



**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 “Salapa Central”**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Villavicencio Aldaz, Israel Santiago.

**DIRECTOR:** Tapia Chávez, Ángel Guillermo, Ing.

LOJA – ECUADOR

2014

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

Ingeniero.

Tapia Chávez Ángel Guillermo.

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

Que el presente trabajo, denominado: "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 "Salapa Central" realizado por el profesional en formación: Villavicencio Aldaz Israel Santiago, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Mayo de 2014.

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Villavicencio Aldaz Israel Santiago 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 “Salapa Central”, de la Titulación de Ingeniero Civil, siendo Tapia Chávez Ángel Guillermo, director 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 declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 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 y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Villavicencio Aldaz Israel Santiago.

Cédula: 1900352285.

## DEDICATORIA

PRIMERAMENTE A DIOS Y ASÍ MISMO CON MUCHO CARIÑO QUIERO DEDICAR ESTE TRABAJO A MIS PADRES Y HERMANOS YA QUE GRACIAS A SU AMOR, RESPALDO Y CONFIANZA HOY ES POSIBLE ALCANZAR EL OBJETIVO PROPUESTO AÑOS ATRÁS.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios porque ha sido y sigue siendo el timón de mi vida, me ha permitido alcanzar las metas propuestas y tener la fortaleza necesaria en momentos difíciles.

A mis queridos padres por su amor y entrega, que para mí es una invaluable ayuda, por su apoyo desinteresado pues sus sabios consejos me guiaron a lo largo de toda mi etapa como estudiante.

A mis hermanos Carlos, Jaime y Karina, por su compañía incondicional.

Además mis sinceros agradecimientos a esta hermosa institución: “Universidad Técnica Particular de Loja”, conjuntamente con los docentes de mi prestigiosa escuela de Ingeniería Civil, en particular a mí director de tesis Ing. Ángel Tapia e Ing. Carmen Esparza que gracias a su colaboración se llevó a cabo este importante proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	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
CAPITULO I .....	3
1.1 Introducción.....	4
1.2 Alcance.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos. ....	5
1.4.1 Objetivo general. ....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Ubicación. ....	6
1.6 Metodología. ....	8
CAPITULO II.....	9

<b>2.1. Compilación de información.....</b>	<b>10</b>
2.1.1. La subrasante.....	10
2.1.2. Caracterización de la subrasante.....	11
2.1.2.1. Muestreo de las diferentes capas de suelos.....	11
2.1.3. Descripción de los suelos.....	12
2.1.3.1. Granulometría.....	13
2.1.3.2. Plasticidad.....	14
2.1.3.3. Índice de grupo.....	15
2.1.3.4. Humedad natural.....	16
2.1.3.5. Clasificación de los suelos.....	16
2.1.3.6. Compactación de suelos.....	19
2.1.3.7. Ensayos C.B.R.....	20
2.1.3.8. Módulo Resiliente (Mr).....	22
2.1.3.9. Ensayo del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP).....	22
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1. Introducción.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2. Delimitación de la zona de estudio.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3. Identificación y ubicación por coordenadas de los puntos de muestreo.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4. Ocupación y uso del suelo en la zona de estudio.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5. Obtención de muestras.....</b>	<b>29</b>
<b>3.6. Ensayos de campo y de laboratorio.....</b>	<b>30</b>
3.6.1. Ensayo del penetrómetro de bolsillo, ASTM D 2573-94.....	31

3.6.2. Ensayo estándar para el uso del penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos (DCP). ASTM D 6951-03.....	32
<b>3.7. Correlación del CBR con el equipo DCP. ....</b>	<b>33</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1. Resultados obtenidos.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2. Estudio de materiales de cantera con el fin de mejorar las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante del polígono de estudio. ....</b>	<b>44</b>
<b>4.3. Generación de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo. ....</b>	<b>45</b>
4.3.1. <i>Mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.....</i>	45
4.3.2. <i>Mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.....</i>	47
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS. ....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO I: ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN Y C.B.R. ....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO II: ENSAYOS DEL MATERIAL DE CANTERA DEL SECTOR SALAPA. ....</b>	<b>64</b>

## ABREVIATURAS

<b>Arc.Gis</b>	Sistema y Análisis de la Información Geográfica.
<b>Arc.Map</b>	Análisis de Mapas.
<b>A.A.S.T.H.O</b>	American Association of State Highway and transportation Officials
<b>C.A.D</b>	Computer Aided Design (Dibujo Asistido por Ordenador).
<b>N</b>	Norte.
<b>E</b>	Este.
<b>C.H</b>	Contenido de humedad
<b>I.P</b>	Índice de plasticidad.
<b>L.L</b>	Límite líquido.
<b>I.P</b>	Límite plástico.
<b>W</b>	Contenido de humedad (%)
<b>I.G</b>	Índice de grupo
<b>Mr</b>	Modulo resiliente
<b>C.B.R</b>	Valor de Soporte de California
<b>D.C.P</b>	Penetrometro Dinámico de Cono.
<b>U.C.G</b>	Unidad Civil Geominera.
<b>U.T.M</b>	Universal Transverse Mercator. (Sistema de Coordenadas Transversal de Mercator).
<b>U.T.P.L</b>	Universidad Técnica Partícula de Loja.

## SIMBOLOGÍA

<b>C</b>	Arcilla inorgánica.
<b>F</b>	Porcentaje de suelo que pasa por la malla # 200.
<b>G</b>	Grava
<b>M</b>	Limo inorgánico.
<b>Mr</b>	Módulo resiliente
<b>L</b>	Baja plasticidad (límite líquido menor que 50).
<b>H</b>	Alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).
<b>N</b>	Número de golpes en el ensayo normal de penetración.
<b>S</b>	Arena
<b>qu</b>	Resistencia a la comprensión simple.

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente tema de investigación tiene como finalidad proporcionar información de las características físicas-mecánicas de los materiales de subrasante, a través de la elaboración de dos mapas de zonificación en función de la capacidad portante y de la clasificación del suelo, presentes en la zona de estudio denominado "Salapa Central" ubicado en el sector Salapa Bajo de la ciudad de Loja.

De tal manera sirva como base para el estudio y diseño de las capas superiores tales como sub-base y base, así como de la superficie de rodadura, aplicados a proyectos de infraestructura vial.

En forma adicional la presente investigación se la realizó mediante extracción de muestras cada 250 a 500 m de distancia entre cada punto, a profundidades de 0.50 m, 1.00 m y 1.50 m; en las que se realizó la caracterización del material mediante los siguientes ensayos de laboratorio: contenido de humedad, límites de consistencia (LL, LP, IP), análisis granulométrico, proctor modificado, CBR y abrasión para el material de mejoramiento.

**Palabras claves:** Subrasante, zonificación, clasificación, capacidad portante, infraestructura vial, base, sub-base, rodadura.

## ABSTRACT

This research theme aims to provide information on the physical and mechanical subgrade materials, through the development of two zoning maps depending on the bearing capacity and soil classification features present in the area study called "Salapa Central" located in sector Salapa Under the Loja city.

So as the basis for the study and design of the upper layers such as sub-base and base, as well as the tread, applied to road infrastructure projects.

Additionally this research was performed by extracting the samples every 250 to 500 m distance between each point, at depths of 0.50 m, 1.00 m and 1.50 m; where the characterization of the material was performed by the following laboratory tests: moisture content, consistency limits (LL, LP, IP), sieve analysis, modified proctor, CBR and abrasion breeding materials.

Keywords: Subgrade, zoning classification, bearing capacity, road infrastructure, base, sub-base, rolling.

## **CAPITULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Introducción.**

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará sobre la subrasante. (MTC, 2013, pág. 23)

Por tanto un adecuado estudio de las características físico-mecánicas de los materiales de subrasante sobre el cual se pretende construir una obra de infraestructura vial, la cual consta de varias capas construida sobre la subrasante del camino, facilita al ingeniero los datos necesarios para determinar el tipo y diseño más apropiado, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos, y por ende mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito.

## **1.2 Alcance.**

El alcance de este estudio consiste en proporcionar información de las propiedades de los materiales a nivel de subrasante mediante caracterización físico-mecánicas y capacidad de soporte del suelo en la zona de estudio ubicada en el sector "Salapa Bajo" de la Ciudad de Loja, de esta manera sirva como punto base para realizar el diseño de un pavimento, ya que de esta depende en gran parte los espesores de las capas superiores, dando así una respuesta estructural al momento de realizar obras de infraestructura vial.

## **1.3 Justificación.**

Debido a una falta de conocimiento e información de las características y propiedades del suelo a nivel de subrasante, que se encuentran en las diferentes zonas de la ciudad de Loja,

ha surgido la necesidad de conocer tales características y propiedades, que son de gran importancia a considerar para la aplicación y diseño de obras de infraestructura vial.

Esta investigación está encaminada a realizar el estudio y elaboración de mapas de zonificación mediante la caracterización de los materiales de subrasante. Estos estudios brindaran información que servirá como base para el diseño de pavimentos, en zonas de crecimiento urbano de la ciudad de Loja.

Con lo expuesto anteriormente, la sección Geodinámica del departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, con el fin de aportar conocimientos a las líneas de investigación ha creído conveniente la elaboración del 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 “Salapa Central”

#### **1.4 Objetivos.**

##### **1.4.1 Objetivo general.**

Determinación de las características físico-mecánicas de los materiales de subrasante dentro de la zona de estudio ubicada en el sector Salapa bajo de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial.

##### **1.4.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos del presente tema de investigación son las siguientes:

- Caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.
- Determinar la capacidad de soporte de la subrasante.
- Elaboración de dos mapas de zonificación en función de la clasificación de los tipos de suelos y la capacidad portante de la subrasante.

## **1.5 Ubicación.**

La zona de estudio Salapa Central, denominado así para fines de investigación, se encuentra ubicado al noroccidente de la ciudad de Loja, en el sector Salapa Bajo perteneciente a la parroquia el valle, situada a 2.200 m.s.n.m.

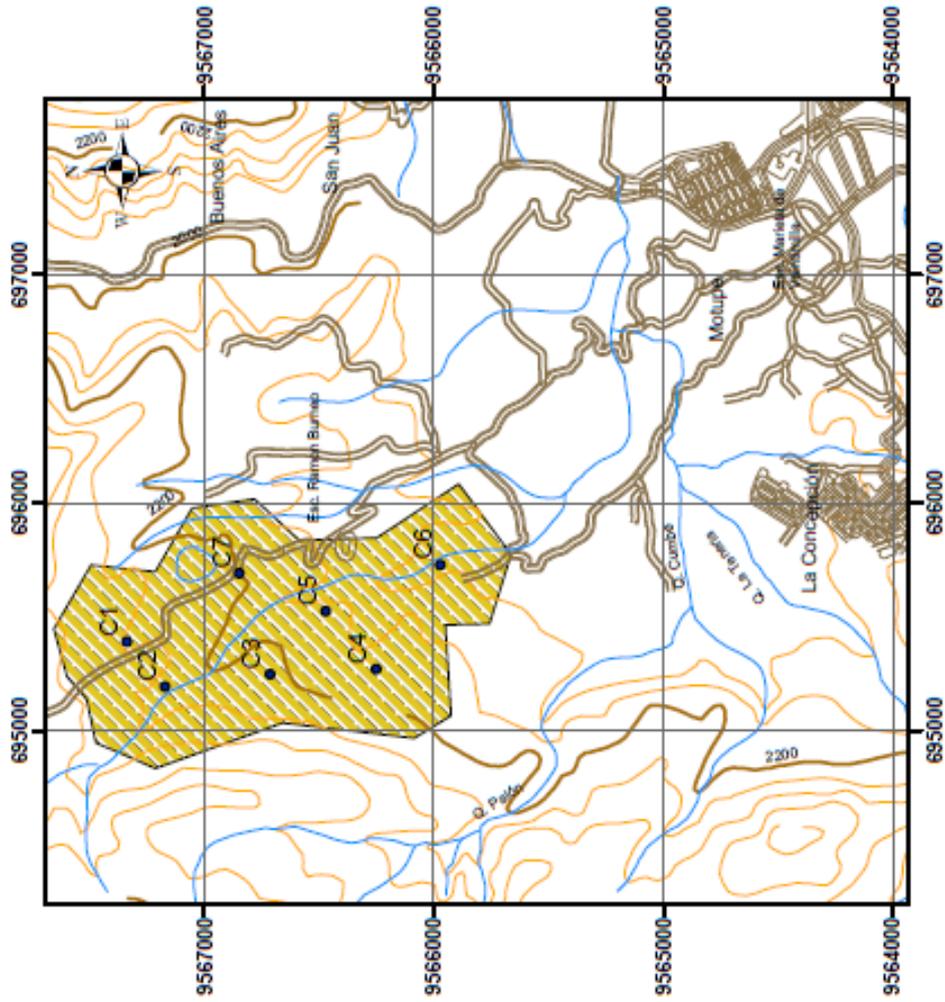
Loja es una provincia meridional de la República del Ecuador ubicada en el sur de la Sierra ecuatoriana. Forma parte de la Región Sur comprendida también por las provincias de El Oro y Zamora Chinchipe.

### Clima:

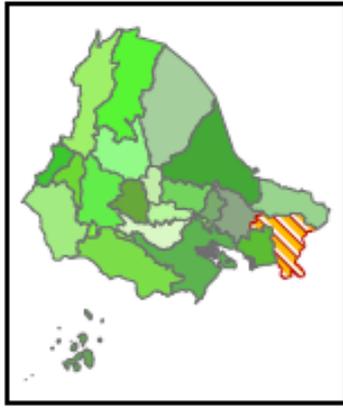
El clima de la ciudad de Loja es temperado – ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16 °C y una lluvia anual de 900 mm (900 litros por metro cuadrado).

La oscilación anual de la temperatura media del clima de la ciudad de Loja es de 1.5 °C, generalmente cálido durante el día y más frío y húmedo a menudo por la noche, pero las temperaturas extremas fluctúan entre 0.3 °C y 28 °C

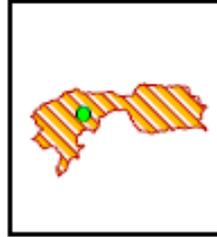
# UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO "SALAPA CENTRAL"



UBICACIÓN CON RESPECTO A ECUADOR



UBICACIÓN CON RESPECTO AL CANTÓN LOJA



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
TITULACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

Elaboración: ISRAEL SANTIAGO VILLAVICENCIO ALDAS  
Revisión: ING. ANGEL TAPIA

PROYECCIÓN: PSD 1956 UTM ZONA 17S

Escala 1:30000

ESCALA 1:30000

## **1.6 Metodología.**

La metodología empleada para el desarrollo del presente proyecto de fin de carrera está enfocada en las siguientes fases, que a continuación se detalla:

- I.** Compilación de información.
- II.** Delimitación de la zona de estudio.
- III.** Identificación y ubicación por coordenadas de los puntos de muestreo.
- IV.** Ocupación y uso del suelo en la zona de estudio.
- V.** Obtención de muestras.
- VI.** Ensayos de campo y de laboratorio.
- VII.** Correlación del CBR con el equipo DCP.
- VIII.** Análisis de resultados obtenidos.
- IX.** Estudio de materiales de cantera con el fin de mejorar las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante del polígono de estudio.
- X.** Elaboración de una base de resultados de las características de los materiales de subrasante.
- XI.** Elaboración de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

## 2.1. Compilación de información.

### 2.1.1. La subrasante.

La subrasante es la base de la estructura de un pavimento rígido o flexible y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito, (MTC, 2013, pág. 23) tal como se indica en la Figura 2.

