



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

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

**TEMA:**

---

---

**INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN  
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE**

---

---

**AUTOR:**

**JUAN GABRIEL LAICA MOPOSITA**

**TUTOR:**

**Ing. Mg. VÍCTOR HUGO PAREDES**

**Ambato – Ecuador**

**2016**

## CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Víctor Hugo Paredes en calidad de tutor del trabajo de graduación, certifico que el presente Proyecto Experimental realizado por el señor Juan Gabriel Laica Moposita egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito, bajo el tema: **“INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE”**

---

Ing. Mg. Víctor Hugo Paredes  
TUTOR

## AUTORÍA

Yo, Juan Gabriel Laica Moposita, con CI. 180385058-3 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema **“INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE”** es de mi completa Autoría.

---

Egdo. Juan Gabriel Laica Moposita

C.I. 180385058-3

AUTOR

## **APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES**

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema “INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE”, del egresado Juan Gabriel Laica Moposita, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

Ambato, Noviembre de 2016

Para constancia firman,

---

Ing. Mg. Galo Núñez

PROFESOR CALIFICADOR

---

Ing. Mg. Alex López

PROFESOR CALIFICADOR

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación, bajo la modalidad de Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Trabajo de Titulación, bajo la modalidad de Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo de Titulación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Octubre de 2016

Autor

Juan Gabriel Laica Moposita

## DEDICATORIA

*Este trabajo lo dedico primeramente a Dios, por guiar mí camino, darme fuerza y sabiduría para seguir adelante para cumplir una de las tantas metas que me he propuesto.*

*Dedico este trabajo a mis padres Alejandro y Juana quienes han sido un pilar fundamental en mi superación, que con su comprensión y amor me ayudaron demasiado en toda mi vida.*

*Este trabajo se lo dedico a una persona muy especial que ya no está con nosotros a mi querido y estimado cuñado, Luis Peralta gracias por todo tu apoyo que me brindaste en mi vida del futbol de corazón gracias mi gordito.*

*Este proyecto dedico a mis hijos y esposa Alexander, Yuleissy y Joselyn que gracias a su cariño, amor me inspirar superación para seguir adelante cada día.*

*A mis padres adoptivos, Eduardo y Clelia por el apoyo incondicional que me brindan cada día, para no darme por vencido.*

*A mis hermanos, pero en especial a David y Clelia por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y sobre todo por el ejemplo de superación.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a dios por la vida y por a verme dado una familia extraordinaria que siempre están en las buenas y en las malas para darme su apoyo.*

*Gracias a mis queridos padres que pese a su discapacidad siempre están apoyándome y brindándome valores.*

*Un agradeciendo especial a mi Tutor Ing. Mg. Víctor Hugo Paredes por su amabilidad confianza y por impartirme muchos conocimientos en el desarrollo de mi proyecto.*

*Gracias a la Ing. Lorena Pérez por la ayuda incondicional en la realización de este trabajo.*

*A la Universidad Técnica de Ambato que me dio la oportunidad de brindar toda mi capacidad*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

Certificación.....	II
Autoría de Trabajo .....	III
Aprobación.....	IV
Derechos de Autor.....	V
Dedicatoria .....	VI
Agradecimiento.....	VII
Índice General de Contenidos .....	VIII
Índice de Tablas .....	XI
Índice de Gráficos. ....	XIII
Resumen Ejecutivo.....	XIV

### B. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES<sup>1</sup>

1.1 Tema del trabajo experimental.....	1
1.2 Antecedentes .....	1
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General:.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	4

### CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1 Fundamentación teórica. ....	5
2.1.1. Conceptos básicos sobre una sub base .....	5
2.1.2. Antecedentes generales del caucho.....	14
2.2 Hipótesis.....	22
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	22
2.3.1 Variable independiente.....	22
2.3.2 Variable dependiente.....	22



### CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1	Nivel o tipo de investigación.....	23
3.2	Población y muestra .....	24
3.3	Operacionalización de variables .....	24
3.3.1	Variable dependiente.....	24
3.3.2	Variable dependiente.....	25
3.4	Plan de recolección de información .....	25
3.5	Plan de procesamiento y análisis.....	26
3.5.1	Plan de procesamiento de la información .....	26
3.5.2	Plan de análisis e interpretación de resultados .....	26

### CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Recolección de datos.....	27
4.1.1	Ensayos realizados a la sub base.....	27
4.2.	Análisis de resultados.....	43
4.2.1.	Resultados de los ensayos de compactación con adición de caucho 3% .....	44
4.2.2.	Resultados de los ensayos de compactación con adición de caucho 6% .....	47
4.2.3.	Resultados de los ensayos de compactación con adición de caucho 9% .....	50
4.2.4.	Ensayos de cbr con 3% de caucho .....	53
4.2.5.	Ensayos de cbr con 6% de caucho .....	59
4.2.6.	Ensayos de cbr con 9% de caucho .....	65
4.2.7	Resumen de la adición de caucho en diferentes porcentajes, en el ensayo de compactación.....	71
4.2.8	Comparación de los ensayos de compactación realizados con el caucho reciclado en varios porcentajes .....	72
4.2.9.	Valores obtenidos del ensayo del cbr con adición de caucho en diferentes porcentajes y sin adición de caucho. ....	73
4.2.10.	Comparación de los ensayos de cbr realizados con el caucho reciclado en varios porcentajes y sin adición de caucho .....	74
4.3.	Verificación de hipótesis.....	75

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones .....	76
5.2.	Recomendaciones.....	78
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....		80
1.	Bibliografía .....	80
1.1.	Referencias.....	80
1.2.	Referencias adicionales.....	82
2.	Anexos.....	83
2.1	Anexos fotográficos .....	83
2.2	Artículo Técnico.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Áridos Sub base .....	7
Tabla N° 2. Proctor Modificado .....	13
Tabla N° 3. Composición típica de la llanta.....	15
Tabla N° 4. Propiedades mecánicas del Caucho Natural y del Polibutadieno .....	21
Tabla N° 5. Operacionalización de la Variable Independiente .....	24
Tabla N° 6. Operacionalización de la Variable Dependiente .....	25
Tabla N° 7. Recolección de información .....	25
Tabla N° 8. Granulometría de una Sub base .....	28
Tabla N° 9. Límite Líquido .....	30
Tabla N° 10. Límite Plástico .....	33
Tabla N° 11. Pesos y Granulometrías.....	34
Tabla N° 12. Desgaste de Abrasión.....	35
Tabla N° 13. Compactación de una sub base .....	36
Tabla N° 14. Compactación (CBR).....	39
Tabla N° 15. Ensayo del CBR en condición natural .....	40
Tabla N° 16. Ensayos realizados en material en condición natural .....	43
Tabla N° 17. Ensayos compactación 3% Caucho muestra 1 .....	44
Tabla N° 18. Ensayos compactación 3% Caucho muestra 2.....	45
Tabla N° 19. Ensayos compactación 3% Caucho muestra 3.....	46
Tabla N° 20. Ensayos compactación 6% Caucho muestra 1.....	47
Tabla N° 21. Ensayos compactación 6% Caucho muestra 2.....	48
Tabla N° 22. Ensayos compactación 6% Caucho muestra 3.....	49
Tabla N° 23. Ensayos compactación 9% Caucho muestra 1 .....	50
Tabla N° 24. Ensayos compactación 9% Caucho muestra 2.....	51
Tabla N° 25. Ensayos compactación 9% Caucho muestra 3.....	52
Tabla N° 26. Ensayos compactación (CBR) 3% Caucho muestra 1 .....	53
Tabla N° 27. Ensayo CBR 3% de caucho muestra 1.....	54
Tabla N° 28. Ensayos compactación (CBR) 3% Caucho muestra 2.....	55
Tabla N° 29. Ensayo CBR 3% de caucho muestra 2.....	56

Tabla N° 30. Ensayos compactación (CBR) 3% Caucho muestra 3 .....	57
Tabla N° 31. Ensayo CBR 3% de caucho muestra 3.....	58
Tabla N° 32. Ensayos compactación (CBR) 6% Caucho muestra 1 .....	59
Tabla N° 33. Ensayos CBR 6% Caucho muestra 1 .....	60
Tabla N° 34. Ensayos compactación (CBR) 6% Caucho muestra 2 .....	61
Tabla N° 35. Ensayos CBR 6% Caucho muestra 2 .....	62
Tabla N° 36. Ensayos compactación (CBR) 6% Caucho muestra 3 .....	63
Tabla N° 37. Ensayos CBR 6% Caucho muestra 3 .....	64
Tabla N° 38. Ensayos compactación (CBR) 9% Caucho muestra 3 .....	65
Tabla N° 39. Ensayos CBR 9% Caucho muestra 1 .....	66
Tabla N° 40. Ensayos compactación (CBR) 9% Caucho muestra 2 .....	67
Tabla N° 41. Ensayos CBR 9% Caucho muestra 2 .....	68
Tabla N° 42. Ensayos compactación (CBR) 9% Caucho muestra 3 .....	69
Tabla N° 43. Ensayos CBR 9% Caucho muestra 3 .....	70
Tabla N° 44. Resumen de los valores del Ensayo de Compactación .....	71
Tabla N° 45. Resumen de los valores del Ensayo de CBR .....	73
Tabla N° 46. Promedio del CBR .....	74

