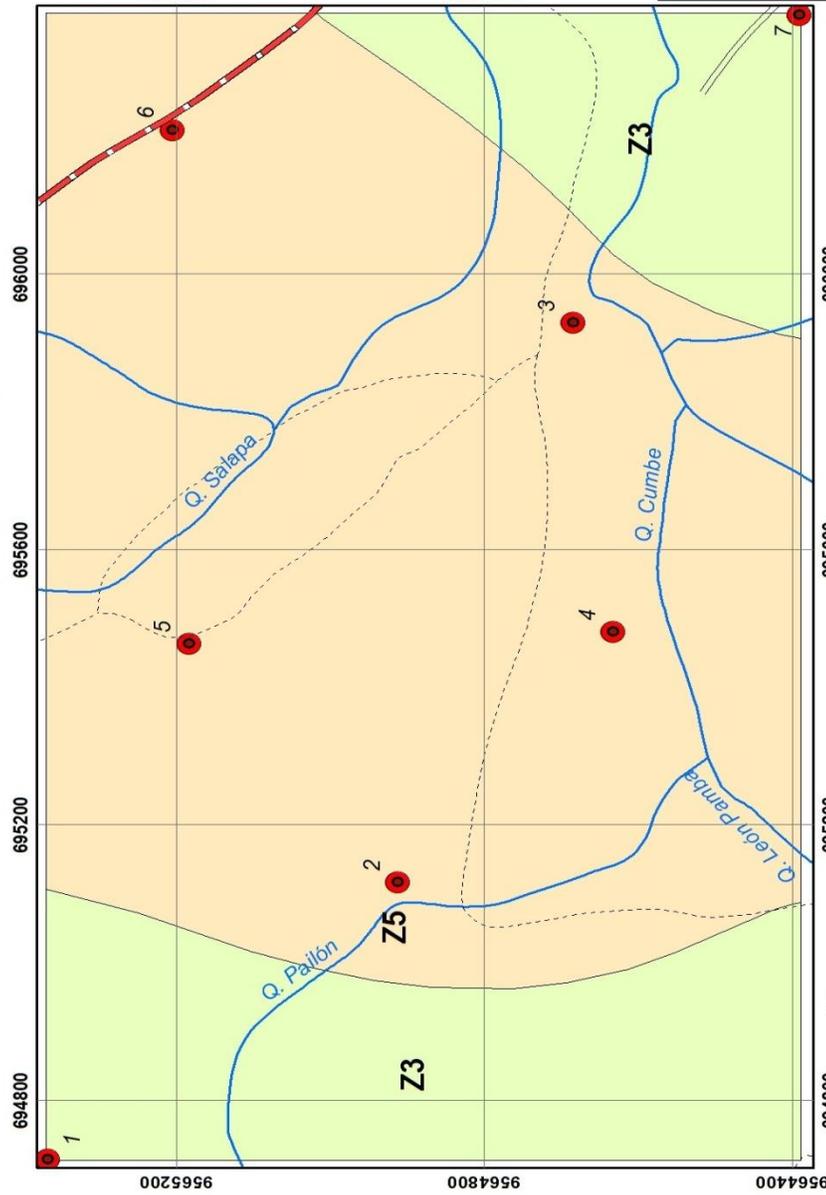
Ensayo de abrasión:

 DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES			
PROYECTO : 'CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'			
OBRA:	ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	NORMA:	AASHTO T 96 - 02
LOCALZ.:	ZALAPA	MUESTRA:	MATERIAL DE CANTERA MEJORADO
SOLIC:	POR EL TUTOR PRINCIPAL DE LA TITULACIÓN		50% M.CANTERA 50% M. RIO
FECHA:	ABRIL 2014	REALIZADO:	ANDRÉ CASTILLO
ABCISA	BANCO DE PRÉSTAMO	'PROF:	NIVEL DE SUBRASANTE
GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO			
Masa de la muestra de ensayo en gramos			
Tamices en mm		Gradación	
Pasa		Retenido	
mm	in	mm	in
37,5	(11/2)	25	(1)
25	(1)	19	(3/4)
19	(3/4)	12,5	(1/2)
12,5	(1/2)	9,5	(3/8)
9,5	(3/8)	6,3	(1/4)
6,3	(1/4)	4,75	(N° 4)
4,75	(N° 4)	2,36	(N°8)
Total (gr)		5028	
Numero de esferas:	12		Masa de la carga abrasiva:
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A):	5028		4956 gr
Masa de la muestra despues de 500 revoluciones (B):	3061		gr
Valor de abrasión despues de 500 revoluciones (V):	39,1		%
Valor de Abrasión en Porcentaje	$V=$	$(A - B)/A * 100$	Según el capitulo 401_2.02 de la norma MOP - 001-F 2002, el porcentaje máximo de desgaste debe ser 50.0 %.
			Máximo 50%
Observación:	El ensayo fue realizado por el tesista bajo la dirección del director de tesis. EL material se mezcló con material de río por lo que cumple con los requisitos de desgaste y se recomienda como material de mejoramiento.		
M.Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN		André Emilio Castillo Betancourt TESISTA	

Anexo 5: Mapas de zonificación geotécnica:

MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

VISTA 1: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS



LEYENDA

	Sendero
	Camino de verano
	Vía asfaltada
	Drenajes
	Ubicación de las calicatas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA
PARTICULAR DE LOJA**
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:	
Clasificación de los suelos	
PROVINCIA: Loja	CANTÓN: Loja
SECTOR: Zalapa Alto	ESCALA: 1 - 8500
REVISIÓN: Ing. Mg. Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN	RESPONSABLE: André Castillo Belancourt