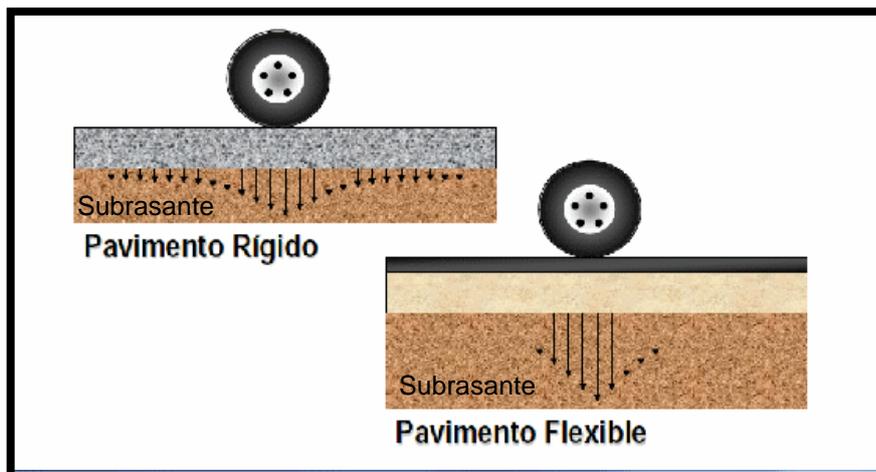


Figura 2: Transmisión de cargas a la subrasante proveniente del tránsito.

Fuente: (GABRIEL GARCÍA PECEROS, 1974)

Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura de un pavimento rígido o flexible, que se colocará sobre esta. (MTC, 2013, pág. 23)

### 2.1.2. Caracterización de la subrasante.

La caracterización de los suelos de subrasante comprende las siguientes etapas:

- ❖ Exploración y muestreo de la subrasante
- ❖ Ejecución de ensayos para determinar las propiedades físico-mecánicas
- ❖ Elaboración del perfil estratigráfico
- ❖ Determinación de la capacidad de soporte de la subrasante.

Por tanto para realizar la caracterización de los materiales de subrasante en la zona de estudio se llevó a cabo perforaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas a una profundidad de 1.50 m.

Las calicatas se ubicaron longitudinalmente cada 250 a 500 m de espaciamiento entre sí y en forma alternada de acuerdo a la Tabla 2.1.

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 <sup>2</sup>	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: (MONTEJO, 2010, pág. 58)

#### 2.1.2.1. Muestreo de las diferentes capas de suelos.

En cada perforación realizada deberán tomarse muestras representativas a diferentes profundidades de (0.50 – 1.00 – 1.50) m y a un distancia entre calicatas de 250 a 500 metros, para el estudio de carreteras, las muestras son de tipo alteradas.

### 2.1.3. Descripción de los suelos.

El tipo de suelo obtenido a través de la realización de ensayos de laboratorio será clasificado de acuerdo a metodología para construcción de vías, por tanto para determinar la clasificación de los materiales de subrasante se empleó el sistema de clasificación AASHTO, mediante la cual los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril.

La clasificación de grupo se lo realizó empleando la Tabla 2.2, de clasificación general AASHTO; de igual manera se empleó signos convencionales descritos en la Figura 3 para identificar el perfil estratigráfico de cada calicata dentro de la zona de investigación.

Tabla 2.2. Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES						
	35% o menos del total de la muestra para el tamiz N° 200						
Clasificación de grupo	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
<i>Análisis por tamices (Porcentaje que pasa por los tamices):</i>							
N° 10 (2,00 mm)	50 max						
N° 40 (0,425 mm)	30 max	50 max	51 min				
N° 200 (0,075 mm)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40							
Límite Líquido				40 max	41 min	40 max	41 min
Índice de plasticidad	7 max	NP		10 max	10 max	11 min	11 min
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 max	4 max
Tipo de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de piedra, grava y arena			Arena fina	Grava o arena limosa o arcilla		
Clasificación general	MATERIALES LIMO-ARCILLA						
	Mas del 35% del total de la muestra pasa por el tamiz N° 200						
Clasificación de grupo	A-4	A-5	A-6	A-7			
				A-7-5 <sup>a</sup>	A-7-6 <sup>b</sup>		
<i>Análisis por tamices (Porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 (0,075 mm):</i>	36 min						
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40							
Límite Líquido	40 max	41 min	40 max			41 min	
Índice de plasticidad	10 max	10 max	11 min			11 min	
Índice de grupo	8 max	12 max	16 max			20 max	
Tipo de materiales significativos constituyentes	Suelo Limoso			Suelo Arcilloso			
Relación general como subgrado	Regular a Pobre						

<sup>a</sup> Para A-7-5, IP ≤ LL - 30

<sup>b</sup> Para A-7-6, IP > LL - 30

Fuente: (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

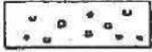
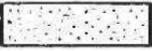
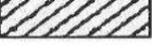
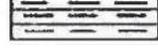
Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Figura 3: Signos convencionales para perfiles de calicatas – Clasificación AASTHO

Fuente: (Simbología AASTHO)

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta para la presente investigación son las siguientes:

- ❖ Granulometría
- ❖ Plasticidad
- ❖ Índice de grupo
- ❖ Humedad natural
- ❖ Clasificación de los suelos.
- ❖ Ensayos de compactación.
- ❖ Ensayos C.B.R.

### 2.1.3.1. Granulometría.

“Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo AASHTO T88-00), a partir de la cual se puede estimar con mayor o menor aproximación las demás propiedades que pudieran interesar.” (MTC, 2013, pág. 36)

La finalidad del análisis granulométrico de un suelo es determinar la proporción de sus elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos como se indica en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas

TIPO DE MATERIAL		TAMAÑO DE PARTÍCULAS
<i>Grava</i>		75mm- 4.75 mm
<i>Arena</i>		Arena gruesa : 4,75 mm -2mm Arena media: 2mm -0.425mm Arena fina: 0.425mm-0.075 mm
<i>Material Fino</i>	<i>Limo</i>	0.075 mm - 0.005 mm
	<i>Arcilla</i>	Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC, 2013, pág. 36)

### **2.1.3.2. Plasticidad.**

Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo AASHTO T89-02), el límite plástico (LP, según ensayo AASHTO T90-00).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 2.1.

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

Tabla 2.4: 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: (MTC, 2013, pág. 36)

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua. (MTC, 2013, pág. 36)

### 2.1.3.3. Índice de grupo.

“Es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg” (MTC, 2013, pág. 38)

El índice de grupo de un suelo se define mediante la ecuación 2.2:

$$IG = (F - 35) * [0,2 + 0,005 * (LL - 40)] + 0,01 * (F - 15) * (IP - 10) \quad \text{Ecuación 2.2.}$$

**Donde:**

IG: Índice de grupo

LL: Limite Liquido

F: Porcentaje que pasa el tamiz ASTM N° 200

IP: Índice de Plasticidad

“El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno

y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para caminos” (MTC, 2013, pág. 38), y se detallan a continuación en las siguientes Tablas 2.5 y 2.6.

Tabla 2.5: Clasificación de suelos según índice de grupo.

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUBRASANTE
IG > 9	<i>Muy Pobre</i>
IG está entre 4 a 9	<i>Pobre</i>
IG está entre 2 a 4	<i>Regular</i>
IG está entre 1 - 2	<i>Bueno</i>
IG está entre 0 - 1	<i>Muy Bueno</i>

Fuente: (MTC, 2013, pág. 38)

Tabla 2.6: Tipos de suelos según índice de grupo.

TIPOS DE SUELO	VALOR DE (IG)
Suelos granulares	0 a 4
Suelos limosos	8 a 12
Suelos Arcillosos	11 a 20, o mas

Fuente: (MTC, 2013, pág. 38)

#### **2.1.3.4. Humedad natural.**

“Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.” (MTC, 2013, pág. 38)

“La determinación de la humedad natural (ensayo AASHTO T265-93) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos proctor modificado para obtener el CBR del suelo (ensayo AASHTO T193-99).” (MTC, 2013, pág. 39)

#### **2.1.3.5. Clasificación de los suelos.**

“Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el

conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo y luego clasificar los suelos.” (MTC, 2013, pág. 39)

“La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema que se muestra en la Tabla 2.7. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.” (MTC, 2013, pág. 39)

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO:

Tabla 2.7: Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS
A-1-a	<i>GW, GP, GM, SW, SP, SM</i>
A-1-b	<i>GM, GP, SM, SP</i>
A-2	<i>GM, GC, SM, SC</i>
A-3	<i>SP</i>
A-4	<i>CL, ML</i>
A-5	<i>ML, MH, CH</i>
A-6	<i>CL, CH</i>
A-7	<i>OH, MH, CH</i>

Fuente: (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)  
Elaborado: VILLAVICENCIO, I. 2014

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. A continuación se detalla cada grupo y subgrupo de acuerdo al sistema de clasificación AASHTO:

### **Suelos Granulares.**

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

**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. (MONTEJO, 2010, pág. 47)

#### **2.1.3.6. Compactación de suelos.**

En la construcción de terraplenes para carreteras, presas de tierra y muchas otras estructuras de ingeniería, los suelos sueltos deben ser compactados para incrementar sus pesos específicos. La compactación incrementa las características de resistencia de los suelos, aumentando así la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos. La compactación disminuye también la cantidad de asentamientos indeseables de las estructuras. (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

#### **Prueba de proctor modificado.**

Para llevar a cabo esta prueba se empleó la norma AASHTO T-180-D, basándose en los procedimientos claramente establecidos en la norma se obtuvieron muestras de 7000 gr, las cuales fueron utilizadas en la prueba, para lo cual se usó un molde metálico y se compactó en cinco capas empleando un pistón que pesa 4.54 kg. La caída del martillo es de 46 cm. El número de golpes de martillo por cada capa es de 56.

El objetivo principal de la prueba es obtener diferentes contenidos de humedad y diferentes pesos específicos secos para generar la curva de compactación y con esta determinar el contenido óptimo y el peso específico seco máximo.

### 2.1.3.7. Ensayos C.B.R.

Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO, empleado para vías, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la DSMax (Densidad Seca Máxima) y a una penetración de carga de 2.54 mm. (MTC, 2013, pág. 39)

El proyectista podrá ejecutar ensayos especiales de módulo resiliente de suelos de subrasante ( $M_r$ ), en lugar de CBR. El Módulo de Resiliencia es una medida de la rigidez del suelo de subrasante. Para la correlación  $M_r$  - CBR, se empleará la ecuación recomendada por la norma NEVI 2012 (Norma para estudios y diseño vial), de acuerdo al MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas):

$$M_r = 1500 \times (C.B.R.) \text{ para } C.B.R. < 10\% \quad \text{Ecuación 2.3.}$$

El CBR de diseño es un valor adoptado de todos aquellos valores analizados para una misma zona de estudio, tomando en cuenta el nivel de tráfico que estará circulando en dichas obras de vialidad. Para encontrar este valor se procedería 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 Valores mayores o iguales.

Se obtiene de la gráfica anterior el valor del CBR de diseño teniendo en cuenta el porcentaje de tránsito de diseño que se determine, Tabla 2.9.

Tabla 2.9: Límites de diseño de subrasante

CLASE DE TRÁNSITO	NIVEL DE TRÁNSITO (N)	VALOR DEL DISEÑO %
Liviano	$10^4$ o menos	60%
Mediano	$10^4 - 10^6$	75%
Pesado	mayor de $10^6$	87.50%

Fuente. (MONTEJO, 2010)

Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Categorías de subrasante.

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
<b>S0:</b> Subrasante Inadecuada	$CBR < 3\%$
<b>S1:</b> Subrasante Pobre	De $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$
<b>S2:</b> Subrasante Regular	De $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$
<b>S3:</b> Subrasante Buena	De $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$
<b>S4:</b> Subrasante Muy Buena	De $CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$
<b>S5:</b> Subrasante Excelente	$CBR \geq 30\%$

Fuente: (MTC, 2013, pág. 40)

A manera referencial se presenta el esquema de la Figura 4, el cual relaciona los sistemas Unificado y de clasificación AASHTO, a una calificación general del suelo como subrasante, subbase o base. El esquema también relaciona los tipos de suelo con el C.B.R. (California Bearing Ratio) (Relación de Soporte de California).

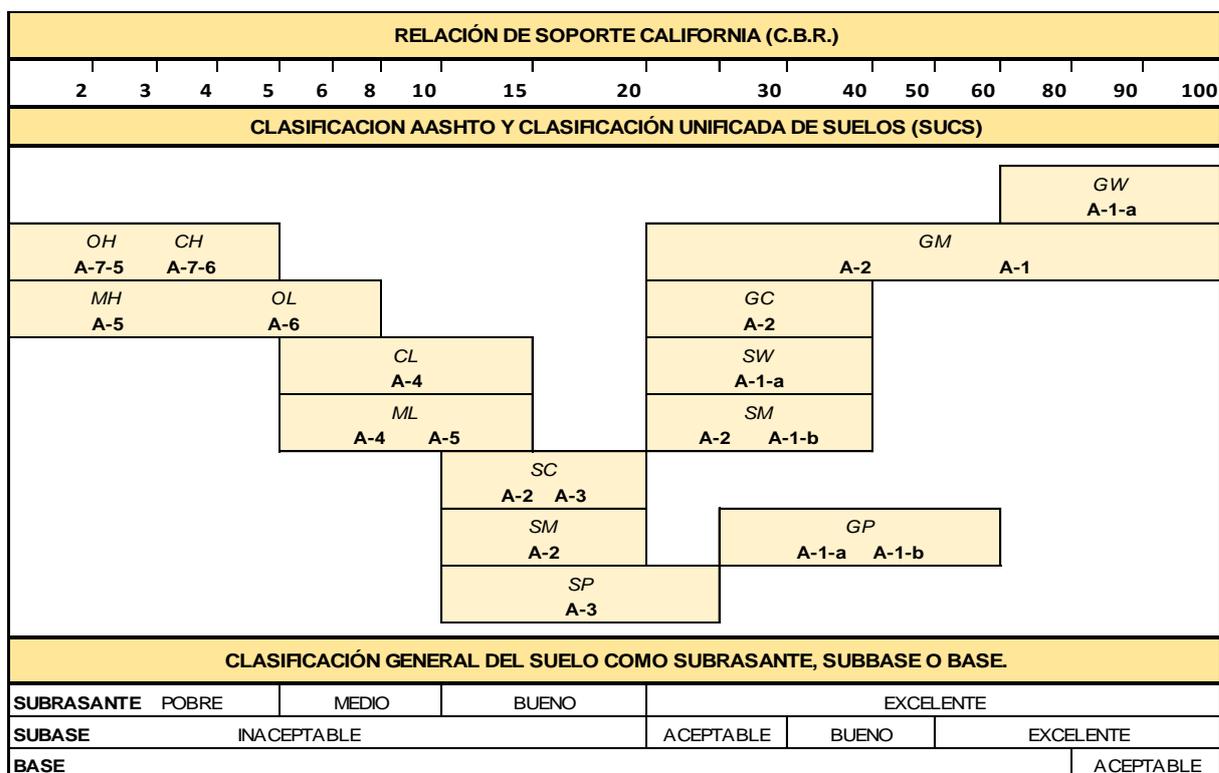


Figura 4: Correlación entre las Clasificaciones y propiedades de los Suelos con el C.B.R.