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico N° 1. Estructura del Polibutadieno .....	17
Gráfico N° 2. Trituración de Neumáticos.....	18
Gráfico N° 3. Reciclaje con residuos de neumáticos máquina de pirólisis .....	19
Gráfico N° 4. Curva Granulométrica de una Sub base.....	29
Gráfico N° 5. Colocación de la muestra en la copa de casa grande. ....	31
Gráfico N° 6. Muestra uniforme en la capsula de evaporación.....	31
Gráfico N° 7. Determinación Límite Líquido .....	32
Gráfico N° 8. Compactación del material con la ayuda del martillo.....	38
Gráfico N° 9. Cilindro enrazado y llevado a pesar.....	38
Gráfico N° 10. Muestras de 56, 27 y 11 golpes lista para ser ensayada.....	42
Gráfico N° 11. Prensa de carga penetrando una muestra. ....	42
Gráfico N° 12. Contenido de humedad con varios % de caucho .....	72
Gráfico N° 13. Densidad Seca con varios % de caucho.....	72
Gráfico N° 14. Comparación del CBR.....	74

## **RESUMEN EJECUTIVO**

**TEMA:** “INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE”

**AUTOR:** Juan Gabriel Laica Moposita

**TUTOR:** Ing. Mg. Víctor Hugo Paredes

**FECHA:** Octubre 2016

El informe elaborado como un trabajo experimental tiene como objetivo, mejorar las propiedades mecánicas de una sub base (clase 3) mediante la inclusión de polímero reciclado (caucho),

Para la ejecución de la presente investigación se empezaron recolectando los materiales necesarios, como la Sub base y el polímero reciclado, primeramente se analizaron las propiedades Físico-Mecánicas de la Sub base para determinar si el material cumple con los parámetros establecidos por las normas AASHTO Y ASTM, el material se obtuvo de la Constructora Alvarado Ortiz, ubicada en Arq. Le Corbusier y Sócrates, también fue necesario la recolección de polímero reciclado caucho de Proneumacosa, ubicada en la Panamericana Norte Km 12 Sector “La Avelina”.

Se realizó los ensayos de Compactación, Proctor Modificado y Relación de Soporte California CBR con la adición de caucho en diferentes porcentajes y finalmente se compararon los resultados obtenidos tanto de la muestra en condición natural como de la muestra con adición de caucho en diferentes porcentajes y se estableció que a medida que vamos aumentando caucho a nuestra Sub base nuestra resistencia va disminuyendo considerablemente.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

**INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE**

### **1.2 ANTECEDENTES**

Esta investigación está realizada con el fin de preservar y cuidar el medio ambiente, mediante maneras adecuadas de reciclar y reutilizar los residuos sólidos producidos por las empresas productoras de caucho.

Con el pasar de los años y el avance de la tecnología se han ido incrementando maneras o formas para mejorar las características mecánicas de una sub-base como es el caso de la reutilización de polímero (caucho) ya que este material es utilizado mucho en aplicaciones civiles.

Para sustentar la investigación se menciona proyectos de investigaciones similares, que se ha venido empleando a nivel nacional e internacional como lo veremos a continuación.

Para beneficiarse del polímero reciclado (caucho) se propone la inclusión de este material en un suelo tipo sub base (clase 3), para mejorar las propiedades mecánicas medidas a través de un CBR.

Este proyecto se basa en un trabajo realizado en Quito, Ecuador, lleva por Título “Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una sub-base granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC”, elaborado por Sebastián David Lascano y Luis Aníbal Narváez Sánchez en el año 2010, donde se elaboraron muestras que incorporan caucho (reticulado) desde el 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25 por ciento, cuyos datos demuestran que el porcentaje óptimo de mezcla de PVC es del 9% ya que el CBR arroja resultados satisfactorios[1]

En la tesis realizada en Medellín, Colombia denominada “Influencia de la inclusión de desechos de PVC sobre el CBR de un material granular tipo sub- base” por Edgar Rodríguez Rincón, Hugo Alexander Rondón Quintana, Diana Marcela Vélez Pinzón y Leidy Carolina Aguirre Aguirre en el año 2005, a partir de los ensayos de Proctor Modificado y CBR se comparó el comportamiento de la sub-base sin adición de polímero y con adición de la misma obteniendo resultados favorables ya que incrementa su resistencia y disminuye su peso unitario.[2]

En noviembre de 2014 en la ciudad de Bogotá en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito fue presentada la tesis denominada “Valoración de las propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionados con residuos de llanta caucho” por Hermes Andrés Torres Ospina, en este estudio se concluye que para evitar disminución de las propiedades mecánicas del hormigón, debemos de trabajar con porcentajes menores al 10% para disminuir impactos adversos. [3]



### 1.3 JUSTIFICACIÓN

En países de América del Sur tales como Colombia y Perú los materiales de excelente calidad para la construcción de pavimentos flexibles son de difícil obtención. En algunas ocasiones se ha trabajado con materiales granulares que no cumplen los requisitos mínimos de calidad establecidos en la especificación vial pertinente, por esta razón la sub base puede recibir un mejoramiento adecuado en base adición de residuos de polímeros con el fin de conseguir una vía de alto nivel de servicio y durabilidad que brinde seguridad y confort a los usuarios y de tal manera tratar de incrementar el CBR [1].

En el Ecuador los daños prematuros de las vías han sido superados mediante la aplicación de técnicas innovadoras como es la inclusión de residuos de polímeros como PVC, caucho, icopor, entre otros, también materiales sintéticos como vidrio, porcelana, fibras en un material tipo sub base (clase 3) [2].

La limitación de recursos económicos a la cual se ve sometida la provincia de Tungurahua, incide en la desatención en el mantenimiento vial, debido a los altos costos de reparación, siendo factible la rehabilitación de carreteras que consiste reutilización de material reciclado, de esta manera se obtendrán unas vías en excelente estado que permitirá el desarrollo económico de la provincia y mejorar la calidad de vida de sus habitantes [4].

Esta investigación es factible ya que existen herramientas necesarias y fuentes bibliográficas para el estudio de estabilización de sub- base (clase 3).

La importancia de esta investigación es saber cuánto mejora la resistencia del material natural con adición de residuos de caucho.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General:**

- Determinar el grado de influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar las características mecánicas de los agregados de la Constructora Alvarado Ortiz.
- Comparar el desempeño de las mezclas con polímero reciclado (caucho) y con muestras en condición natural.
- Realizar los ensayos de CBR con diferentes porcentajes de caucho y del material natural.
- Determinar el porcentaje óptimo de la mezcla de Sub base con la adición de caucho.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

Este estudio se basa en la influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base. Para el desarrollo de esta investigación hablaremos acerca de una sub base, parámetros, tipos, estabilización de suelos y sus propiedades mecánicas, el caucho, su clasificación, propiedades mecánicas y usos del caucho. .

##### **2.1.1. Conceptos básicos sobre una sub base**

###### **Definición de Sub-base**

Es aquella capa comprendida entre la base y la subrasante de un pavimento, su calidad puede ser menor a la de una base, debido a que soporta menor carga o esfuerzos y está formada por materiales granulares. [5]

###### **Funciones estructural.**

La Sub base es la encargada de drenar en agua que se filtra desde la parte superior e impedir que llegue a la base, también absorbe las deformaciones de la subrasante debido a la alteración del volumen por causas físicas y por último es la encargada de distribuir las cargas solicitantes. [13]

## **Parámetros de una sub base**

- El desgaste de abrasión no deberá ser mayor al 50%, en cualquiera de los métodos a utilizarse.
- El CBR no deberá ser menor que el 30%
- Los Límites Atterberg de acuerdo a la norma AASTHO T-89, T-90 deberá de tener un Índice de Plasticidad menor que 6 y un Límite Líquido menor o igual de 25.

## **Tipos de sub base**

### **Sub-base Clase 1**

Esta clase de sub base está conformado por material grueso provenientes de la trituración de grava o roca, mezclados con arena para llegar a la granulometría especificada. La reducción del árido no deberá ser menor del 30% [5]

### **Sub-base Clase 2**

Es un material grueso, obtenido a través de la selección o de la trituración de gravas o yacimientos cuyo material está dividido naturalmente. El desmenuzamiento del material grueso no deberá ser menor al 30% [5]

### **Sub-base Clase 3**

Este material es conseguido mediante la selección de gravas o rocas mezcladas con arena natural o árida desmenuzados para obtener la granulometría esperada. [5]

**Tabla N° 1. Áridos Sub base**

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>		
	<b>CLASE 1</b>	<b>CLASE 2</b>	<b>CLASE 3</b>
3" (76.2 mm)			100
2" ( 50.4 mm)		100	.....
1 ½ (38.1 mm)	100	70-100	.....
N° 4 (4.75 mm)	30-70	30-70	30-70
N° 40 (0.425 mm)	10-35	15-40	.....
N° 200 (0.075 mm)	0-15	0-20	0-20

**Fuente:** *Especificaciones generales para la construcción de Caminos y Puentes MTOP, Vol 3, Quito* 2013. [5]

### **Estabilización de suelos.**

#### **Concepto de estabilización.**

La estabilización es un procedimiento por el cual los suelos naturales son sometidos a determinados tratamientos para tratar de mejorar las propiedades y características del suelo. [14]

#### **Propiedades que se mejoran**

Con la estabilización tratamos de mejorar la granulometría hasta la requerida, la humedad hasta la óptima, la compacidad hasta la más alta, la compactación hasta la máxima, la permeabilidad hasta la mínima, la resistencia al corte hasta la máxima y la deformabilidad hasta la mínima. [7]

### **Tipos de estabilización.**

Existen muchos tipos de mejoramientos de suelos donde es esencial saber el comportamiento de los diferentes suelos, con el propósito de elegir el sistema adecuado para realizar la estabilización.