SIMBOLOGÍA

Clasificación de suelos mediante AASHTO

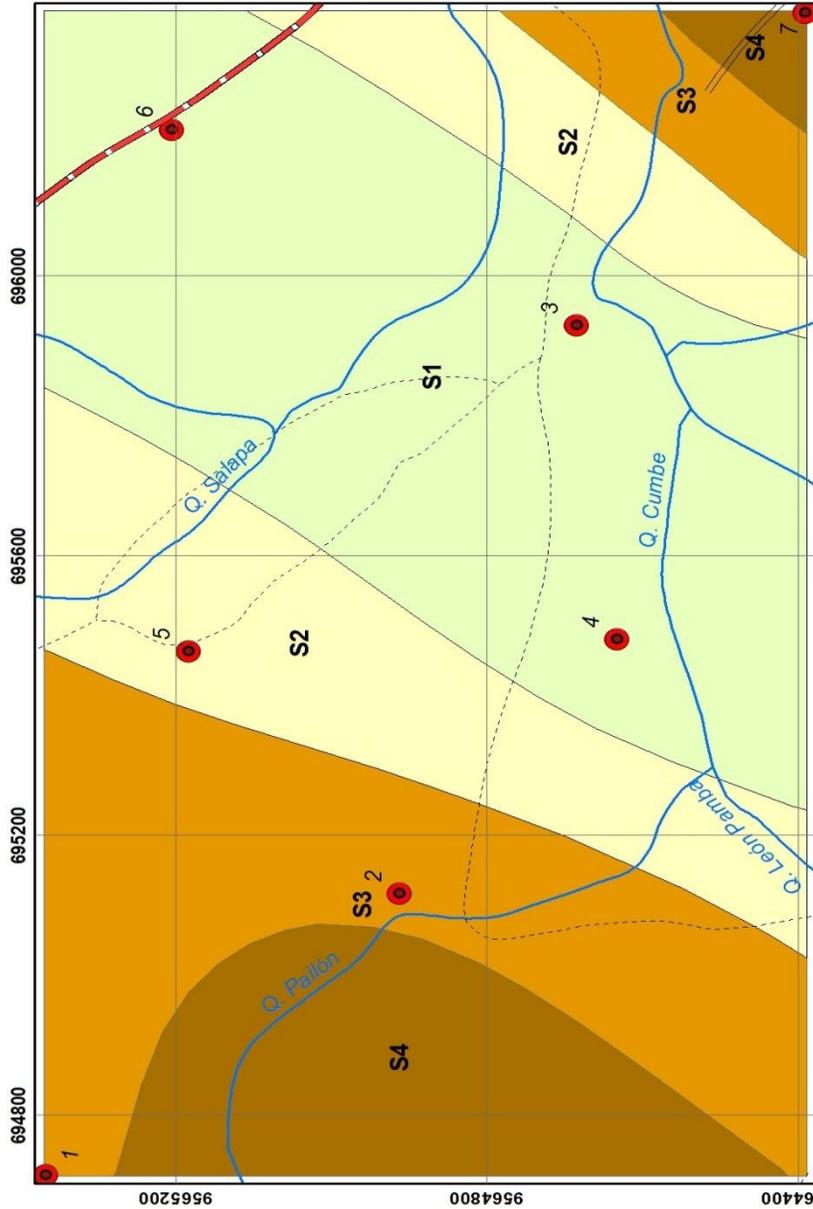
	Z3 = Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4, A-2-7
	Z5 = Suelo arcilloso A-7-6, A-7-5



ESCALA 1 : 8500

MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

VISTA 2: CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO



LEYENDA

- Sendero
- == Camino de verano
- +— Vía asfaltada
- Drenajes
- Ubicación de las calicatas



UNIVERSIDAD TÉCNICA
PARTICULAR DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTIENE:	
Capacidad de Soporte del suelo	
PROVINCIA: Loja	CANTÓN: Loja
SECTOR: Zalapa Alto	ESCALA: 1 - 8500
REVISIÓN: Ing. Mg. Sc. Carmen Esparza DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN	RESPONSABLE: André Castillo Betancourt

SIMBOLOGÍA

Subrasante según la clasificación cualitativa del suelo

- S1 = Subrasante Muy Mala (CBR = 2 al 5 %)
- S2 = Subrasante Mala (CBR = 5 al 8 %)
- S3 = Subrasante Regular - Buena (CBR = 8 al 20 %)
- S4 = Subrasante Excelente (CBR = 20 al 30 %)



ESCALA 1 : 8500

Anexo 6: Fotografías.



Fotografía 5.1. Localización de los puntos de la zona de estudio.
Fuente: Autor.



Fotografía 5.2. Replanteo para la excavación manual de la calicata.
Fuente: Autor.



Fotografía 5.3. Lavado del material por el tamiz N.- 200 para realizar el ensayo de granulometría mediante material fino.

Fuente: Autor.



Fotografía 5.4. Tamizado de la muestra de estudio.

Fuente: Autor.



Fotografía 5.5. Elaboración del ensayo de Limite Líquido.
Fuente: Autor.



Fotografía 5.6. Elaboración del ensayo de Limite Plástico.
Fuente: Autor.



Fotografía 5.7. Elaboración del ensayo de compactación proctor.
Fuente: Autor.



Fotografía 5.8. Colocación de la muestra en agua para el ensayo de C.B.R.
Fuente: Autor.