Elaborado: VILLAVICENCIO, I. 2014

### 2.1.3.8. Módulo Resiliente (*Mr*).

El Módulo de Resiliencia es una medida de la propiedad elástica de suelos, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles; y, para el diseño de pavimentos rígidos o de concreto, debe convertirse a módulo de reacción de la subrasante. (MTC, 2013, pág. 42)

Según el módulo resiliente encontrado, clasifica la subrasante de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11: Categorías de la subrasante según el módulo resiliente.

MÓDULO RESILIENTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	CATEGORÍAS
300 < MR < 500	S1
500 < MR < 700	S2
700 < MR < 1000	S3
1000 < MR < 1500	S4
MR > 1500	S5

Fuente. (MONTEJO, 2010)

### 2.1.3.9. Ensayo del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)

El ensayo (norma ASTM D 6951 – 03) consiste en medir la penetración total alcanzada para un determinado número de golpes y se anota en mm/golpe en suelos inalterados y/o compactados, una medida que luego se usa para describir la rigidez del suelo. La penetración se relaciona con la capacidad de soporte in situ del suelo, al igual que el ensayo de CBR in situ (Capacidad de Soporte de California) con base en un cuadro apropiado de correlación (Figura 5). (JUAREZ BADILLO, 1996)

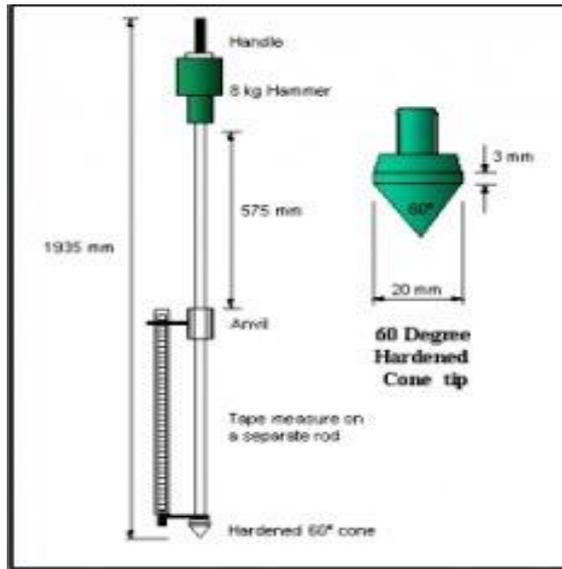


Figura 5: Esquema del DCP

Fuente: (JUAREZ BADILLO, 1996)

## **CAPITULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

### **3.1. Introducción.**

Recopilada toda la información necesaria descrita en el capítulo anterior y definido todos los parámetros para la caracterización de los materiales de subrasante aplicadas a obras de infraestructura vial, a continuación se procede a describir la metodología empleada in situ y en laboratorio para la presente investigación, la cual se realizó de acuerdo a las siguientes fases:

- ❖ Delimitación de la zona de estudio.
- ❖ Identificación y ubicación por coordenadas de los puntos de muestreo.
- ❖ Ocupación y uso del suelo en la zona de estudio.
- ❖ Obtención de muestras.
- ❖ Ensayos de campo y laboratorio.
- ❖ Correlación del CBR con el equipo DCP.

### **3.2. Delimitación de la zona de estudio.**

La zona de estudio fue delimitada previo una visita de campo conjuntamente realizada con el director del proyecto, docente de la titulación de Ingeniería Civil.

La delimitación se lo realizo a través del mapa topográfico a escala 1:30000, Datum: PSAD 56, proporcionado por la Escuela de Geología y Minas, Figura 6. El área de estudio se encuentra ubicado en el barrio “Salapa Bajo” de la ciudad de Loja. El área delimitada comprende una superficie de 161.40 hectáreas, y para efecto de estudio se la denomino “Salapa Central”.

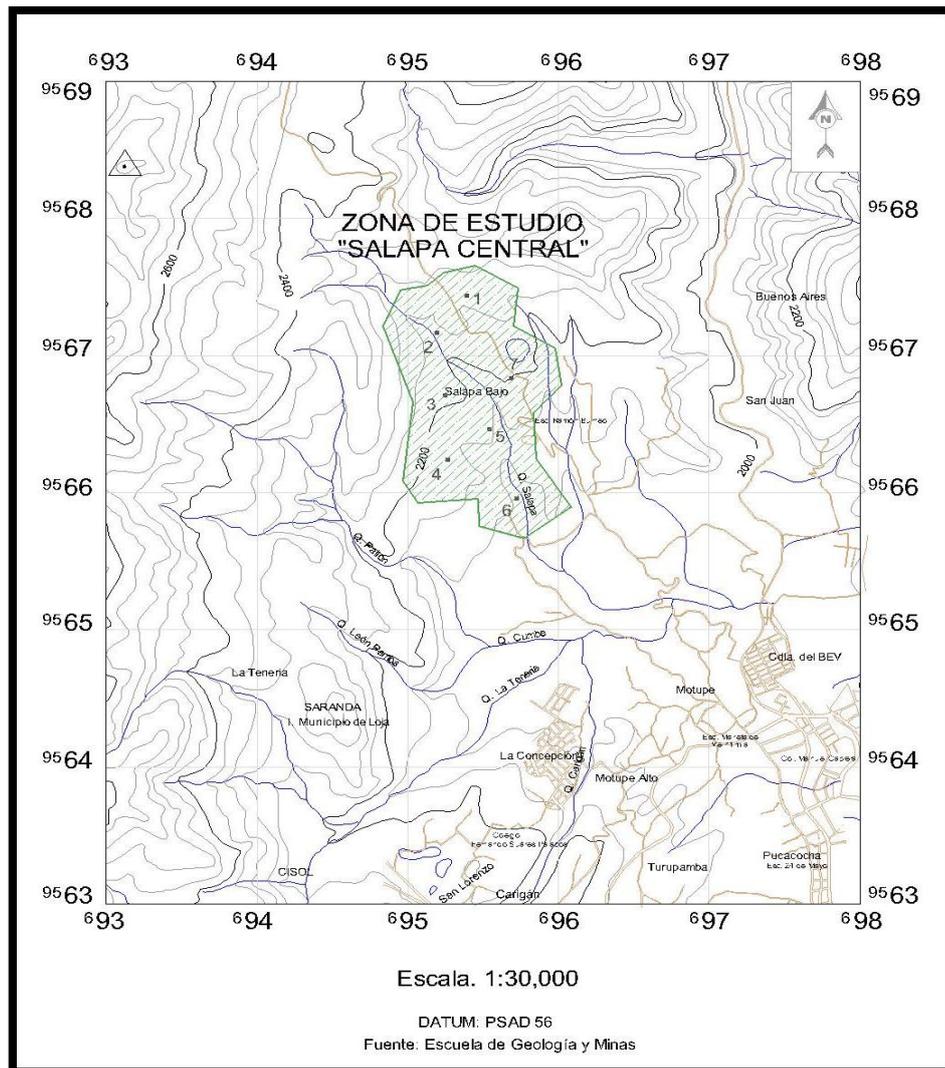


Figura 6. Área de estudio, zona Salapa Central.

Fuente: Escuela de Geología y Minas.

Elaborado: VILLAVICENCIO, I. 2014

### 3.3. Identificación y ubicación por coordenadas de los puntos de muestreo.

La determinación de la ubicación e identificación de los puntos de muestreo se lo realizo mediante la ayuda de un navegador GPS, para posteriormente determinar mediante ensayos de laboratorio las características físico-mecánicas de los materiales de subrasante; estos se tomaron en función de los criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos para carreteras con un espaciamiento de 250 a 500 m para el mismo, así como se explica en la Tabla 2.1.

A continuación se presenta la ubicación vista en planta por cada calicata (Figura 7)

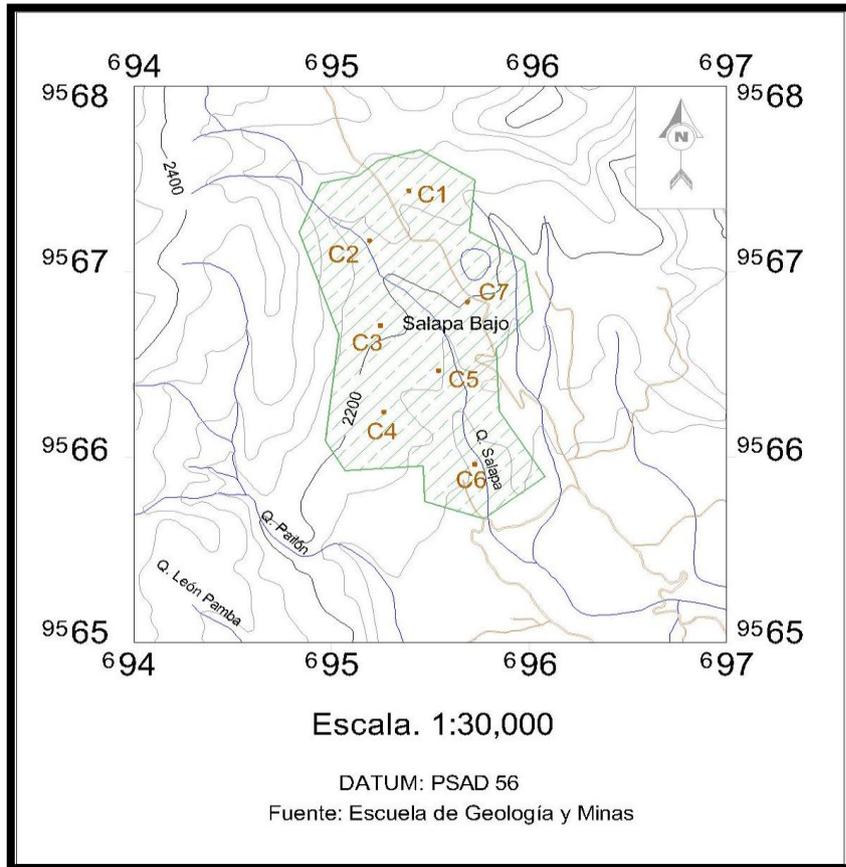


Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo.

Fuente: Escuela de Geología y Minas.

Elaborado: VILLAVICENCIO, I. 2014

En la Tabla 3.1 se muestra la ubicación geográfica de los puntos de muestreo mediante coordenadas UTM.

Tabla 3.1. Identificación y ubicación de los puntos de muestreo.

DESCRIPCIÓN	ELEVACIÓN (m)	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
<i>Calicata 1</i>	2241	695391	9567336
<i>Calicata 2</i>	2230	695194	9567170
<i>Calicata 3</i>	2222	695248	9566712
<i>Calicata 4</i>	2153	695271	9566250
<i>Calicata 5</i>	2164	695525	9566470
<i>Calicata 6</i>	2106	695728	9565970
<i>Calicata 7</i>	2213	695691	9566846

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014

### 3.4. Ocupación y uso del suelo en la zona de estudio.

En el sector Salapa bajo, existe un asentamiento poblacional bajo, la mayor parte es área verde que está destinada a la agricultura y ganadería. El terreno del sector es de tipo ondulado. Además existe presencia de lagunas.

En las figuras 8, 9 y 10 se puede apreciar las características del uso del suelo en la zona de estudio.



Figura 8.: Salapa Bajo

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014



Figura 9.: Salapa Bajo (uso agrícola y ganadero).

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014



Figura 10. Lagunas artificiales en el sector salaba bajo.

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014

### 3.5. Obtención de muestras.

La obtención de muestras se las realizo cada 250 a 500 metros aproximadamente, de la cual se obtuvo una muestra representativa del material proveniente de cada excavación.

El muestreo de los estratos por cada calicata se lo realizo a tres profundidades: 0.50, 1.00 y 1.50 metros respectivamente; los estratos encontrados en cada una de las calicatas deberán ser muestras representativas, las que son descritas e identificadas mediante su ubicación, número de muestra y profundidad.

Así mismo se obtuvo muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de C.B.R. para posteriormente correlacionarlos con las ecuaciones de Modulo de resiliencia (Mr).

En la Tabla 3.2, se muestra una imagen de la obtención de muestras con su respectiva identificación y ubicación.

Tabla 3.2. Obtención de muestras.

DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
<p><b>Calicata 1</b> Elevación (2241 m)</p>		695391	9567336
<p><b>Calicata 2</b> Elevación (2230 m)</p>		695194	9567170
<p><b>Calicata 3</b> Elevación (2222 m)</p>		695248	9566712

DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
<b>Calicata 4</b> <i>Elevación (2153 m)</i>		695271	9566250
<b>Calicata 5</b> <i>Elevación (2164 m)</i>		695525	9566470
<b>Calicata 6</b> <i>Elevación (2106 m)</i>		695728	9565970
<b>Calicata 7</b> <i>Elevación (2213 m)</i>		695691	9566846

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014

### 3.6. Ensayos de campo y de laboratorio.

Los ensayos de campo se los realizo empleando la metodología de las normas, que se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Normas empleadas para ensayos en campo.

ENSAYO EN CAMPO (IN SITU)	NORMA
Penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos (DCP).	ASTM D 6951-03
Penetrómetro de bolsillo	ASTM D 2573-94

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014

Así mismo para determinar las características físico-mecánicas de los materiales de subrasante y de esta manera poder realizar la estratigrafía del perfil del suelo a diferentes profundidades (0.50, 1.00 y 1.50) metros respectivamente por cada calicata obtenida, se empleó las siguientes normas para ensayos de laboratorio descritos en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Normas empleadas para ensayos de 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: VILLAVICENCIO, I. 2014

Los ensayos descritos anteriormente en la Tabla 3.2, se los empleo para determinar la resistencia de los suelos in situ, en la cual se registró la medida de resistencia a la penetración.