#### **Estabilización Mecánica**

Es un proceso que se realiza mediante la mezcla de diferentes materiales, con el objetivo de conseguir un nuevo material con mejores características. Los parámetros que se quieren mejorar son la granulometría y la plasticidad. [14]

#### **Estabilización Física.**

Este tipo de estabilización se caracteriza por mezclar varios tipos de suelos para mejorar la resistencia, debe de ir acompañada de una compactación como complemento. [15]

#### **Estabilización Química.**

Es un método moderno que se refiere a la utilización de sustancias químicas y su utilización involucra a cambios en la constitución de los suelos en estudio. [14].

### **ENSAYOS**

#### **Tipos de ensayos**

- Ensayo de laboratorio
- Ensayo In Situ

## **Ensayo de laboratorio**

Son aquellos ensayos que sirven para obtener las características geotécnicas del terreno, y como su nombre lo indica este tipo de ensayo se lo realiza en un laboratorio que preste las mejores condiciones y que tenga los equipos necesarios, dependiendo del tipo de ensayo se exigen distintas calidades de muestra.

## **Ensayo In Situ**

Son aquellos que se realizan en el mismo lugar donde se encuentra el suelo que se quiere estudiar.

## **Normas para los ensayos**

### **AASHTO**

American Association of State High-way and Transportation Officials. (Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes).

### **ASTM**

American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales).

## **PROPIEDADES MECÁNICAS**

### **Resistencia al desgaste por abrasión**

Corresponde a la resistencia mecánica del material grueso y es de mucha importancia en obras sujetas a agentes de abrasión como es el caso de carreteras

Esta resistencia se determina por medio de la máquina de los Ángeles donde el agregado grueso es sometido a desgaste para obtener de forma indirecta su resistencia mecánica. [6]

La resistencia por abrasión se calcula por la siguiente formula

$$\%Desgaste = \frac{p1 - p2}{p1} * 100$$

Donde

P1= Peso del material seco antes del ensayo

P2= peso del material seco después del ensayo de abrasión.

### **Limites Atterberg.**

Por medio de los Límites de Atterberg podemos conocer las características que poseen los suelos finos en las distintas etapas de consistencia.

### **Limite Líquido**

Es un material que pasa del estado plástico al estado líquido determinado por medio de la Copa de Casagrande. [7]

### **Limite Plástico.**

Está limitado entre el estado plástico y semisólido.



## **Índice plástico**

Este límite es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

$$I_p = LL - LP$$

El objetivo de determinar los límites de plasticidad es de obtener de una forma correcta la clasificación de sus suelos [7]

## **Compactación**

Es un proceso que aumenta el peso volumétrico de un material granular, mediante el proceso de compactación se consigue

- Incrementar la resistencia al corte
- Aumentar la capacidad de carga y soporte
- Reducir la relación de vacíos
- Disminuir los asentamientos

### **Principios básicos de la Compactación.**

La compactación es el producto de la reorientación de las partículas de suelo en la que el agua juega un papel muy importante, pues reduce la fricción entre los granos y facilita el proceso [11]

Mediante la compactación se trata de reacomodar las partículas este reacomodo no depende solamente de las características del instrumento que se utilizó, sino también depende de la humedad del material. [11]

En la compactación la densidad seca de un suelo, depende del porcentaje de humedad y de la intensidad de la fuerza aplica. [11]

Los métodos de compactación pueden ser en laboratorio o en In Situ. La compactación en obra se efectúa con rodillos lisos, neumáticos o pata de cabra mientras que en el laboratorio por medio de impacto. [1]

### **Pruebas de compactación.**

Se han establecido distintos procedimientos para ejecutar los ensayos de compactación, llamados:

- Proctor Estándar
- Proctor Modificado

Para la obtención de los resultados del ensayo de compactación se utilizó el Proctor Modificado en la presente investigación.

### **Proctor Modificado**

Este ensayo consiste en compactar un suelo dentro de un molde en varias capas y con una energía de compactación que actúa de acuerdo al tipo de prueba [1].

Para llegar alcanzar la humedad óptima y la densidad seca máxima existen dos grupos:

### **Métodos Dinámicos**

Son a los cuales se les aplica una energía de compactación por medio de golpes, con la ayuda del pistón Hoy en día se usa el Proctor Modificado debido a que brinda mejores resultados que el Proctor Standard, se describe una tabla con los distintos procedimientos. [11]

**Tabla N° 2. Proctor Modificado**  
AASHTO MODIFICADO T-180

MARTILLO 10 LIBRAS		ALTURA DE CAÍDA 18"			
Material	PASA TAMIZ #		PASA TAMIZ #		
	4		3/4		
MÉTODOS	A	B	C	D	
Molde usado	4"	6"	4"	6"	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes/capa	25	56	25	56	
Volumen del molde sin collar ( pies cúbicos)	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33	
Volumen del molde sin collar ( centímetros cúbicos)	944	2123	944	2123	
Energía de Compactación lb pie / pie	12375	12317	12375	12317	
Energía de Compactación Kg cm / cm <sup>3</sup>					

**Fuente:** F. Mantilla, *Mecánica de suelos elemental para ingeniería civil*, Ambato, Ecuador 2012. [7]

### **Métodos Estáticos.**

Estos tipos de métodos se caracterizan porque la energía de compactación es aplicada por medio de una presión hidráulica o estática. [11].

### **Valor Soporte California (CBR)**

El ensayo del CBR es un método que sirve para evaluar los suelos para posteriormente ser usados como Sub bases o Bases, ampliamente utilizados en la construcción de carreteras [14]

El propósito Valor Soporte California. (California Bearing Ratio) es determinar la capacidad soporte de suelos compactados en el laboratorio, con humedad óptima y niveles de compactación diferentes. El CBR mide la resistencia del suelo en

condiciones controladas de densidad seca máxima y humedad óptima obtenidas en el ensayo de compactación, Proctor Modificado [1]

En la presente investigación se elaboraron los ensayos con diferentes porcentajes de caucho para determinar si se incrementa la resistencia del suelo con adición del polímero. [14]

### **2.1.2. Antecedentes Generales del caucho**

El caucho natural es un material vegetal procesado que se obtiene de la savia de varios árboles existentes en varias partes del mundo principalmente en Sur América y África ecuatorial. El látex que se obtiene de la planta “HEVEA” cubre más del 99% del consumo mundial de caucho natural. Pero también este producto denominado caucho se puede sacar del ficus elástica y de otras plantas africanas [9]

Para recolectar el látex se le practica un corte en el tronco, desde el suelo hasta aproximadamente 1.80 m, se debe de colocar debajo de la incisión una pequeña vasija que sirva como recolector del látex que brota de las heridas del árbol, la savia posee de 30 a 36% del hidrocarburo. [8]

Los neumáticos están esencialmente compuestos de caucho que son extraídos principalmente de “HEVEA”. Este material se tarda en destruirse más de 500 millones de años, por lo que es conveniente crear maneras de reutilización y así poder aprovechar este material sin mucha contaminación ya que nosotros seremos los beneficiados. [9]

## Material proveniente de la llanta.

### Composición de neumáticos

El caucho (llanta) está compuesto de varios materiales dependiendo del uso que se le dará, este material cuenta con especiales características como es la resistencia a la carga, adherencia, posibilidad de manejar alta presión, entre otros. [3]

**Tabla N° 3.** Composición típica de la llanta

Material	Composición (%)	
	Automóviles	Camiones
Caucho natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Rellenos Reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidante y rellenos	17	16

**Fuente:** H. Torres, “Valoración de las propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionados con residuos de llanta caucho” Magister en Ingeniería Civil, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia 2014. [3]

### Clasificación de cauchos

#### Caucho Natural.

Se obtiene de varias plantas que producen un líquido lechoso al realizarle un corte en el tronco su color es blanco llamado látex. [16]

### **Caucho sintético.**

Es un material parecido al caucho sintético y su elaboración es artificial. Se obtiene mediante reacciones químicas, conocidas como polimerización. Luego de la elaboración este tipo de caucho se vulcaniza. [16]

### **Neopreno.**

Es un caucho sintético fue uno de los primeros logrados por la investigación de Carothers. Es muy resistente al calor y a productos químicos como el aceite y el petróleo. Se aplica en la utilización de tuberías de conducción de petróleo y como aislantes para cables. [16]

### **Caucho isobutileno - isopreno.**

Es un plástico que trabaja como el caucho natural pero no es flexible como el natural. Es muy resistente a la oxidación y a la acción de productos corrosivos, tiene una baja permeabilidad a los gases por esta razón es utilizado en los tubos interiores de las llantas y es muy difícil de vulcanizar. [16]

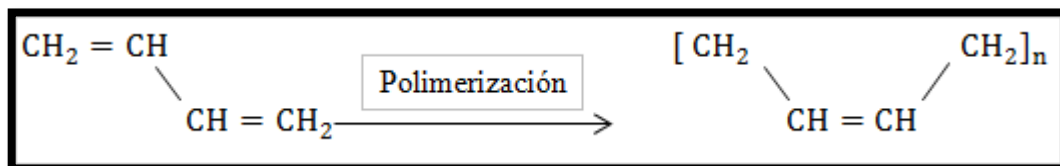
### **Butadieno – Estireno.**

Es un material conformado de 75% de butadieno y del 25% de estireno que se fabrica por medio de radicales libres. Compite en la fabricación de las llantas para vehículos. [16]

### **Polibutadieno**

Es un caucho sintético y se utiliza principalmente en la elaboración de neumático debido a que este tipo de caucho tiene una alta resistencia al desgaste. Está formado a partir del proceso de polimerización del monómero. [16]