Estos registros obtenidos, servirán posteriormente para realizar la correlación entre estos ensayos y el ensayo de C.B.R.

A continuación se detalla únicamente los ensayos realizados en campo. Los ensayos realizados en laboratorio se encuentran descritos en el capítulo I.

### 3.6.1. Ensayo del penetrómetro de bolsillo, ASTM D 2573-94.

Este ensayo nos sirve para determinar la resistencia a la compresión confinada ( $q_u$ ) de las arcillas, para lo cual se empleó un penetrómetro de bolsillo.

Este se entierra manualmente en la arcilla a una profundidad predeterminada y se mide la presión requerida para su penetración (Figura 11), este ensayo de un valor muy crudo de la resistencia a la compresión inconfiada y su utilización requiere correlaciones con otros ensayos.

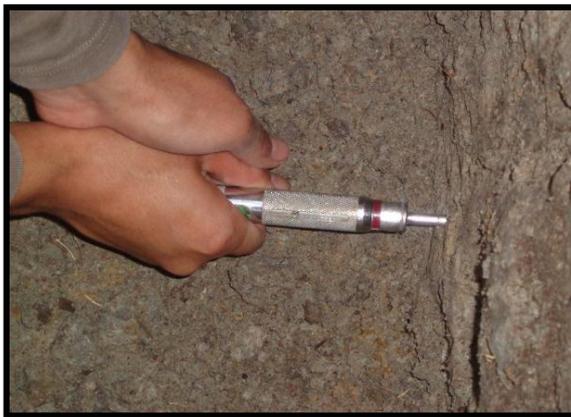


Figura 11. Ensayo del penetrómetro de bolsillo.

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

### **3.6.2. Ensayo estándar para el uso del penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos (DCP). ASTM D 6951-03.**

Este ensayo consiste en la introducción en el terreno de un elemento de penetración de forma cónica, unido solidariamente a un varillaje. La hincada se realiza por golpeo de una maza con un peso de 8 kg, sobre una sufridera o cabezal colocado en la parte superior del varillaje, para así conocer la resistencia de este a la penetración.

Además hay que tomar en cuenta si existe presencia de agregados de gran tamaño o estratos de roca, puesto que este imposibilita que se realice la penetración o que se flexione la barra guía. Si después de 5 impactos, el DCP no ha avanzado más de 2 mm (0,08 pulgadas) o el mango se ha desviado más de 75 mm (3 pulgadas) de la posición vertical, se debe detener la prueba y mover el DCP hacia otro lugar donde realizarla. La nueva ubicación para la realización de la prueba debe estar ubicada con lo mínimo a unos 300 mm (12 pulgadas) de la localización anterior.

El registro de datos se lo realiza anotando la cantidad de golpes y penetración acumulada en mm. La cantidad de impactos entre las lecturas puede variarse, dependiendo de la resistencia del material. Generalmente, las lecturas se toman luego de un número predeterminado de golpes, a saber; luego de un impacto en el caso de materiales suaves, 5 impactos en el caso de materiales normales y 10 impactos en el caso de materiales muy resistentes. La penetración correspondiente a un número determinado de golpes se registra al 1 mm más cercano (0,04 pulgadas)

### 3.7. Correlación del CBR con el equipo DCP.

El DCP presenta ventajas como su simplicidad y economía de uso; implícitamente, el DCP 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, 2008)

La correlación entre el CBR de laboratorio y natural en suelos finos y el ensayo DCP, posibilita a la obtención de una fuente confiable de información que permita ser adaptada para el diseño de obras de infraestructura vial de manera técnica, rápida, continua, precisa y además que garantice las condiciones de comodidad, economía y seguridad de proyectos a futuro.

Para la determinación del CBR in situ, se calculó usando el índice DCP, donde la penetración por golpe se graficó respecto a la escala de lectura de la profundidad alcanzada; la penetración por golpe se utiliza luego para estimar el CBR in situ o la resistencia al corte utilizando una correlación adecuada.

Para la correlación entre la penetración por golpe y el CBR de laboratorio se presentan variadas opciones en función del tipo de material ensayado y de autor referenciado que se muestran en la Tabla 3.5.:

Tabla 3.5. Ecuaciones recomendadas para la correlación del CBR y DCP.

<b>Ecuación</b>	<b>Autor</b>
$Log(CBR) = 2.465 - 1.12Log(DCP)$	<b>Kleyn 1975</b>
$Log(CBR) = 2.6637 - 1.314Log(DCP)$	<b>Kleyn - Van Heerden 1983</b>
$Log(CBR) = 2.7929 - 1.31Log(DCP)$	<b>Harrison 1987</b>

Fuente: (GABRIEL LACERA TORRES, 2000).

## **CAPITULO IV**

### **4. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

#### **4.1. Resultados obtenidos.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes puntos de muestreo, se elaboró un perfil estratigráfico en la que se describe el tipo de material existente a 0.50, 1.00 y 1.50 metros. El tipo de material presente en cada estrato se lo clasifico mediante el sistema de clasificación AASHTO. Además se presenta una fotografía por cada calicata o punto de muestreo.

Los resultados obtenidos clasificados por la norma AASHTO, dio como resultado suelos arcillosos (A-7-6 y A-7-5), predominando en la zona de estudio suelos de tipo A-7-6.

Estos tipos de suelos no son aptos para realizar obras de infraestructura vial, por tanto es necesario realizar un mejoramiento de la subrasante.

A continuación se indica los resultados obtenidos a partir de la clasificación de materiales los cuales nos muestran un enfoque general de la caracterización de los suelos analizados en el sector denominado como “Salapa Central”, y la calidad de los suelos de subrasante en los diferentes pozos muestreados, para el diseño de obras de infraestructura vial.

Tabla 4.1. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 1.

 <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>													
REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO										Calicata N°: 1		Hoj 1 de 7	
<b>PROYECTO:</b> "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 "Salapa Bajo"				<b>Coordenadas</b> N: 9567336 E: 695391				<b>Cota:</b> 2241 m		<b>Profundidad Final:</b> 1,5m			
<b>UBICACIÓN: SALAPA BAJO</b>				<b>Nivel Freático</b>		<b>Inicio:</b> No existente		<b>Fin:</b> No existente					
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	GRANULOM			LL %	IP %	W %	AASTHO	N. FREÁTICO	Capacidad admisible- penetrometro de bolsillo kg/cm <sup>2</sup>	PROFUNDIDAD (m)	
			G	S	F								
---0,2	++++	Capa vegetal, color café oscuro											
		Suelo de color café, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.	8	29	62	64	39	34.96	A-7-6				
---0,5		Suelo de café, clasificado por la norma como suelos arcilloso con contenido de humedad alto.	5	44	51	61	29	33.62	A-7-5				
---1		Suelo de color café oscuro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.	4	35	62	59	28	33.18	A-7-5		1.37		
---1,5													
<b>CALICATA 1</b> 												<b>OBSERVACIONES:</b> Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis	
												Ing. Angel Tapia Chavez <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.



Tabla 4.3. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 3.

PROFUNDIDAD (m)		REGISTRO GEOLOGICO										N. FREÁTICO	Capacidad admisible- penetrometro de bolsillo kg/cm <sup>2</sup>	PROFUNDIDAD (m)	
		GRANULOM			LL	IP	W	AASTHO	DESCRIPCIÓN						
		G	S	F	%	%	%								
--0,2															
		1	39	61	67	40	35.38	A-7-6							
--0,5															
		2	25	73	54	33	38.52	A-7-6							
--1															
		5	27	69	56	36	38.7	A-7-6				1.50			
--1,5															

<b>CALICATA 3</b>		<b>OBSERVACIONES:</b> Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis
	Ing. Angel Tapia Chavez <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	Israel Villavicencio Aldaz <b>TESISTA</b>

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

Tabla 4.4. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 4.

PROFUNDIDAD (m)		REGISTRO GEOLOGICO										N. FREÁTICO	Capacidad admisible- penetrometro de bolsillo kg/cm <sup>2</sup>	PROFUNDIDAD (m)
		GRANULOM			LL	IP	W	AASTHO	DESCRIPCIÓN					
		G	S	F	%	%	%							
--0,2														
		4	50	46	57	35	21.51	A-7-6						
--0,5														
		0	31	69	67	40	27.17	A-7-6						
--1														
		1	41	58	54	33	25.45	A-7-6				1.63		
--1,5														

<b>CALICATA 3</b>		<b>OBSERVACIONES:</b> Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis
	Ing. Angel Tapia Chavez <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	Israel Villavicencio Aldaz <b>TESISTA</b>

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.



Tabla 4.6. Registro de sondeo geotécnico de la calicata N° 6.

 <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>											
REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO								Calicata N°: 6		Hoj 6 de 7	
<b>PROYECTO:</b> "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 "Salapa Bajo"				<b>N:</b> 9565970				<b>Cota:</b> 2106 m		<b>Profundidad Final:</b> 1,5m	
<b>UBICACIÓN:</b> SALAPA BAJO				<b>Coordenadas</b> <b>E:</b> 695728				<b>Inicio:</b> No existente <b>Fin:</b> No existente			
PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO							N. FREÁTICO	Capacidad admisible-penetrometro de bolsillo kg/cm <sup>2</sup>	PROFUNDIDAD (m)	
	DESCRIPCIÓN		GRANULOM			LL	IP				W
	G	S	F	%	%	%					
--0,2											
	0	16	84	67	39	33.79		A-7-6			
--0,5											
	0	15	85	67	44	39.64		A-7-6			
--1											
	0	10	90	69	38	35.56		A-7-5	1.00		
--1,5											

<b>CALICATA 3</b>		<b>OBSERVACIONES:</b> Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis
	Ing. Angel Tapia Chavez <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	Israel Villavicencio Aldaz <b>TESISTA</b>

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.



La capacidad portante de la subrasante a nivel de 1.50 metros de profundidad, dio como resultado un C.B.R., para los puntos de muestreo que va del 1% al 2%, para una penetración de 0.1 pulgadas los cuales se muestra en la Tabla 4.8. Por tanto se considera dentro de la categoría de sub-rasante como suelo inadecuado para obras de infraestructura vial.

Tabla 4.8. Tabla de resumen por capacidad portante de cada calicata.

 <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>							
CUADRO RESUMEN CAPACIDAD PORTANTE			Sondeos N°: 7	Hoja: 1 de 1			
<b>PROYECTO:</b> "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 "Salapa Bajo".							
<b>UBICACIÓN: SALAPA BAJO</b>							
Registro Geologico	Pozo	Profun. de la Subr. (m)	COMPACTACION		CBR de lab. %	Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)	CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE
			Densidad Seca Maxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptimo (%)			
	1	1.5	1.546	22.85	1.19		Subrasante se la considera como Inadecuado (S0)
	2	1.5	1.676	19.60	1.16		Subrasante se la considera como Inadecuado (S0)
	3	1.5	1.789	15.69	1.25		Subrasante se la considera como Inadecuado (S0)
	4	1.5	1.509	25.47	1.25		Subrasante se la considera como Inadecuado (S0)
	5	1.5	1.464	19.95	1.01		Subrasante se la considera como Inadecuado (S0)
	6	1.5	1.662	18.91	1.00		Subrasante se la considera como Inadecuado (S0)
	7	1.5	1.695	19.23	2.10	5	Subrasante se la considera como Inadecuado (S0)
			C.B.R DISEÑO:	1.20			
<b>OBSERVACIONES:</b> Los ensayos fueron realizados por el tesista bajo la supervisión del director de tesis					Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS		Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz. TESISISTA

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

El valor de CBR de diseño es de 1.20% que corresponde a una subrasante de categoría inadecuada según la Tabla 2.9 y se sugiere mejorar las propiedades físico – mecánicas de este material con el estudio del material del banco de préstamo.

Para acceder a la información de los ensayos realizados para la determinación de la clasificación y obtención del C.B.R. por cada calicata, revisar ANEXO I.

#### 4.2. Estudio de materiales de cantera con el fin de mejorar las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante del polígono de estudio.

Con el fin de mejorar las propiedades físico-mecánicas a nivel de subrasante en la zona de estudio, se propuso realizar el estudio de la cantera ubicada en el sector de Salapa, misma que se encuentra próxima a la zona de estudio.

Los ensayos realizados para determinar si el material es apto como material de mejoramiento son los siguientes: contenidos de humedad, límites de atterberg, granulometrías, compactación, C.B.R. y abrasión. Obteniendo como resultado la siguiente Tabla 4.9.

El material de mejoramiento en su estado natural de la cantera Salapa, de acuerdo a los ensayos presento la siguiente Tabla de resultados:

Tabla 4.9. Características físico-mecánicas en estado natural.

 <b>MATERIAL DE MEJORAMIENTO</b> CANTERA SALAPA			
CARACTERISTICAS FÍSICO-MECÁNICAS EN ESTADO NORMAL			
<b>Contenido de humedad:</b>	13%	<b>Desgaste:</b>	46%
<b>Limite liquido:</b>	20%	<b>Densidad seca máxima:</b>	2.189 kg/m3
<b>Limite plastico:</b>	12%	<b>Humedad Optima</b>	7.37%
<b>Indice de plasticidad:</b>	8%		

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

Puesto que se obtuvo un porcentaje de desgaste igual a 46.00 % cercano al límite de lo que estipula la norma máximo 50.00 %. Se realizó una mezcla con material de rio (50% material

de cantera – 50% material de río) para mejorar sus propiedades físico – mecánicas, obteniendo los siguientes resultados mostrado en la Tabla 4.10:

Tabla 4.10. Características físico-mecánicas en estado natural.

 <b>MATERIAL DE MEJORAMIENTO</b> CANTERA SALAPA			
CARACTERISTICAS FÍSICO-MECÁNICAS MEJORADA			
<b>Límite líquido:</b>	NP	<b>Desgaste:</b>	38%
<b>Límite plástico:</b>	NP	<b>Densidad seca máxima:</b>	2.231 kg/m <sup>3</sup>
<b>Índice de plasticidad:</b>	0	<b>Humedad Óptima</b>	6.20%
		<b>C.B.R.:</b>	31%
		<b>Módulo resiliente:</b>	46500 psi

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

Los resultados de los ensayos se muestran en el ANEXO II.

#### 4.3. Generación de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.

##### 4.3.1. Mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.

La zonificación en función de la clasificación del suelo, se realizó en base a los resultados obtenidos en los diferentes puntos de estudio a una profundidad de 1.5 m profundidad de análisis de la subrasante, para la cual se realizó la Tabla 4.11, en la que se identifica cada punto de muestreo, sus coordenadas y el tipo de suelo.

Tabla 4.11. Tabla de clasificación del suelo a una profundidad de 1.50 m.