**Gráfico N° 1.** Estructura del Polibutadieno



**Fuente:** D. Fuentes, “Obtención de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando resina de mortero de uretano”, Tesis de Título, Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador 2014. [16]

### **Tipo de Proceso de Reciclaje del caucho fuera de utilización.**

#### **Métodos de reciclaje.**

Estos procesos consisten en reducir el material de diferentes maneras, las cuales se encargan de separar el caucho del acero y de los textiles, este caucho se puede utilizar en la elaboración de nuevos productos. [3]

En la actualidad existen muchos procedimientos o métodos para este fin que lo mencionaremos a continuación:

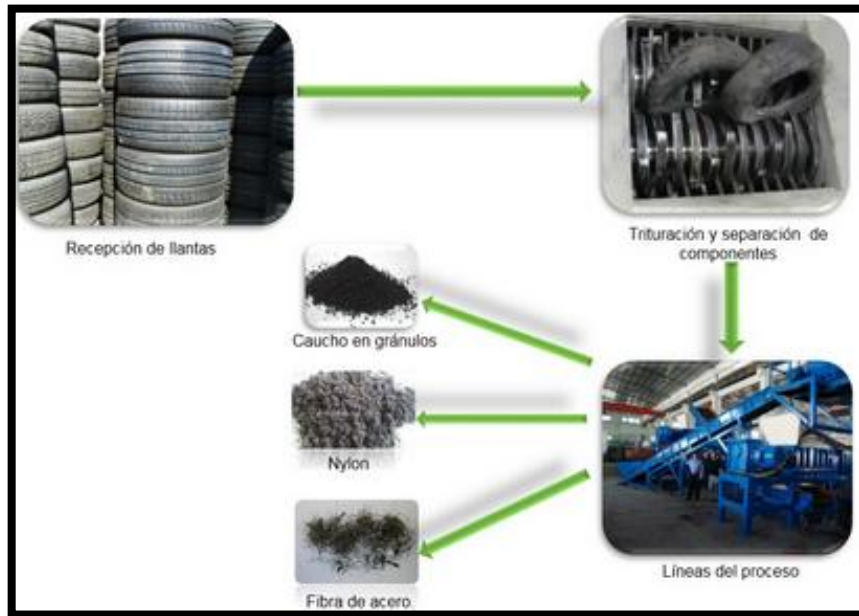
- Trituración Mecánica.
- Trituración Criogénica.
- Pirólisis.
- Regeneración.

#### **Trituración Mecánica.**

Esto se logra, metiendo los neumáticos reciclados en la máquina donde las llantas son cortadas por unas cuchillas, se trituran las llantas hasta obtener el tamaño requerido luego se utilizan clasificadores magnéticos para separar el acero y los textiles para

posteriormente realizar su tamizaje y para finalmente ser almacenado para su venta. En este proceso se obtienen productos de excelente calidad. [3]

**Gráfico N° 2.** Trituración de Neumáticos



**Fuente:** Sitio web: [www.google.com](http://www.google.com). Trituración mecánica

### **Trituración criogénica.**

Esta trituración se basa en congelar las llantas con nitrógeno líquido para luego ser golpeadas y poder obtener el caucho en polvo, con la liberación de nitrógeno gaseoso. [3]

Este procedimiento tiene como desventaja la baja calidad de los productos obtenidos ya que el caucho se encuentra mezclado con los diferentes materiales del neumático triturado, otros factores negativos son el alto costo de la implementación y mantenimiento de la maquinaria, esto compromete a que este método no sea recomendable. [8]



## **Termólisis**

Es un sistema donde a los neumáticos se les somete a un calentamiento, en un medio donde no existe oxígeno. Es la descomposición de un elemento al ser sometido a altas temperaturas. Con este método se produce la descomposición del material obteniendo productos con características muy similares al caucho virgen. [12]

## **Pirólisis.**

Es la degradación del caucho, mediante el calor en ausencia del oxígeno este proceso es un caso especial de la termólisis además es la descomposición química de los materiales, excepto de metales y vidrio [12]

Por medio de este proceso podemos elaborar un gas similar al propano que es empleado para el uso industrial, aprovechamos este gas como combustibles para el uso interno de hornos, calderas ya que tiene un alto poder calorífico también podemos elaborar el aceite industrial líquido que mediante la refinación se puede transformar en diésel. [12]

**Gráfico N° 3.** Reciclaje con residuos de neumáticos máquina de pirólisis



**Fuente:** Sitio web: [www.google.com](http://www.google.com). Reciclaje con residuos de neumáticos máquina de pirólisis

## **Propiedades del caucho**

### **Dureza Shore**

Es la reacción elástica del caucho cuando se deja caer sobre el un material duro. Mide la dureza elástica de los materiales [16]

### **Índice de resistencia a la abrasión**

Es la medida de la resistencia de un caucho vulcanizado con la de un estándar bajo condiciones específicas [16]

### **Resistencia al envejecimiento**

Es la resistencia al deterioro por el calor, la luz y el oxígeno durante el uso o en proceso de almacenamiento. [16]

### **Elasticidad**

Es la cualidad de un material para regresar a su estado original después de ceder la tensión que lo altero. [16]

### **Resistencia al desgarre**

Es la fuerza mínima para desgarrar una probeta de una pulgada de espesor bajo condiciones determinadas. [16]

**Tabla N° 4.** Propiedades mecánicas del Caucho Natural y del Polibutadieno

		Caucho Natural	Polibutadieno
Propiedades Generales	Adhesión a Metales	Excelente	Excelente
	Adhesión a Tejidos	Excelente	Buena
	Rango de Temperatura de Trabajo (° C)	-20 a 80° C	-10 a 80° C
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Abrasión	Buena	Buena - Excelente
	Resistencia a la Flexión	Buena - Excelente	Buena
	Resistencia al Desgarre	Excelente	Pobre
	Resistencia al Impacto	Excelente	Excelente
	Envejecimiento a 100° C	Pobre - Buena	Buena
	Elasticidad a 100° C	Buena	Buena
	Resistencia a la Llama	No Usar	Casos Especiales

**Fuente:** D. Fuentes, “Obtención de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando resina de mortero de uretano”, Tesis de Título, Ingeniera Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador 2014. [16]

### Usos tras el reciclado

Los materiales que se obtienen después del tratamiento de los residuos de neumático, pueden tener varios usos. A partir del triturado del caucho pueden obtenerse productos plásticos, también pueden fabricarse suelas de zapatos, alfombras, aislantes de vehículos cascos de motoristas y otros productos con la adición de ligantes tipo termoplásticos. [17]

Con un sistema de curado y un adecuado ligante se elaboran productos moldeados por compresión, aunque las propiedades son inferiores a las del caucho natural pero económicamente es ventajoso. En fin las utilidades que se les puede dar son varias y crecen con el pasar de los años. [17]

## **2.2 HIPÓTESIS**

La inclusión de polímero reciclado (caucho) ayudara a mejorar las propiedades mecánicas de una sub base

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTES**

### **2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Polímero reciclado (caucho)

### **2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Propiedades mecánicas de una sub base

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **INVESTIGACIÓN APLICADA**

Es una investigación aplicada ya que se pondrá en práctica todos los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, especialmente en la materia de Mecánica de Suelos, y los resultados obtenidos servirán como guía para las nuevas generaciones.

##### **INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL**

La presente investigación es de tipo experimental debido a que debemos realizar varios ensayos de PROCTOR MODIFICADO y CBR con Sub base y con adición de caucho reciclado en diferentes porcentajes, para así obtener el porcentaje óptimo del polímero que se debe adicionar en una sub base para que aumente su resistencia.

##### **INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO**

Es de laboratorio ya que se desarrollará en un laboratorio que preste las mejores condiciones y que tenga equipos necesarios y en buen estado para realizar los ensayos correspondientes para este propósito.

### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población o universo no se determinan debido a que es una investigación experimental. El espécimen está constituido por el número de ensayos, en esta investigación se realizaran cilindros con Sub base (clase 3) sin caucho y con adición del mismo, pero para obtener datos más eficientes se tomaran tres muestras por cada porcentaje de adición de caucho, obteniendo un total de 70 muestras. Esto nos ayudara para saber cuál es el porcentaje óptimo de adición de caucho.

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1 Variable dependiente

Polímero reciclado (caucho)

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
El caucho es un material de reutilización con el fin de crear nuevos productos	Caucho	Características del caucho	¿Cuáles son las características del caucho para ser empleado en mezclas con sub base?	Investigación bibliográfica y normas ASTM
		Cantidad de caucho	¿Cuál es el porcentaje óptimo para lograr una resistencia optima en una sub-base?	Investigación de laboratorio y experimental

**Tabla N° 5.** Operacionalización de la Variable Independiente

### 3.3.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas de una sub base

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Es un conjunto de características que nos permite saber el comportamiento de los diferentes suelos. Resistencia al Corte propiedad de un terreno que permite resistir el desplazamiento entre las partículas del mismo al ser sometido a una fuerza externa.	Propiedades mecánicas	Desgaste de abrasión Límites Atterberg Compactación CBR	¿Qué propiedades mecánicas se deben analizar para medir la resistencia de una sub-base?	Investigación bibliográfica, experimental y normas AASTHO

**Tabla N° 6.** Operacionalización de la Variable Dependiente

**Tabla N° 6.**

### 3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para mejorar el comportamiento de las propiedades mecánicas al incluir polímero reciclado en una sub-base
2. ¿De qué personas u objetos?	De mezclas de sub-base elaboradas con varios porcentajes de caucho
3. ¿sobre qué aspectos?	Influencia del material reciclado en las propiedades mecánicas de una sub base
4. ¿Quién?	Juan Gabriel Laica Moposita
5. ¿Dónde?	Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato
6. ¿Cómo?	Mediante Ensayos de Laboratorio

**Tabla N° 7.** Recolección de información

### **3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

#### **3.5.1 Plan de Procesamiento de la Información**

- Revisión de la información recolectada.
- Tabulación de datos de acuerdo a las variables de la hipótesis
- Representación gráfica de los datos obtenidos en el Laboratorio

#### **3.5.2 Plan de Análisis e Interpretación de Resultados**

- Interpretar los resultados tomando en cuenta a los objetivos y la hipótesis.
- Verificación de la hipótesis
- Determinación de conclusiones y recomendaciones.



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTREPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la elaboración de este tema, se procederá a realizar ensayos a una sub base clase 3 procedentes de la Cantera de Alvarado Ortiz, y de igual manera al polímero reciclado (caucho), con la finalidad de establecer si la adición de caucho en una sub base ayudará a mejorar las propiedades mecánicas.

Se realizaron los respectivos ensayos basándose en las normas AASHTO Y ASTM para la obtener los resultados.

##### 4.1.1 Ensayos realizados a la Sub base



Los ensayos realizados son los siguientes:

- Granulometría
- Límites Atterberg
- Desgaste de Abrasión
- Compactación
- CBR.

##### *4.1.1.1 Análisis granulométrico de los agregados de una Sub-base*

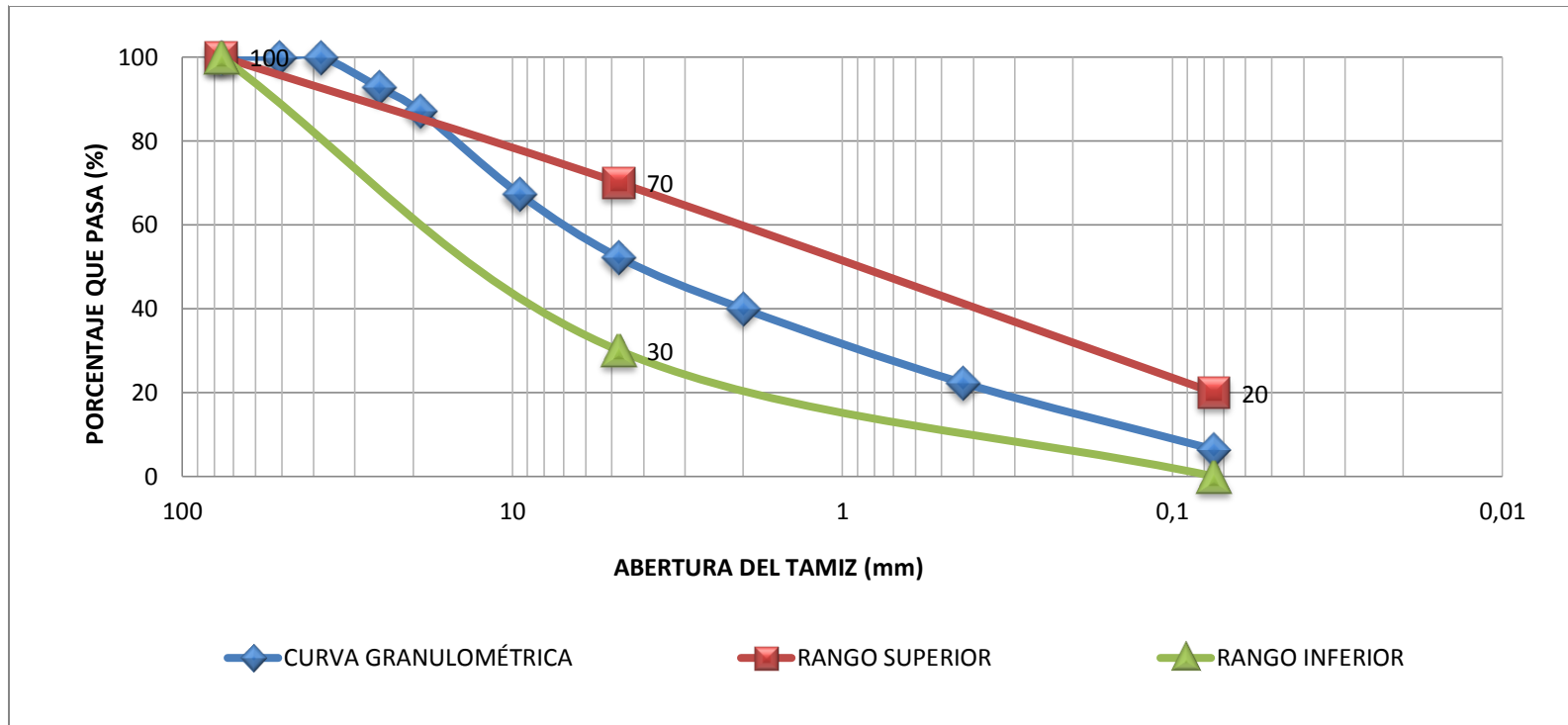
Para la realizar este ensayo se procede a tamizar la Sub base clase 3 por los diferentes tamices con el fin de verificar si el material cumple con las normas establecidas, para este análisis granulométrico se ocupa la normas AASHTO T-87-70 y ASTM D 421-58.

**Tabla N° 8. Granulometría de una Sub base**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS							
Norma:		AASHTO T-87-70					
Cantera:		Alvarado Ortiz					
Ensayado por:		Juan Gabriel Laica Moposita					
Fecha:		Lunes, 01 agosto de 2016					
TAMIZ #	ABERTURA (mm)	PESO RET/ACUM. (gr)	% PESOS RETENIDOS	% QUE PASA	SUB BASE CLASE 3		
3"	76,2	0,00	0,00	100,00	100	100	
2"	50,80	0,00	0,00	100,00			
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00			
1"	25,40	652,00	7,24	92,76			
3/4"	19,05	1163,00	12,92	87,08			
3/8"	9,53	2942,00	32,69	67,31			
#4	4,76	4301,00	47,79	52,21	30	70	
PASA #4		4699,00	52,21				
#10	2,00	220,00	12,26	39,95			
#40	0,43	538,00	29,98	22,23			
#200	0,075	822,00	45,80	6,41	0	20	
PASA #200		115,00	6,41				
TOTAL		9000,00					
PESO CUARTEO (gr)		937,00					
Cc=		0.21					

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

**Gráfico N° 4.** Curva Granulométrica de una Sub base



Fuente: Egdo. Juan Laica

### Interpretación de la Curva Granulométrica.



Después de haber realizado el ensayo respectivo y mediante la obtención de los resultados se grafica la curva granulométrica y podemos decir que la muestra está mal graduada debido a que el coeficiente de curvatura es menor de 1

#### 4.1.1.2 Límites de Atterberg

#### Ensayo del Límite Líquido

Para la obtención de este límite se lo realiza entre el Número de golpes de la Copa de Casa Grande y el Contenido de Humedad permitiendo graficar la Curva de Ecurrimiento.

**Tabla N° 9. Límite Líquido**

 	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES LÍQUIDO	
<b>CANTERA:</b>	Alvarado Ortiz
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita
<b>FECHA:</b>	Martes,02 Agosto de 2016
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90-70Y ASTM D 424-71
Golpes #	13                      25                      38                      56
Recipiente #	25    35    21    32    12    29    26    2
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	11,10   11,50   10,80   11,40   10,80   11,30   11,10   11,00
Peso Húmedo + rec ( <b>Wm+rec</b> )	37,10   36,90   33,00   29,40   27,70   34,30   28,00   34,00
Peso Seco + rec ( <b>Ws+rec</b> )	31,00   30,90   28,90   26,20   25,30   30,50   25,90   31,20
Peso Agua ( <b>Ww</b> )	6,10    6,00    4,10    3,20    2,40    3,80    2,10    2,80
Peso del Suelo ( <b>Ws</b> )	19,90   19,40   18,10   14,80   14,50   19,20   14,80   20,20
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	30,65   30,93   22,65   21,62   16,55   19,79   14,19   13,86
Promedio w%	30,79                      22,14                      18,17                      14,03

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

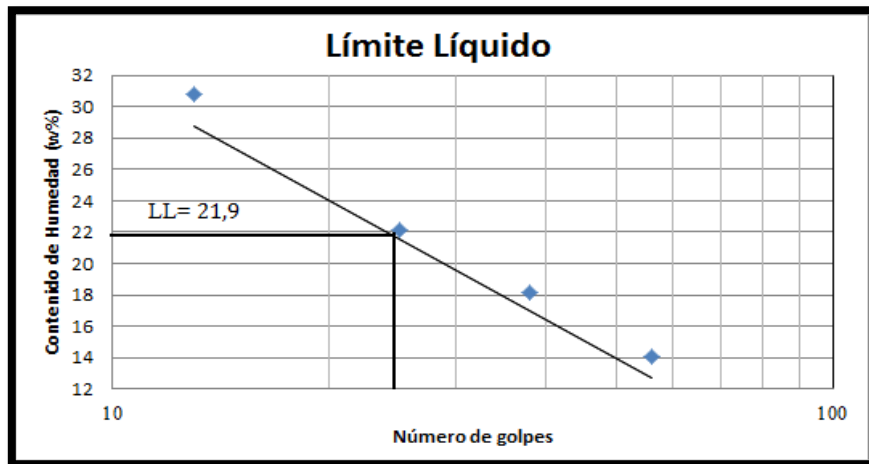
Este ensayo se lo realiza según la norma AASHTO T-90-70 Y ASTM D 424-71 y se lo detalla a continuación

- Proceder a tamizar el agregado finos por sus respectivas mallas según su norma
- Tomar una muestra del material que pasa el tamiz #40.