DESCRIPCIÓN	ELEVACIÓN (m)	COORDENADAS		CLASIFICACIÓN DEL SUELO (AASHTO)
		ESTE	NORTE	
<i>Calicata 1</i>	2241	695391	9567336	Suelo Arcilloso (A-7-5)
<i>Calicata 2</i>	2230	695194	9567170	Suelo Arcilloso (A-7-6)
<i>Calicata 3</i>	2222	695248	9566712	Suelo Arcilloso (A-7-6)
<i>Calicata 4</i>	2153	695271	9566250	Suelo Arcilloso (A-7-6)
<i>Calicata 5</i>	2164	695525	9566470	Suelo Arcilloso (A-7-6)
<i>Calicata 6</i>	2106	695728	9565970	Suelo Arcilloso (A-7-5)
<i>Calicata 7</i>	2213	695691	9566846	Suelo Arcilloso (A-7-5)

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

Para la elaboración del mapa de zonificación en función de la clasificación del suelo, se procedió a dar una simbología para los dos tipos de suelos existentes en la zona de estudio, con el cual se modeló en el software ArcGis, dando la siguiente simbología para su reconocimiento.

Tabla 4.12. Simbología empleada para la elaboración del mapa de zonificación en función de la clasificación del suelo.

TIPO DE SUELO	CLASIFICACIÓN AASHTO	SIMBOLOGÍA
Suelo Arcilloso	A-7-5	
Suelo Arcilloso	A-7-6	

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

Cabe resaltar que la clasificación para la determinación del tipo de suelo se la realizó de acuerdo a la norma AASHTO.

Una vez definida la simbología, se procedió a realizar la modelación en el software ArcGis, empleando para la delimitación de los dos tipos de suelos existentes en la zona de estudio el método de interpolación IDW (distancia inversa ponderada) el cual asume que cada punto medido tiene una influencia local que disminuye con la distancia, es decir les asigna una ponderación mayor a los puntos más cercanos a la posición por predecir, que aquellos que se encuentran más alejados; en el cual se obtuvo como resultado el siguiente mapa de zonificación en función de la clasificación del suelo.

#### 4.3.2. Mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.

Para la elaboración del mapa de zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo, se procedió a dar la siguiente denominación o código a las diferentes clases de suelo (Tabla 4.13), con la finalidad de que el programa ArcGis tenga un mejor reconocimiento y por ende una adecuada proyección y correlación de cada lugar

Tabla 4.13: Códigos utilizados para la zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo.

CÓDIGO	VALOR DEL C.B.R.	CATEGORÍA DE LA SUBRASANTE
S0	CBR < 3 %	Subrasante inadecuada
S1	3% ≤ CBR ≤ 6%	Subrasante pobre
S2	6% ≤ CBR ≤ 10%	Subrasante regular
S3	10% ≤ CBR ≤ 20%	Subrasante buena
S4	20% ≤ CBR ≤ 30%	Subrasante muy buena
S5	CBR ≥ 30%	Subrasante excelente

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

En la Tabla 4.14, se muestra los datos utilizados para la realización de la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.

Tabla 4.14: Tabla de resultados en función de la capacidad de soporte del suelo.

DESCRIPCIÓN	ELEVACIÓN (m)	COORDENADAS		CAPACIDAD DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
		ESTE	NORTE	
<i>Calicata 1</i>	2241	695391	9567336	1%
<i>Calicata 2</i>	2230	695194	9567170	1%
<i>Calicata 3</i>	2222	695248	9566712	1%
<i>Calicata 4</i>	2153	695271	9566250	1%
<i>Calicata 5</i>	2164	695525	9566470	1%
<i>Calicata 6</i>	2106	695728	9565970	1%
<i>Calicata 7</i>	2213	695691	9566846	2%

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

Puesto que los valores obtenidos de los resultados de CBR, son menor al 3 %, estos resultados entran en la clasificación de subrasante inadecuada (S0), por tanto para su reconocimiento en el mapa se lo identifico de la siguiente manera:

Tabla 4.15: Simbología empleada para la elaboración del mapa de zonificación en función de la clasificación del suelo.

CATEGORIA	SIMBOLOGÍA
Subrasante inadecuada (S0)	

Fuente: VILLAVICENCIO, I. 2014.

De tal manera se obtuvo el siguiente mapa de zonificación por capacidad de soporte del suelo en la zona de estudio:

## CONCLUSIONES.

De acuerdo a los análisis efectuados y los resultados obtenidos, se puede concluir válidamente lo siguiente:

- ✚ En base a los resultados que se obtuvo de la presente investigación, se determinó que el material existente en los diferentes estratos es de tipo arcilloso en toda la zona de estudio, clasificados por la norma AASHTO como A-7-5 y A-7-6, predominando suelos arcillosos de tipo A-7-6.
- ✚ Mediante el análisis de la capacidad portante de la subrasante a nivel de 1.50 metros de profundidad, se obtuvo como resultado un C.B.R. del 1% (M.R.= 1500.00) en las calicatas 1, 2, 3, 4, 5, 6; y un C.B.R. del 2% (M.R.= 3000.00) en la calicata 7. Por tanto se considera dentro de la categoría de sub-rasante como suelo inadecuado (S0) para obras de infraestructura vial.
- ✚ Para que la estructura de un pavimento se comporte adecuadamente y cumpla el periodo de diseño, la subrasante natural deberá poseer un C.B.R. como mínimo entre 8% y 10%, ya que de este depende en gran parte el diseño del espesor de las capas superiores.
- ✚ En apoyo a la conclusión anterior, si la subrasante natural posee un C.B.R. menor al 8% como suelo de fundación, se deberá primeramente estabilizar los suelos, para lo cual se deberá analizar alternativas de solución.
- ✚ Considerando que la subrasante en la zona de estudio es denominada como suelo inadecuado como material de fundación, por ello es necesario mejorar sus características, por lo cual una alternativa descrita en la presente investigación es realizar el mejoramiento con materiales provenientes de canteras.
- ✚ De todas las alternativas factibles para efectuar el mejoramiento de subrasantes, la más económica resulta incuestionablemente el reemplazo del material inadecuado, especialmente en zonas donde el costo de los materiales de cantera son relativamente bajos.

- ✚ La presente investigación realizada en el sector Salapa Bajo, sirve como parámetro de referencia para la planificación de obras civiles aplicadas a la infraestructura vial en la ciudad de Loja.

## RECOMENDACIONES.

- ✚ Considerando los valores obtenidos de C.B.R. menores al 3% en la zona de estudio, denominados como suelo inadecuado para subrasante, se recomienda mejorar el suelo de fundación con materiales de préstamo que tengan un C.B.R igual o mayor al 20%.
- ✚ Se recomienda en la etapa constructiva, compactar los suelos a nivel de subrasante al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado.
- ✚ Se recomienda al momento de diseñar obras de infraestructura vial realizar un estudio de mecánica de suelos, para así conocer las características físico – mecánicas del suelo, y así definir la mejor alternativa para estabilizar los suelos de fundación.
- ✚ Se recomienda además emplear la norma AASHTO para el análisis y estudio de calles y carreteras puesto que es el más apropiado para obras de infraestructura vial.
- ✚ Es importante reiterar que el valor de CBR empleado para el diseño de obras de infraestructura vial no sea subestimado, por cuanto dará lugar a un mayor costo de construcción del pavimento.
- ✚ El C.B.R. de diseño obtenido en la zona de estudio se lo determino para un nivel de tráfico mediano, si los niveles de tráfico cambian en la zona de estudio se recomienda calcular un nuevo C.B.R. de diseño considerando los límites de diseño de subrasante para distintos niveles de tráfico.

## BIBLIOGRAFÍA.

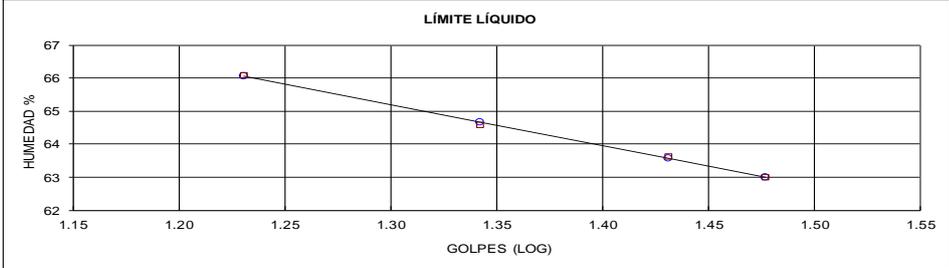
- ❖ **ASTM INTERNATIONAL**, Designación D 6951-03; —Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos.
- ❖ **AASHTO - T 265**; —Contenido de humedad
- ❖ **AASHTO - T89**; —Límites de Atterberg.
- ❖ **AASHTO - T21**; —Análisis granulométrico.
- ❖ **AASHTO - T180**; —Compactación de suelos.
- ❖ **AASHTO - T193**; —Relación de Soporte de California.
- ❖ **AASHTO - T96**; —Abrasión
- ❖ **DAS BRAJA**. 2001. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica; Editorial Thomson International, México.
- ❖ **DAS BRAJA**. 2006. Principios de Ingeniería de Cimentaciones; Quinta edición. Editorial Thomson International, México.
- ❖ **JIMÉNEZ MORENO., GARCÍA FELIPE., CRUAÑEZ GEGOÑA**. 2007. Sistema y análisis de la información geográfica; Manual de autoaprendizaje con ArcGis 9.3; Primera edición. Editorial Alfaomega S.A de C.V., Madrid.
- ❖ **MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES MOP-001-F 2002**, Ecuador –Quito 2002; —Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes.
- ❖ **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES**, Dirección general de caminos y ferrocarriles del Perú; —Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

- ❖ **MONTEJO FONSECA.** 2010. Ingeniería de Pavimentos; Tercera edición Tomo 1. Editorial Panamericana Formas e Impresas S.A., Colombia.
  
- ❖ **VISCARRA AGREDA,** Fabián; —El Cono Dinámico De Penetración y Su Aplicación En La Evaluación de Suelos.

**ANEXOS.**

# ANEXO I: ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN Y C.B.R.

## Calicata Nº 1.

 <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b> LABORATORIOS UTPL						
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
<b>PROYECTO :</b>		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 "SALAPA BAJO"			<b>NORMA:</b>	ASTM D 4318, AASHTO T-27
<b>OBRA:</b>		ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE			<b>CALICATA:</b>	1
<b>LOCALIZAC:</b>		SALAPA BAJO			<b>MUESTRA:</b>	1
<b>SOLIC.:</b>		EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO			<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.50 m
					<b>REALIZADO:</b>	I.V.
		GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %
1. CONTENIDO DE AGUA			255.92 259.48	207.84 208.30	70.69 61.52	35.06 34.87
34.96						
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 22 27 30	67.14 67.36 69.31 68.58	63.28 64.37 66.37 65.72	57.44 59.74 61.75 61.18	66.10 64.58 63.64 63.00	63.99
3.- LÍMITE PLÁSTICO		32.09 32.59	31.77 32.19	30.50 30.60	25.20 25.16	25.18
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 509.50 (H/S)		S 509.50		GRAVA 8		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:				ARENA 29		
				FINOS 62		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 64.00		
1"	0.00	0	100	LP = 25.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 39.00		
1/2"	0.00	0	100			
3/8"	25.72	5	95	CLASIFICACIÓN		
No. 4	42.97	8	92	SUCS : CH		
No. 10	67.42	13	87	AASHTO: A-7-6		
No. 40	97.89	19	81	IG(86): 22		
No. 200	192.47	38	62	IG(45): 16		
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-7-6)						
Observaciones: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de tesis.						
Ing. Ángel Tapia Ch. DIRECTOR DE TESIS			Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz. TESISTA			



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
LABORATORIOS UTPL

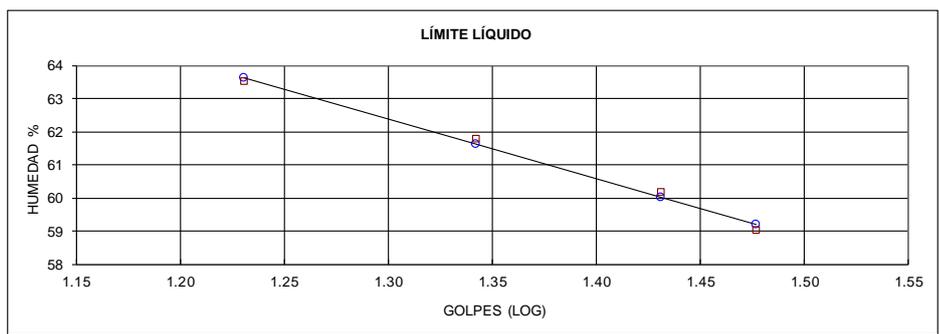
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

**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 "SALAPA BAJO"  
**NORMA:** ASTM D 4318, AASHTO T-27  
**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE  
**CALICATA:** 1  
**LOCALIZAC:** SALAPA BAJO  
**MUESTRA:** 2  
**SOLIC.:** EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO  
**PROFUNDIDAD:** 1.00 m  
**REALIZADO:** I.V.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		322.32 349.08	258.18 276.55	66.36 61.96	33.44 33.80	33.62
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 22 27 30	66.99 67.23 69.15 68.40	63.28 64.37 66.37 65.72	57.44 59.74 61.75 61.18	63.53 61.77 60.17 59.03	60.63
3.- LÍMITE PLÁSTICO		60.37 60.78	60.15 60.53	59.46 59.75	31.88 32.05	31.97

4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN
PESO IN= 513.50 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 513.50	GRAVA 5 ARENA 44 FINOS 51

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	
1"	0.00	0	100	LL = 61.00
3/4"	0.00	0	100	LP = 32.00
1/2"	0.00	0	100	IP = 29.00
3/8"	13.22	3	97	
No. 4	24.81	5	95	CLASIFICACIÓN
No. 10	40.08	8	92	SUCS : CH
No. 40	72.58	14	86	AASHTO: A-7-5
No. 200	251.02	49	51	IG(86): 12
				IG(45): 12



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

Observaciones: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de tesis.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
LABORATORIOS UTPL

**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

<b>PROYECTO :</b> 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 "SALAPA BAJO"	<b>NORMA:</b> ASTM D 4318, AASHTO T-27
<b>OBRA:</b> ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE	<b>CALICATA:</b> 1
<b>LOCALIZAC:</b> SALAPA BAJO	<b>MUESTRA:</b> 3
<b>SOLIC.:</b> EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50 m
	<b>REALIZADO:</b> I.V.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		184.79 213.63	154.11 178.61	62.17 72.43	33.37 32.98	33.18
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 20 24 29	69.01 68.85 64.74 43.50	65.74 65.36 61.62 40.91	60.43 59.55 56.37 36.46	61.58 60.07 59.43 58.20	59.05
3.- LÍMITE PLÁSTICO		59.08 60.13	58.96 59.99	58.57 59.55	30.77 31.82	31.29