- Colocar la muestra en la bandeja de evaporación y mezclar con agua hasta alcanzar una mezcla uniforme.
- Colocar una pequeña cantidad de mezcla en la copa de Casagrande, se aplasta el material con la espátula. y con la ayuda de acanalador dividir la muestra en la mitad.
- Hacer rotar la palanca, hasta lograr unir la muestra en 12 mm en la parte inferior y se registra los números de golpes.
- Tomar dos rebanadas de muestra de la copa de Casa Grande, colocar las muestras en sus respectivos recipientes antes pesados, pesar el recipiente con la muestra húmeda, luego llevar al horno a una temperatura de 110 °C y finalmente pesar el material para realizar los cálculos respectivos.
- Este procedimiento se lo realiza unas dos veces más.

<p><b>Gráfico N° 5.</b> Colocación de la muestra en la copa de casa grande.</p>	<p><b>Gráfico N° 6.</b> Muestra uniforme en la capsula de evaporación</p>
	
<p><b>Fuente:</b> Egdo. Juan Laica</p>	<p><b>Fuente:</b> Egdo. Juan Laica</p>

**Gráfico N° 7. Determinación Límite Líquido**



**Fuente:** Egdo. Juan Laica

### **Interpretación Límite Líquido.**

Los Límites Atterberg cumplen con los parámetros establecidos en la norma ya que se obtuvo un Límite Líquido menor a 25, el valor obtenido en este caso es de 21.9.



Este límite se trabaja con cuatro puntos diferentes de contenido de humedad y con los números de golpes necesarios para cerrar la sección, llevar estos resultados a un diagrama semilogarítmico y establecer una línea de tendencia lineal, el contenido de humedad es la intersección con la ordenada de 25 golpes.[11]

### **Límite Plástico.**

Este Límite se determina haciendo pequeños rollitos de muestra con la ayuda de los dedos hasta que alcanzar un diámetro de 3 mm, cuando tienen una pequeña cantidad de agua empieza a desmoronarse. [7]

Para obtener estos datos se basó en la norma AASHTO T-90-70 Y ASTM D 424-59-74

**Tabla N° 10. Límite Plástico**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
<b>CANTERA:</b>	Alvarado Ortiz
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita
<b>FECHA:</b>	Martes, 02 Agosto de 2016
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-90-70Y ASTM D 424-59-74
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	
Recipiente #	43      44      11      22      42
Peso Recipiente ( <b>rec</b> )	6,0      6,0      6,1      6,0      6,2
Peso Húmedo + rec ( <b>Wm+rec</b> )	7,9      7,3      7,7      7,8      8,3
Peso Seco + rec ( <b>Ws+rec</b> )	7,6      7,1      7,4      7,5      7,9
Peso Agua ( <b>Ww</b> )	0,3      0,2      0,3      0,3      0,4
Peso del Suelo ( <b>Ws</b> )	1,6      1,1      1,3      1,5      1,7
Contenido de Humedad ( <b>w%</b> )	18,8      18,2      23,1      20,0      23,5
Promedio w%	20,7
<b>LÍMITES ATTERBERG</b>	
Límite Líquido	21,9
Límite Plástico	20,7
Índice Plástico	1,2

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

### Índice Plástico

Se lo obtiene de la resta del Límite Líquido y el Límite Plástico

$$I_p = LL - LP$$

$$I_p = 21.9 - 20.7$$

$$I_p = 1.2$$

El valor obtenido del índice plástico es de 1.2 por consiguiente se puede decir que está dentro de los valores establecidos por norma ya que debe de ser menor que 6.

### 4.1.1.3 DESGASTE DE ABRASIÓN

Para la ejecución este ensayo se determina de acuerdo a la norma ASTM C 535

**Tabla N° 11.** Pesos y Granulometrías

Tamaño del Tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para el ensayo (g)		
Pasa	Retiene	E	F	G
75 mm(3")	63 mm (2 ½")	2500 ± 50		
63 mm (2 ½")	50 mm (2")	2500 ± 50		
50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	5000 ± 50		
37.5 mm (1 ½")	25 mm ( 1")		5000 ± 50	5000 ± 25
25 mm ( 1")	19mm (3/4")		5000 ± 25	5000 ± 25
		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50



**Fuente:** Instituto de Construcción y Gerencia, *Manual Ensayos de Materiales*, 2002 [10]

#### Procedimiento.

- La muestra para el ensayo se obtendrá separando el material mediante el tamizado
- Se lavará el material y lo llevará a un horno a una temperatura de 110°C
- Se debe de pesar 10000 g de muestra seca aproximadamente como indica la Tabla N° 10 y conjuntamente con la carga abrasiva se la lleva a la máquina de los ángeles donde va a girar a una velocidad entre 30 y 33 rpm, hasta completar 1000 revoluciones.
- Se extrae el material de la máquina y se tamiza por el tamiz #12, la muestra que retiene el tamiz se lava para liberarla de costras o de polvo, luego este espécimen se lleva al horno hasta que obtenga un peso constante.
- Pesar la muestra sacada del horno



**Tabla N° 12.** Desgaste de Abrasión

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>DESGASTE DE ABRASIÓN</b>		
<b>CANTERA:</b>	Alvarado Ortiz	
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita	
<b>FECHA:</b>	Miercoles, 03 Agosto de 2016	
<b>NORMAS:</b>	ASTM C535	
Peso Inicial Muestra Seca	10000	
Material Retenido Tamiz # 12	7908	
% DESGASTE	20,92	



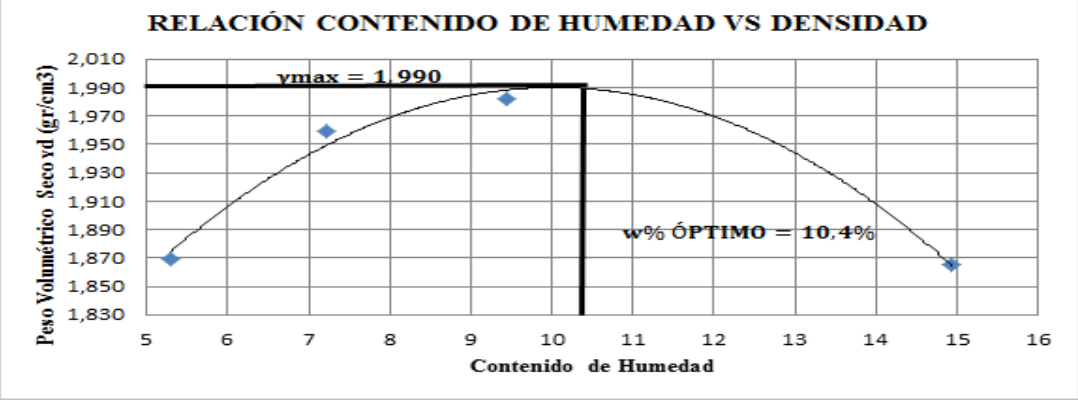
**Fuente:** Egdo. Juan Laica

El valor obtenido está dentro del valor normado ya que es menor que el 50% el desgaste del agregado grueso.

#### ***4.1.1.4 COMPACTACIÓN***

El objetivo de este ensayo es obtener los datos de la máxima densidad y el contenido humedad óptimo. Este contenido de humedad es aquel que servirá para trabajar el CBR, siguiendo los parámetros establecidos en la norma AASHTO T-180 Proctor Modificado.

**Tabla N° 13. Compactación de una sub base**

 								
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"</b>								
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Jueves, 04 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13194	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2358,96	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	17838	18150	18310	18252				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4644	4956	5116	5058				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,969	2,101	2,169	2,144				
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	50	41	11	17	16	19	33	42
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	26,10	24,60	26,80	24,60	24,40	24,20	24,20	25,20
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	138,20	161,60	146,20	157,90	120,80	130,60	142,60	141,40
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	132,50	154,80	138,00	149,10	111,10	123,00	126,30	127,20
Peso sólidos W <sub>s</sub>	106,40	130,20	111,20	124,50	86,70	98,80	102,10	102,00
Peso del agua W <sub>w</sub>	5,70	6,80	8,20	8,80	9,70	7,60	16,30	14,20
Cont. Humedad w%	5,36	5,22	7,37	7,07	11,19	7,69	15,96	13,92
Cont. Humedad promedio w%	5,29	7,22	9,44	14,94				
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,870	1,959	1,982	1,865				
<b>3.- DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>								
								
<b>4.- DESCRIPCIÓN DEL GRAFICO</b>								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,990gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 10,4 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

## **Procedimiento para realizar la prueba**

1. Se debe de secar el material en una bandeja grande a la intemperie y se tamiza por la malla correspondiente según el método que se vaya aplicar, en este caso se tamizara todo el material por la malla # 3/4.
2. Se toma una muestra de 24000 gramos y se lo divide el material en cuatro partes iguales para más tarde ser mezclada con agua en diferentes porcentajes, según el tipo de suelo en este caso se utilizó el porcentaje de 3, 6, 9 y 12 de agua debido a que se trabaja con una sub base clase 3.
3. Se coloca la primera muestra en una bandeja y se la mezcla con el primer porcentaje de agua hasta formar una masa húmeda y uniforme esto se lo realiza con la ayuda del palustre.
4. Dividir la muestra húmeda aproximadamente en cinco partes iguales.
5. Pesar el molde destinado para este fin en la balanza sin el collarín, luego llevar el molde a un lugar firme y poner el collarín.
6. Llevar la primera porción mezcla al molde para comenzar con la compactación con la ayuda del martillo, se realizan 56 golpes por cada capa en este caso son cinco capas y la ayuda del martillo se debe de ir compactando en forma de espiral.
7. Al concluir con las cinco capas de la muestra se retira el anillo del molde y con la ayuda de la regla se comienza a enrazar, comprobando la nivelación con la regla
8. Se limpia el material que este fuera del molde y se lo lleva a pesar.



9. Se toma una muestra para el contenido de humedad de la parte superior e inferior, se pesa esta muestra en una balanza de 0.01 gr y se lo lleva al horno a una temperatura de 110°C
10. Volver al siguiente día para retirar el espécimen del horno y ser pesada para obtener los datos requeridos para dicho ensayo.
11. Realizar el mismo procedimiento para las otras tres porciones de material desde el número 4 hasta el 10.

<p><b>Gráfico N° 8.</b> Compactación del material con la ayuda del martillo</p>	<p><b>Gráfico N° 9.</b> Cilindro enrazado y llevado a pesar</p>
	
<p><b>Fuente:</b> Egdo. Juan Laica</p>	<p><b>Fuente:</b> Egdo. Juan Laica</p>

#### 4.1.1.5 DETERMINACIÓN DEL VALOR SOPORTE (CBR)

El propósito de este ensayo es determinar la resistencia del suelo en laboratorio mediante la humedad óptima y diferentes niveles de compactación.

**Tabla N° 14. Compactación (CBR)**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)				
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Lunes, 15 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"			
PESO MUESTRA (gr)	6000	CONT.HUM. ÓPTIMO (%)	10,4			
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Molde N°	3E	2E	1E			
P. Hum+ Molde	21059	20091	21674			
Peso del Molde	15882	15068	16766			
P. Húmedo	5177	5023	4908			
Volumen Muestra	2353,34	2337,98	2374,51			
Densidad Húmeda	2,200	2,148	2,067			
Densidad Seca	1,993	1,939	1,863			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	2	40	6	11	3	42
Húmedo + Recipiente	152,3	139,3	145,7	143	149,5	148,9
P. Seco + Recipiente	140,5	128,2	134	131,6	136,5	137,4
Peso del Recipiente	25,2	23	25,2	26,8	24,3	25,2
Peso del Agua	11,8	11,1	11,7	11,4	11,5	13
Peso de Sólidos	115,3	105,2	108,8	104,8	112,2	112,2
Contenido de Humedad %	10,23	10,55	10,75	10,88	10,25	11,59
Con. Hum. Prom. %	10,39		10,82		10,92	
Variación	0,32		0,12		1,34	

Fuente: Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 15. Ensayo del CBR en condición natural**

Molde Número		1				2				3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Min.	Seg.	mm	plg*10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb/pulg2				lb/pulg2				lb/pulg2			
0	30	0,64	25	143	47,67			102	34,00			63	21,00		
1	0	1,27	50	360	120,00			275	91,67			187	62,33		
1	30	1,91	75	680	226,67			541	180,33			356	118,67		
2	0	2,54	100	1075	358,33	358,33	35,83	864	288,00	288,00	28,80	676	225,33	225,33	22,53
3	0	3,81	150	2178	726,00			1827	609,00			1517	505,67		
4	0	5,08	200	3243	1081,00			2625	875,00			2195	731,67		
5	0	6,35	250	4246	1415,33			3525	1175,00			2988	996,00		
6	0	7,62	300	5064	1687,93			4170	1390,00			3544	1181,33		
8	0	10,16	400	6442	2147,33			5548	1849,33			4773	1591,00		
10	0	12,7	500	7850	2616,67			6827	2275,67			5919	1973,00		
<b>CBR Corregido</b>							35,83				28,80				22,53

DENSIDADES				RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE D.MAX		CBR PUNTUAL	
	1,993	gr/cm3		35,83	%		1,990		gr/cm3		
	1,939	gr/cm3		28,80	%		1,891		gr/cm3		
	1,863	gr/cm3		22,53	%					25	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
 ENSAYO C.B.R.



**MINA:** Alvarado Ortiz  
**ENSAYADO POR:** Juan Gabriel Laica Moposita  
**FECHA:** Lunes, 15 Agosto de 2016  
**MATERIAL:** Sub base, clase 3

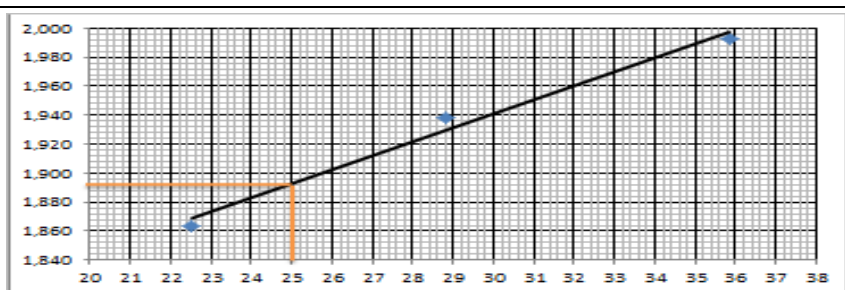
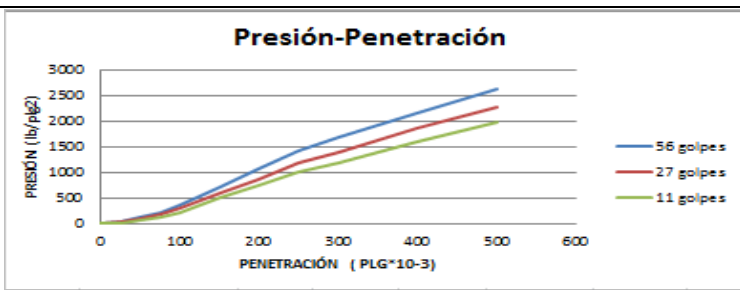
**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)

ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2

NORMA: ASTM D-1883

VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 plg/min)



Fuente: Egd. Juan Laica

Este ensayo se realiza de la siguiente manera:

– **Preparación de la muestra**

Este ensayo será sin esponjamiento:

Se escoge la muestra que se va ensayar y se la seca al aire libre, esta muestra debe de pasar el tamiz  $\frac{3}{4}$ " (19.05mm) descargando el material retenido. Una vez obtenida la muestra, se divide en 3 porciones de 6 kg cada una.

Este espécimen se mezcla con el contenido de humedad óptimo encontrado en el Proctor Modificado, con la ayuda del palustre se mezcla hasta que el material este húmedo.

Luego de haber verificado el volumen y el peso del molde se coloca el disco espaciador y sobre este una hoja de papel filtro. Se realizan 5 capas de compactación con la muestra húmeda, utilizando para cada porción una distinta energía de compactación, cada cilindro se compactará con 57, 27, y 11 golpes.


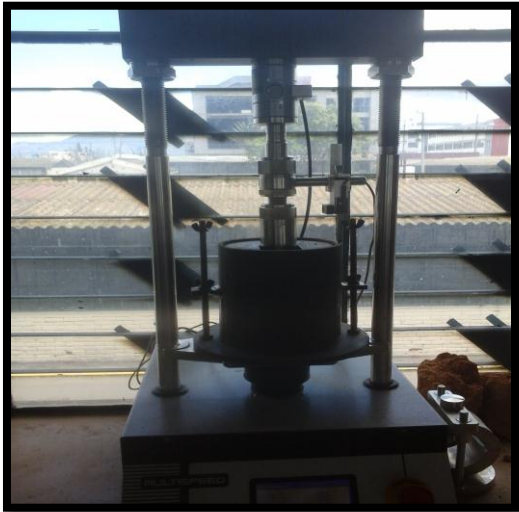
Finalizada la compactación se retira el collarín y se enraza el molde, se retira la placa base y el disco espaciador para ser pesado el molde con el espécimen compactado.

– **Determinación de la resistencia**

Sobre la placa base perforada se coloca el molde en sentido invertido, sobre esto se debe de colocar la placa metálica y una sobrecarga para finalmente ser llevado a la máquina de ensayo.

Se apoya el pistón de penetración con una carga lo más pequeña posible y se pone los diales lectura de tensión y deformación en cero para la relación carga- penetración. La velocidad de carga será de 0.05 pulg/min [11]

Se debe anotar las lecturas de carga que da la máquina de ensayo, para finalmente realizar los cálculos pertinentes para determinar la gráfica densidad máxima vs CBR.

<b>Gráfico N° 10.</b> Muestras de 56, 27 y 11 golpes lista para ser ensayada	<b>Gráfico N° 11.</b> Prensa de carga penetrando una muestra.
	
<b>Fuente:</b> Egdo. Juan Laica	<b>Fuente:</b> Egdo. Juan Laica





## 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según los datos obtenidos en el laboratorio, el valor del desgaste de abrasión es de 20.92 %, lo cual significa que cumple con la norma especificada, ya que este valor está dentro de lo permisible por norma.

El CBR, que se obtuvo es de 25% por consiguiente es valor no está dentro del parámetro establecido en la norma correspondiente ya que el aceptable no debe de ser menor de 30%.