4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN
PESO IN= 518.50 (H/S) S	GRAVA 4
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 518.50	ARENA 35
	FINOS 62

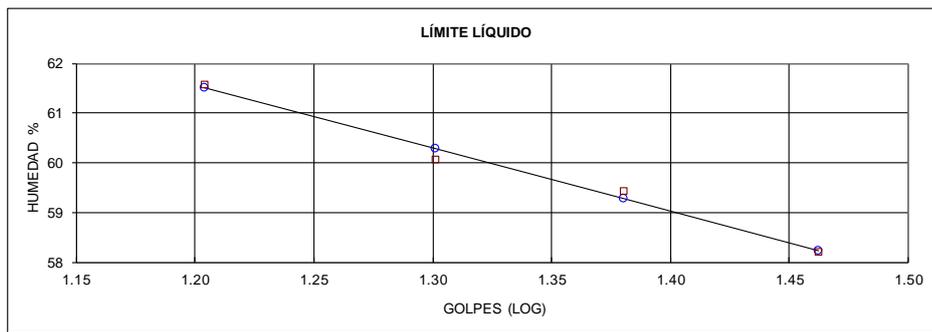
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	9.52	2	98
No. 4	18.57	4	96
No. 10	26.11	5	95
No. 40	60.75	12	88
No. 200	199.30	38	62

LL =	59.00
LP =	31.00
IP =	28.00

CLASIFICACIÓN	
SUCS :	CH
AASHTO:	A-7-5
IG(86):	16
IG(45):	15



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

Observaciones: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del director de tesis.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



**UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMINERA  
LABORATORIOS UCG**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR**

**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 "SALAPA BAJO"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**LOCALIZAC:** SALAPA BAJO

**SOLIC.:** EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO

**CALICATA:** 1

**NORMA :** AASHTO T 180-D

**PROFUND.:** 1,50 m.

**REALIZADO:** I.V.

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:	15.21 cm.
ALTURA:	11.61 cm
VOLUMEN :	2,110 cm <sup>3</sup>
PESO :	6,260 gramos

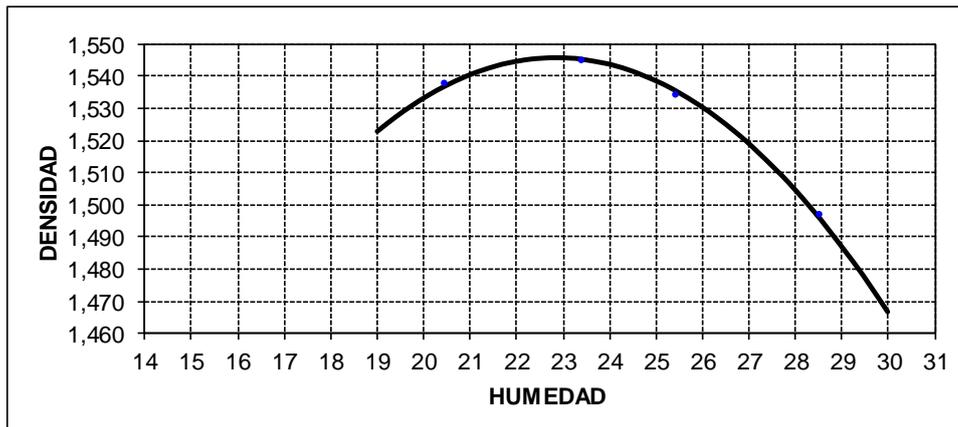
**DATOS PARA LA CURVA:**

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10,180	10,290	10,325	10,317
Peso suelo:	3,920	4,030	4,065	4,057
Dens. Hum :	1,858	1,910	1,927	1,923

**CONTENIDOS DE HUMEDAD:**

W. hum.:	340.23	329.12	330.42	313.45	333.13	336.65	329.42	309.43
W. seco:	291.58	282.04	278.09	264.62	276.32	279.80	270.15	253.28
W. caps:	57.73	57.13	56.90	58.21	54.23	58.02	61.19	56.71
w (%) :	20.80	20.93	23.66	23.66	25.58	25.63	28.36	28.56
promedio		20.87		23.66		25.61		28.46
Dens. Seca:		1,537		1,545		1,534		1,497

**RESULTADOS:** DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1,546 Kg/m<sup>3</sup>  
CONT. DE AGUA OPTIMO = 22.85 %



Observaciones: La muestra es ensayada por el tesista bajo la direccion del director de tesis.



**UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS**  
**LABORATORIOS UCG**

**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 "SALAPA BAJO"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE  
**LOCALIZAC:** SALAPA BAJO  
**SOLICITADO:** EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO.

NUMERO DEL MOLDE Nº	7	8	9
DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15.23	15.22	15.26
ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12.81	12.81	12.81
ALTURA DEL ALZA: (cm)	5.08	5.08	5.08

**NORMA:** ASTM 1883  
**CALICATA:** 1  
**PROFUND.:** 1,50 m

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

MOLDE Nº	7		8		9	
	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.	11532	11886	10781	11380	10708	11246
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	7140	7140	6781	6781	7151	7151
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	4392	4746	4000	4599	3557	4095
VOLUMEN DE MUESTRA cm <sup>3</sup>	2333.67	2333.67	2330.60	2330.60	2342.87	2342.87
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	1.882	2.034	1.716	1.973	1.518	1.748

HUMEDAD	ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO	
	I1	I2	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I5	I6	I7	I8
RECIPiente Nº												
PESO DEL RECIPiente gr.	57.14	58.42	57.15	58.44	56.72	61.19	57.75	54.23	57.73	54.23	58.25	56.91
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	311.98	298.21	269.36	278.45	324.24	334.24	258.50	268.41	321.53	321.54	271.85	263.75
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	264.95	254.37	216.82	223.82	274.03	282.62	200.54	206.83	271.81	269.85	206.24	199.77
PESO DE AGUA gr.	47.03	43.84	52.54	54.63	50.21	51.62	57.96	61.58	49.72	51.69	65.61	63.98
PESO DE MUESTRA SECA gr.	207.81	195.95	159.67	165.38	217.31	221.43	142.79	152.6	214.08	215.62	147.99	142.86
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	22.63	22.37	32.91	33.03	23.11	23.31	40.59	40.35	23.22	23.97	44.33	44.79
HUMEDAD PROMEDIO %	22.50		32.97		23.21		40.47		23.60		44.56	
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	1.536		1.529		1.393		1.405		1.228		1.209	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE Nº	7	8	9
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	11886	11380	11246
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	11532	10781	10708
PESO DE AGUA ABSORBIDA	354	599	538
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	8.06	14.98	15.13

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

FECHA	TIEMPO	MOLDE Nº 7			MOLDE Nº 8			MOLDE Nº 9		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %
	HORA	DÍAS	mm x 10 <sup>-2</sup>	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	189	1.89	1.475	332	3.32	2.59	382	3.82	2.98
	3	359	3.59	2.80	561	5.61	4.38	579	5.79	4.52
	4	554	5.54	4.32	768	7.68	6.00	822	8.22	6.42
	5	780	7.8	6.09	926	9.26	7.23	1077	10.77	8.41

**DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN**

PENETR.	CARGAS	MOLDE Nº 7			MOLDE Nº 8			MOLDE Nº 9			
		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 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
	0.025		13.0	8.14		6.00	3.76		3.0	1.88	
	0.050		22.0	13.77		11.00	6.88		5.0	3.13	
	0.075		29.0	18.15		15.00	9.39		7.0	4.38	
	0.100	1000	34.0	21.28	1.4	19.00	11.89	0.8	9.0	5.63	0.4
	0.150		44.0	27.54		25.00	15.65		12.0	7.51	
	0.200	1500	51.0	31.92	2.1	31.00	19.40	1.3	15.0	9.39	0.6
	0.250		58.0	36.30		37.00	23.16		17.0	10.64	
	0.300	1900	64.0	40.06		42.00	26.29		19.0	11.89	
	0.400	2300	76.0	47.57		48.00	30.04		22.0	13.77	
	0.500	2600	89.0	55.70		53.00	33.17		24.0	15.02	

Ing. Ángel Tapia Ch.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



**UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERO**  
LABORATORIOS UCG

**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 "SALAPA BAJO"

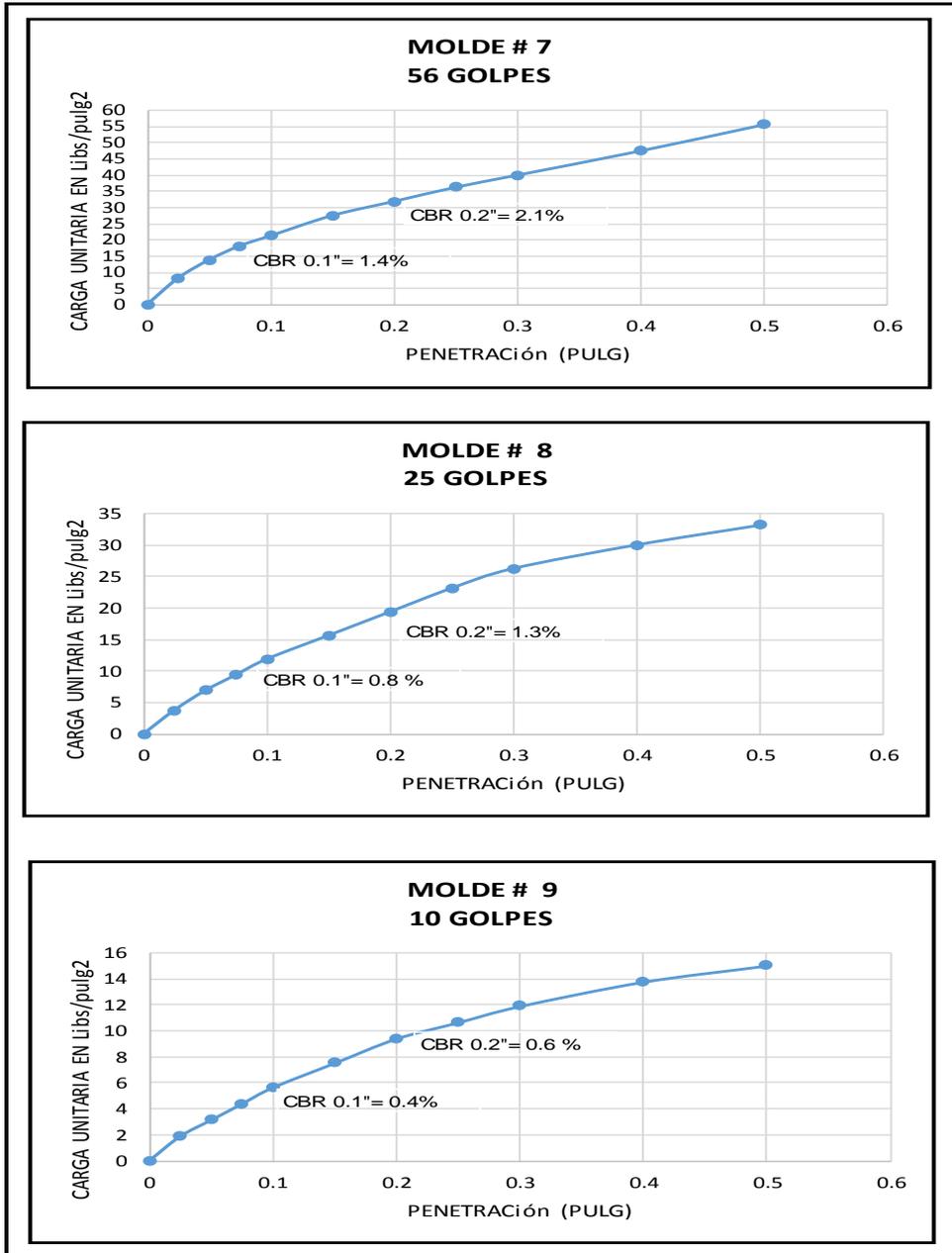
**LOCALIZACIÓN:** SALAPA BAJO

**MUESTRA:** 1

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**REALIZADO:** EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ.

**CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN**



Ing. Ángel Tapia Chávez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio A.  
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERO  
LABORATORIOS UCG

**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 "SALAPA BAJO"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**LOCALZ:** SALAPA BAJO

**MUESTRA:** 1

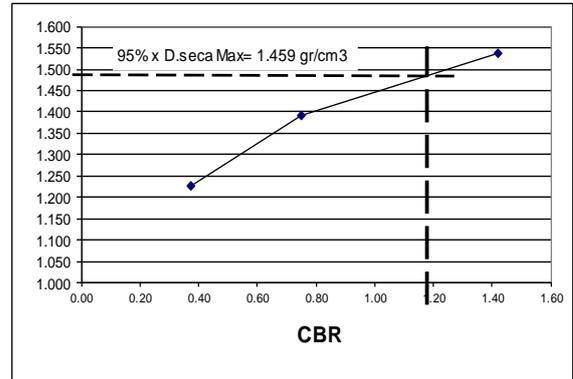
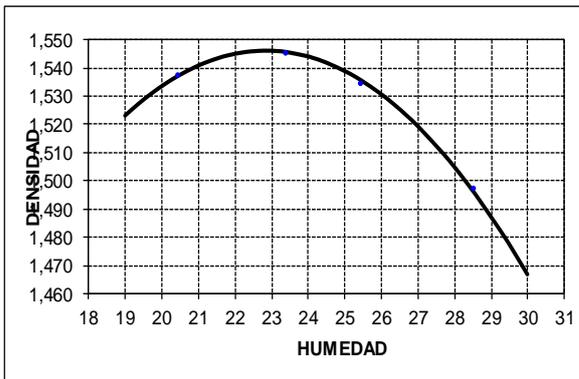
**PROFUND.:** 1.50 m

**REALIZ:** EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ

**DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.546 GR/CM<sup>3</sup>**

**CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 22.85 %**

# golpes	C.B.R.		D. SECA	D. SECA MAXIMA AL 95%
	0.1	0.2	MAX.	
56	1.42	2.13	1.536	1.495
25	0.75	1.25	1.393	
10	0.38	0.63	1.228	



**C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 1.19%**

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

Ing. Ángel Tapia Chávez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio A.  
TESISTA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UTPL

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

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

**Localización :** SALAPA BAJO

**Pozo =** 7

**Profundidad :** 1.50

**Valor mm/golpe :** 35.00

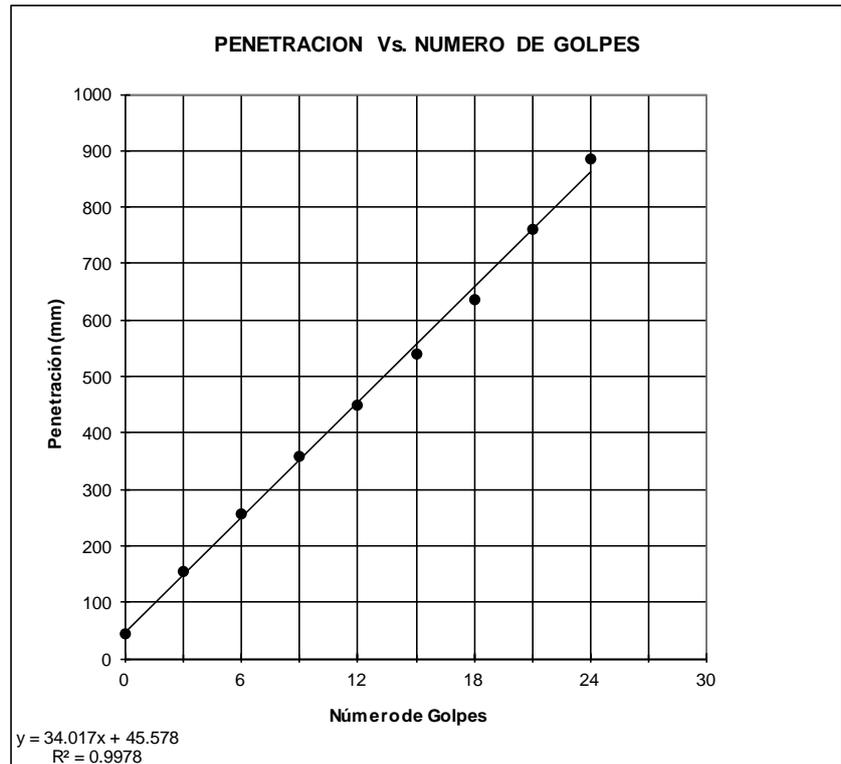
**CBR (Kleyn 1975) =** 5.5

**CBR (Kleyn & Heerden 1983) =** 4.3

**CBR (Harrison 1987) =** 5.9

**Valor CBR Promedio =** 5.3

Golpes Acumulados	Penetración (mm)
0	45.00
3	153.00
6	257.00
9	357.00
12	450.00
15	541.00
18	636.00
21	760.00
24	885.00



Observaciones: El ensayo es realizado por el tesista bajo la dirección del director de tesis. El resultado del CBR de DCP es 5.00 %

Ing. Ángel Tapia Chávez  
DIRECTOR DE TESIS

Israel S. Villavicencio Alarcón  
TESISTA

## CBR DE DISEÑO: SALAPA CENTRAL



### DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL

#### CBR DE DISEÑO

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 SUBRASANTE

LOCALZ: POLIGONO SALAPA BAJO

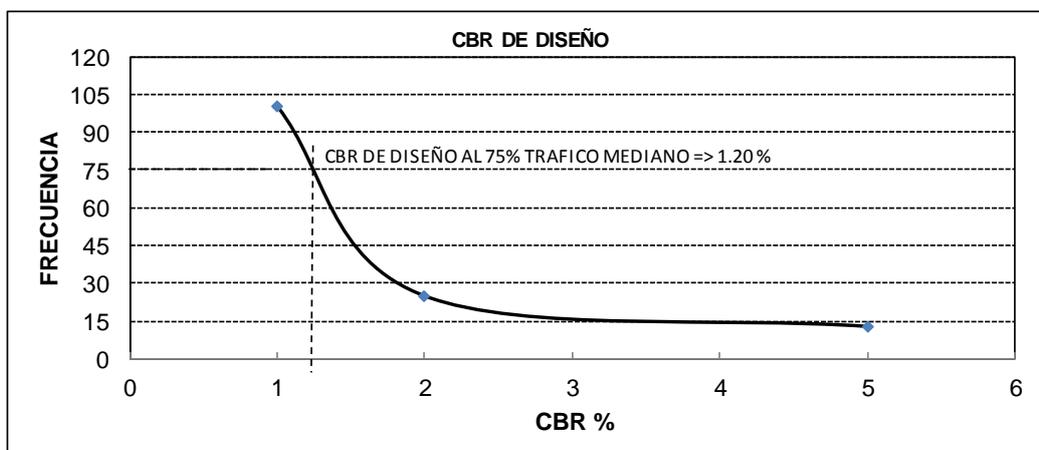
SOLICITADO: EGDO. ISRAEL SANTIAGO VILLAVICENCIO ALDAZ

PROFUND.: 1.5 m

REALIZADO: I.V.

CÁLCULO DEL CBR DE DISEÑO		
Valores de CBR	# De Valores CBR >=	FRECUANCIA
1	8	100
1		
1		
1		
1		
1	3	38
2	2	25
5	1	13

Valores de la Gráfica	
CBR	FRECUENCIA
1	100
2	25
5	13



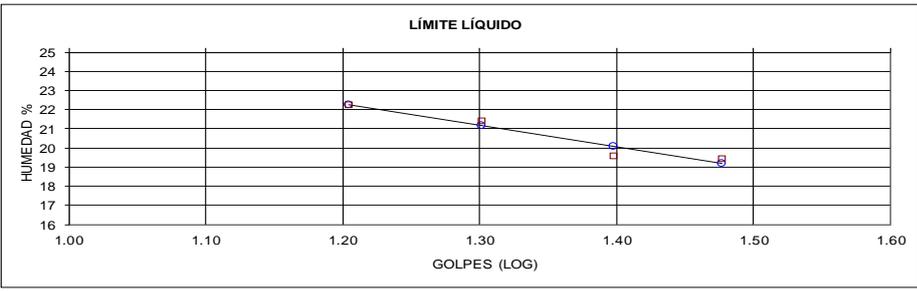
Observaciones: El ensayo es realizado por el tesista bajo la dirección del director de tesis. El CBR de diseño del polígono SALAPA BAJO, para un tráfico de diseño liviano es de 1.20 %

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA

## ANEXO II: ENSAYOS DEL MATERIAL DE CANTERA DEL SECTOR SALAPA.

### CANTERA EN ESTADO NATURAL.

		DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL LABORATORIOS UTPL				
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN						
<b>PROYECTO :</b>		"CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "		<b>NORMA:</b>	ASTM D 4318, AASHTO T-27	
<b>OBRA:</b>		ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE		<b>CANTERA:</b>	1	
<b>LOCALIZAC:</b>		CANTERA SALAPA BAJO		<b>MUESTRA:</b>	1	
<b>SOLICITADO:</b>		EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.		<b>PROFUNDIDAD :</b>	STOCK	
<b>FECHA:</b>		ABRIL 2014		<b>REALIZADO:</b>	I.V.	
	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 3054.30		GRAVA	52	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:				ARENA	47	
				FINOS	1	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	20.00	
2"(50.8 mm)	0			LP =	12.00	
1 1/2(38.1mm)	0			IP =	8.00	
1"(25.4mm)	143	5	95			
3/4"(19.0mm)	406	13	87			
1/2"(12.50mm)	742	24	76			
3/8"(9.5mm)	994	33	67			
Nº4 (4.76mm)	1,586	52	48			
Nº10 (2.00mm)	2,117	69	31			
Nº40 (0.425mm)	2,606	85	15			
Nº200 (0.075mm)	3,018	99	1			
				CLASIFICACIÓN		
				SUCS :	SM	
				AASHTO:	A-2-4	
				IG(86):	0	
				IG(45):	0	
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa (A-2-4)						
OBSERVACIONES: El ensayo es realizado por el tesista bajo la dirección del Director de tesis.						
Ing. Angel G. Tapia Chavez. DIRECTOR DE TESIS			Egdo. Israel S. Villavicencio A. TESISTA			



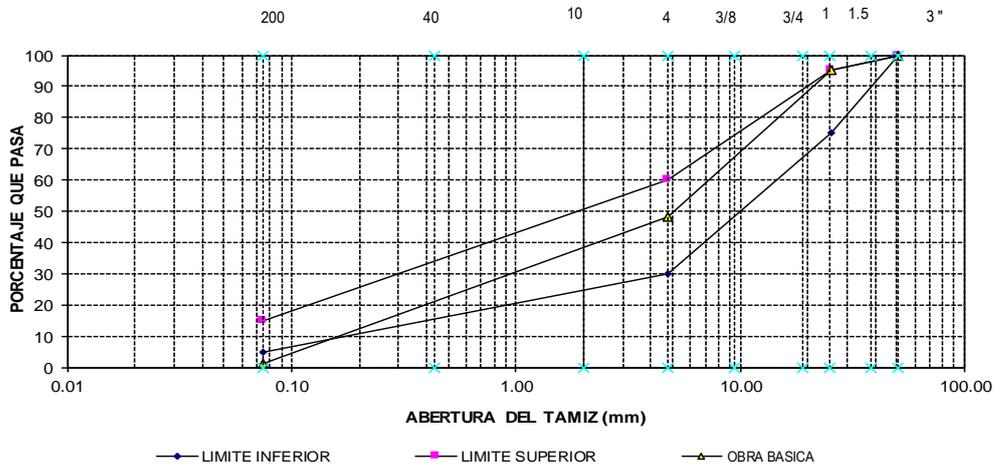
## UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA LABORATORIOS UCG

### ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

**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 SALAPA      **ABSCISA :** BANCO DE PRESTAMO  
**SOLICITADO :** EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.      **PROF:** NIVEL DE SUBRASANTE  
**FECHA:** ABRIL 2014      **REALIZADO:** I.V.

Tamiz mm	Peso Acumulado	% Retenido	% Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
				Inferior	Superior
2"(50,8 mm)	0	0	100	100	100
1 1/2(38.1mm)	0.0	0	100		
1"(25.4mm)	143.1	5	95	75	95
3/4"(19.0mm)	405.8	13	87		
1/2"(12.50mm)	742.2	24	76		
3/8"(9.5mm)	993.9	33	67		
Nº4 (4.76mm)	1585.8	52	48	30	60
Nº10 (2.00mm)	2116.55	69	31		
Nº40 (0.425mm)	2605.69	85	15		
Nº200 (0.075mm)	3017.74	99	1	5	15
FONDO	3054.9	100	0		
Total	3054.3				

**CURVA GRANULOMÉTRICA PARA SUB BASE CLASE 3**



Observaciones: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de tesis.

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL**

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.:	SALAPA	MUESTRA:	MATERIAL DE CANTERA
SOLIC:	EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.	REALIZADO:	I.V.
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%

Observacion: 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.

Ing. Angel G. Tapia Chavez  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR**

PROYECTO : CARACTERIZACION 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: EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.  
 FECHA: ABRIL 2014  
 ABCISA BANCO DE PRESTAMO

NORMA: AASHTO T 180-D  
 PROF: NIVEL DE SUBRASANTE  
 REALIZADO: I.V.

NORMA ENSAYO:	T-180-D		DATOS DEL MOLDE	1
GOLPES/CAPA:	56		DIÁMETRO:	15.22 cm.
No. DE CAPAS:	5		ALTURA:	11.56 cm
PESO MARTILLO:	4.5	Kg.	VOLUMEN:	2,103 cm <sup>3</sup>
ALT. DE CAÍDA:	46.0	cm.	PESO :	6,252 gramos

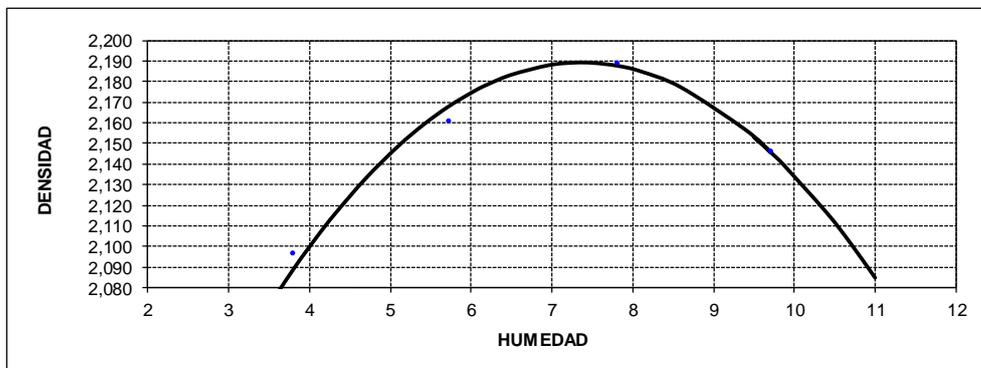
**DATOS PARA LA CURVA:**

PUNTO No.:	2%	4%	6%	8%
Peso comp.:	10,815	11,044	11,209	11,204
Peso suelo:	4,563	4,792	4,957	4,952
Dens. Hum :	2,170	2,278	2,357	2,355

**CONTENIDOS DE HUMEDAD:**

W. hum.:	512.94	490.30	512.85	504.63	433.15	444.24	420.46	450.56
W. seco:	497.32	475.79	490.07	481.29	405.72	417.47	387.99	416.27
W. caps:	52.95	54.63	67.12	58.77	55.11	62.91	60.71	54.73
w (%) :	3.52	3.45	5.39	5.52	7.82	7.55	9.92	9.48
promedio		3.48		5.45		7.69		9.70
Dens. Seca:		2,097		2,161		2,189		2,146

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2,189 Kg/m<sup>3</sup>  
 CONT. DE AGUA OPTIMO = 7.37 %



OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la direccion del director de tesis.

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio A.  
TESISTA

## CANTERA SALAPA: MEJORADO.



### DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL LABORATORIOS UTPL

#### ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

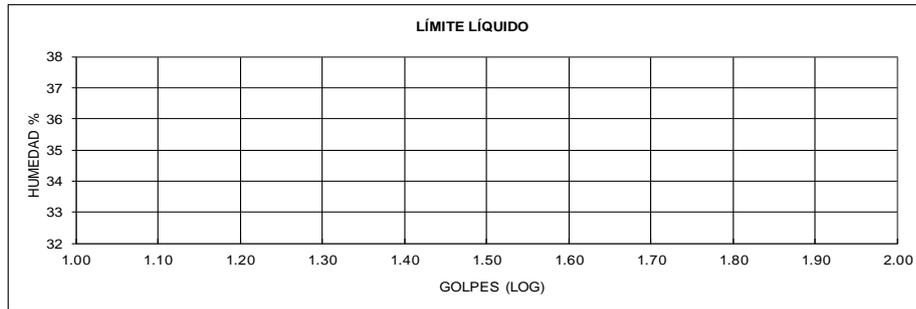
<b>PROYECTO :</b>	"CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.	<b>NORMA:</b>	ASTM D 422,
<b>OBRA :</b>	ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	<b>ABSCISA :</b>	BANCO DE PRESTAMO
<b>LOCALIZAC:</b>	CANTERA SALAPA	<b>PROF:</b>	NIVEL DE SUBRASANTE
<b>SOLICITADO :</b>	EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.	<b>REALIZADO:</b>	I.V.
<b>FECHA:</b>	ABRIL 2014		

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA						
2.- LÍM. LÍQUIDO						NP
3.- LÍMITE PLÁSTICO						NP

4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN
-------------------	-------------------

PESO IN= 4157.57 (H/S)	S	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:	4157.57	GRAVA 58 ARENA 29 FINOS 13

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	
2"(50,8 mm)	0	0	100	LL = 0.00 LP = 0.00 IP = 0.00
1 1/2(38.1mm)	201	5	95	
1"(25.4mm)	702	17	83	<b>CLASIFICACIÓN</b>  AASHTO: A-1-a IG(86): 0 IG(45): 0
3/4"(19.0mm)	1,267	30	70	
1/2"(12.50mm)	1,685	41	59	
3/8"(9.5mm)	1,940	47	53	
Nº4 (4.76mm)	2,414	58	42	
Nº10 (2.00mm)	2,845	68	32	
Nº40 (0.425mm)	3,305	79	21	
Nº200 (0.075mm)	3,614	87	13	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Fragmentos de piedra grava y arena (A - 1 - a)

OBSERVACIONES: El ensayo es realizado por el tesista bajo la dirección del Director de tesis.

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio A.  
TESISTA

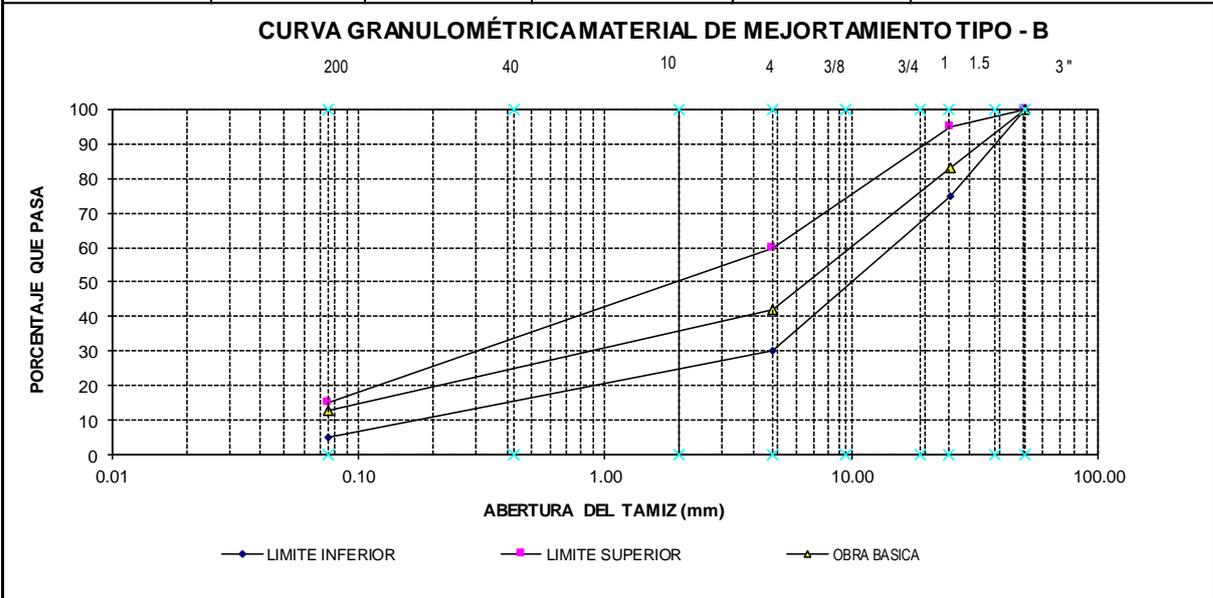


**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIOS UTPL**

**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

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 SALAPA ABCISCA : BANCO DE PRESTAMO  
 SOLICITADO : EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A. PROF: NIVEL DE SUBRASANTE  
 FECHA: ABRIL 2014 REALIZADO: I.V.

Tamiz mm	Peso Acumulado	% Retenido	% Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
				Inferior	Superior
2"(50,8 mm)	0	0	100	100	100
1 1/2(38.1mm)	200.9	5	95		
1"(25.4mm)	702.4	17	83	75	95
3/4"(19.0mm)	1266.6	30	70		
1/2"(12.50mm)	1684.9	41	59		
3/8"(9.5mm)	1939.9	47	53		
N°4 (4.76mm)	2413.9	58	42	30	60
N°10 (2.00mm)	2844.83	68	32		
N°40 (0.425mm)	3304.93	79	21		
N°200 (0.075mm)	3614.14	87	13	5	15
FONDO	3642.1	88	12		
Total	4157.6				



Observaciones: La muestra es ensayada por el tesista bajo la direccion del Director de tesis.

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL**

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.:	SALAPA	MUESTRA:	MATERIAL DE CANTERA MEJORADO	50% M.CANTERA 50% M. RIO
SOLIC:	EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.	REALIZADO:	I.V.	
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 )	1278			
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)				5028			

Numero de esferas:	12	Masa de la carga abrasiva:	4956 gr
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A):	5028	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 capítulo 401_2.02 de la norma MOP - 001-F 2002, el porcentaje máximo de desgaste debe ser 50.0 %.	Máximo
				50%

Observacion: El ensayo fue realizado por el tesista bajo la dirección del director de tesis. EL material se mezcló con material de rio por lo que cumple con los requisitos de desgaste y se recomienda como material de mejoramiento.

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel Villavicencio  
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR**

PROYECTO : CARACTERIZACION 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: EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.  
 FECHA: ABRIL 2014  
 ABSISA BANCO DE PRESTAMO

NORMA : AASHTO T 180-D  
 PROF: NIVEL DE SURASANTE  
 REALIZADO: I.V.

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	2
DIÁMETRO:	15.20 cm.
ALTURA:	11.6 cm
VOLUMEN :	2,105 cm <sup>3</sup>
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

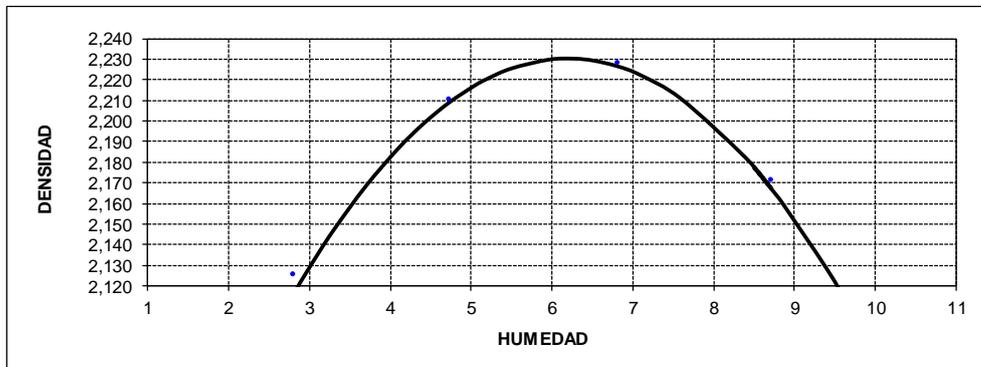
CONTENIDOS DE HUMEDAD:

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 =  
 CONT. DE AGUA OPTIMO =

2,231 Kg/m<sup>3</sup>  
 6.20 %



OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la direccion del director de tesis.

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
 DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
 TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UTPL**

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: EGDO. ISRAEL S. VILLAVENCIO A.  
 FECHA: ABRIL 2014  
 ABSISA: BANCO DE PRESTAMO

NUMERO DEL MOLDE N°	1	2	3
DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15.22	15.22	15.22
ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12.95	12.95	12.93
ALTURA DEL ALZA: (cm)	4.78	4.78	4.78
NORMA: ASTM 1883			
PROF: NIVEL DE SURASANTE			
REALIZADO: I.V			

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

MOLDE N°	1		2		3	
	56		25		10	
N ° DE GOLPES POR CAPA						
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	12153
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	6840	6840	6856	6856	6814	6814
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	5598	5632	5326	5401	5217	5339
VOLUMEN DE MUESTRA cm <sup>3</sup>	2356.07	2356.07	2356.07	2356.07	2352.44	2352.44
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2.376	2.390	2.261	2.292	2.218	2.270

HUMEDAD	ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO	
	31	MS	13	4	36	MS1	U21	17	MS8	MS80	D80	U42
RECIPIENTE N°												
PESO DEL RECIPIENTE. gr.	61.76	60.99	57.38	61.00	56.26	57.38	61.09	54.63	54.08	61.33	54.08	59.43
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	418.76	421.15	484.00	467.31	436.06	390.77	474.71	441.45	439.99	464.14	457.63	507.63
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	397.73	399.96	456.87	442.01	413.94	371.36	446.31	413.76	417.22	440.87	425.26	473.63
PESO DE AGUA gr.	21.03	21.19	27.13	25.3	22.12	19.41	28.4	27.69	22.77	23.27	32.37	34
PESO DE MUESTRA SECA gr.	335.97	338.97	399.49	381.01	357.68	313.98	385.22	359.13	363.14	379.54	371.18	414.2
CONTENIDO DE HUMEDAD. gr.	6.26	6.25	6.79	6.64	6.18	6.18	7.37	7.71	6.27	6.13	8.72	8.21
HUMEDAD PROMEDIO. %.	6.26		6.72		6.18		7.54		6.20		8.46	
DENSIDAD SECA. gr/cm <sup>3</sup>	2.236		2.240		2.129		2.132		2.088		2.092	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE N°	1		2		3	
	12472		12257		12153	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.						
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		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.
HORA	DÍAS	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%
	1	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0.00
	2	8	0.08	0.06	9	0.09	0.07	10	0.10	0.08
	3	24	0.24	0.19	28	0.28	0.22	30	0.3	0.23
	4	24	0.24	0.19	29	0.29	0.22	34	0.34	0.26
	5	24	0.24	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		
		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 <sup>-3</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
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	

Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL

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

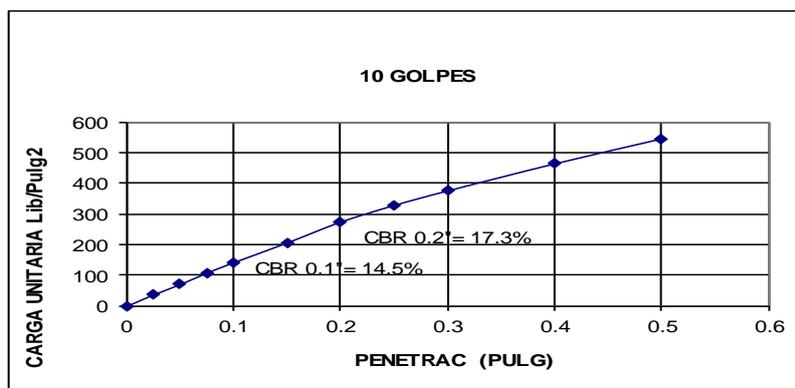
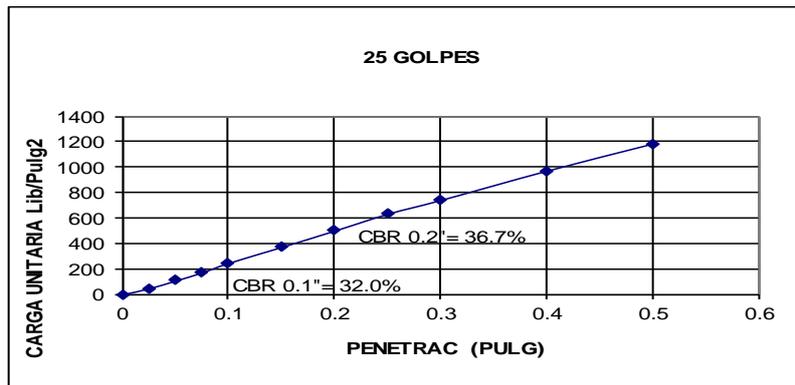
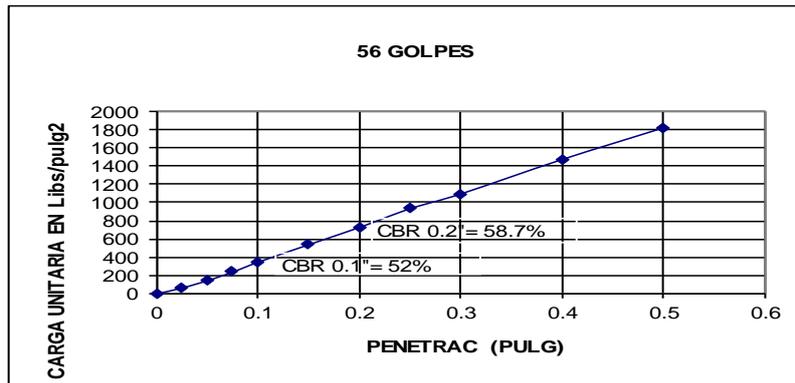
SOLICITADO: EGDO. ISRAEL S. VILLAVICENCIO A.

FECHA: ABRIL 2014

ABSISA BANCO DE PRESTAMO

REALIZADO I.V.

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



Ing. Angel G. Tapia Chavez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio Aldaz.  
TESISTA



**UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERO**  
LABORATORIOS UCG

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 "SALAPA BAJO"

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO

LOCALZ.: CANTERA SALAPA

PROFUND.: BANCO DE PRESTAMO

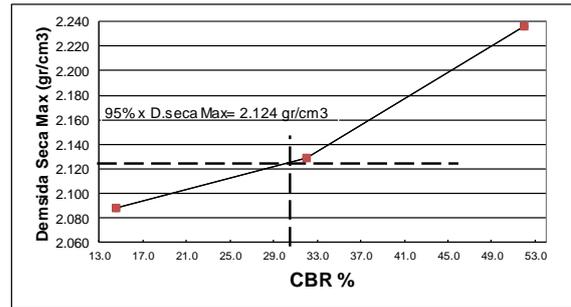
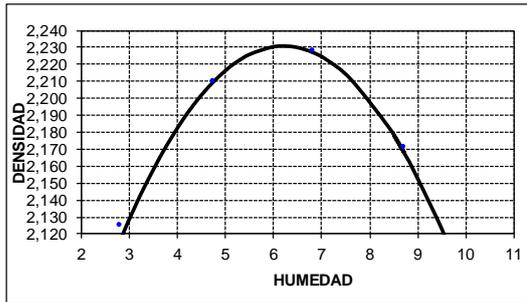
REALIZ.: EGDO. ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ

FECHA: ABRIL 2014

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.231 GR/CM<sup>3</sup>

CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 6.20 %

# golpes	C.B.R.		D. SECA	D. SECA MAXIMA AL 95%
	0.1	0.2	MAX.	
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% porciento de compactación.

Ing. Ángel Tapia Chávez.  
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Israel S. Villavicencio A.  
TESISTA