**Tabla N° 16.** Ensayos realizados en material en condición natural

 <div style="text-align: center;">           UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO            FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA            CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL         </div> 						
ENSAYOS						
Norma	Ensayo	Datos Normados		Datos Obtenidos		Comentario
AASTHO T-87-70 AASTHO T-88-70	Granulometría	76,2 mm	100%	76,2 mm	100%	Si Cumple
		4,75 mm	30-70%	4,75 mm	52,21%	
		0,075 mm	0-20%	0,075 mm	6,41%	
AASTHO T-90-70	Límite Líquido	≤ 25		21,9		Si Cumple
AASTHO T-90-70	Índice Plástico	≤ 6		1,19		Si Cumple
ASTM C 531	Desgaste de Abrasión	≤ 50		20,92		Si Cumple
ASTM D-1883	CBR	≥ 30%		25%		No Cumple

Fuente: Egdo. Juan Laica



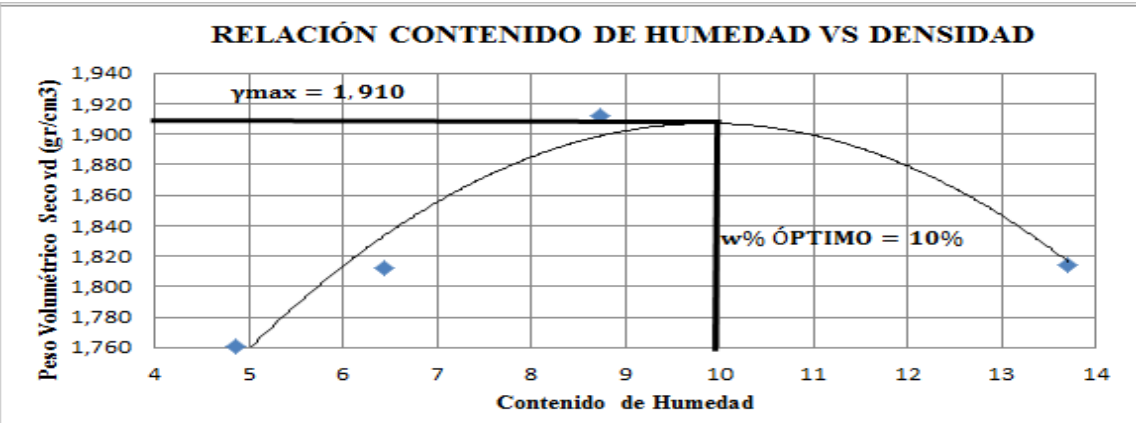
Los valores alcanzados mediante la ejecución del ensayo de Proctor Modificado y CBR a una sub base clase 3 con distintos porcentajes de caucho se detallarán a continuación.

La comparación entre los resultados nos ayudará a determinar si son útiles en dicho estado.

#### 4.2.1. Resultados de los ensayos de Compactación con adición de caucho 3%

##### 4.2.1.1 Resultados primera muestra.



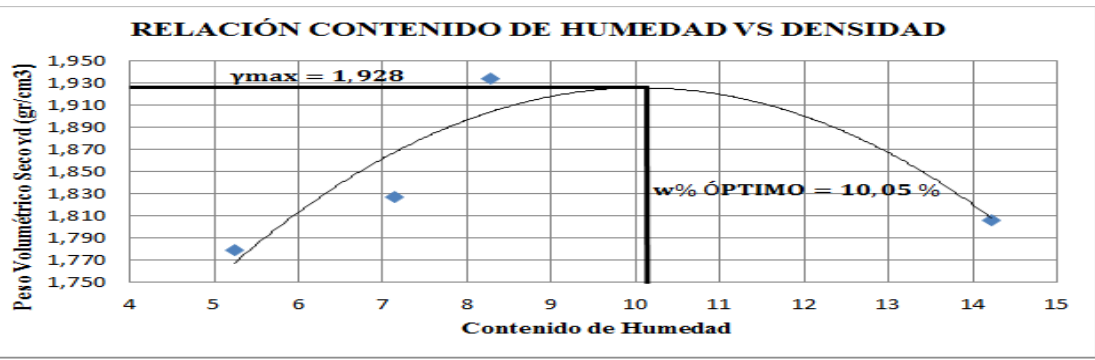
Tabla N° 17. Ensayos compactación 3% Caucho muestra 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"						
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Jueves, 04 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13198	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2365,38	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	17566	17760	18116	18078				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4368	4562	4918	4880				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,847	1,929	2,079	2,063				
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	28	29	9	7	32	38	6	7
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	30,50	33,70	30,30	32,50	24,30	23,30	25,20	24,20
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	181,70	196,10	164,20	191,20	136,60	149,60	138,50	144,10
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	174,30	189,00	155,00	182,90	127,00	140,10	124,50	130,00
Peso sólidos W <sub>s</sub>	143,80	155,30	124,70	150,40	102,70	116,80	99,30	105,80
Peso del agua W <sub>w</sub>	7,40	7,10	9,20	8,30	9,60	9,50	14,00	14,10
Cont. Humedad w%	5,15	4,57	7,38	5,52	9,35	8,13	14,10	13,33
Cont. Humedad promedio w%	4,86		6,45		8,74		13,71	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,761		1,812		1,912		1,814	
								
4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,910 gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 10,0 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								

Fuente: Egd. Juan Laica

4.2.1.2 Resultados segunda muestra.



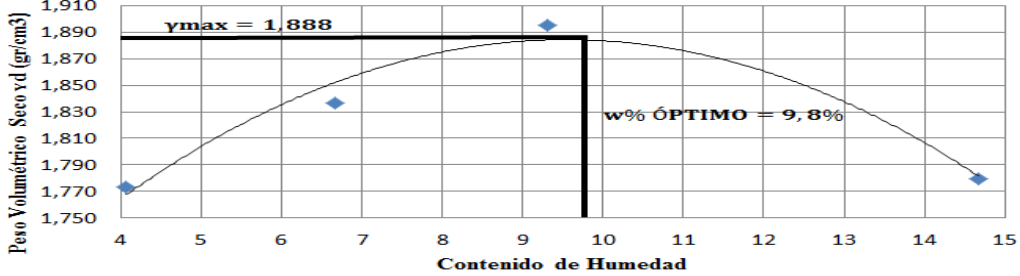
**Tabla N° 18.** Ensayos compactación 3% Caucho muestra 2

 								
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"								
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Jueves, 04 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15065	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2337,98	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	19444	19641	19962	19890				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4379	4576	4897	4825				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,873	1,957	2,095	2,064				
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	28	37	8	15	40	48	3	13
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	26,40	26,60	24,80	26,90	23,00	25,70	24,30	23,70
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	146,00	148,10	148,80	148,35	136,80	153,20	153,90	159,20
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	141,00	141,10	140,30	140,50	126,00	145,90	137,50	142,60
Peso sólidos W <sub>s</sub>	114,60	114,50	115,50	113,60	103,00	120,20	113,20	118,90
Peso del agua W <sub>w</sub>	5,00	7,00	8,50	7,85	10,80	7,30	16,40	16,60
Cont. Humedad w%	4,36	6,11	7,36	6,91	10,49	6,07	14,49	13,96
Cont. Humedad promedio w%	5,24		7,13		8,28		14,22	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,780		1,827		1,934		1,807	
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD 								
4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,928 gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 10,05 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								

Fuente: Egdo. Juan Laica

4.2.1.3 Resultados tercera muestra.

Tabla N° 19. Ensayos compactación 3% Caucho muestra 3



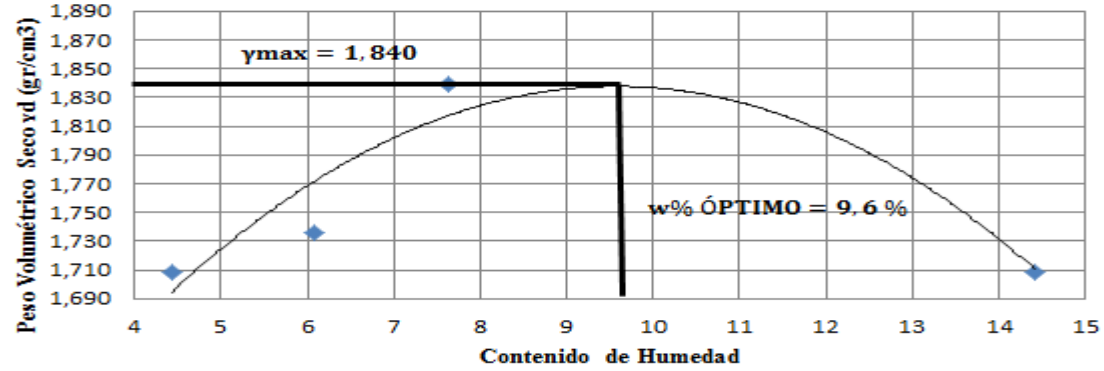
 								
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"</b>								
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Jueves, 04 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15067	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2337,98	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	19382	19648	19911	19839				
Peso del suelo húmedo W <sub>m</sub> (gr)	4315	4581	4844	4772				
Peso unitario húmedo γ <sub>m</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,846	1,959	2,072	2,041				
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	15	17	25	36	1	18	21	36
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	33,00	30,30	32,20	34,70	24,90	24,00	25,80	24,50
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	187,40	206,30	154,30	180,00	131,90	134,20	134,10	145,80
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	181,30	199,50	146,10	171,60	122,60	125,00	120,50	130,00
Peso sólidos W <sub>s</sub>	148,30	169,20	113,90	136,90	97,70	101,00	94,70	105,50
Peso del agua W <sub>w</sub>	6,10	6,80	8,20	8,40	9,30	9,20	13,60	15,80
Cont. Humedad w%	4,11	4,02	7,20	6,14	9,52	9,11	14,36	14,98
Cont. Humedad promedio w%	4,07	6,67	9,31	14,67				
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1,773	1,837	1,895	1,780				
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								
<b>4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO</b>								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,888 gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 9,8 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								

Fuente: Egdo. Juan Laica

## 4.2.2. Resultados de los ensayos de Compactación con adición de caucho 6%



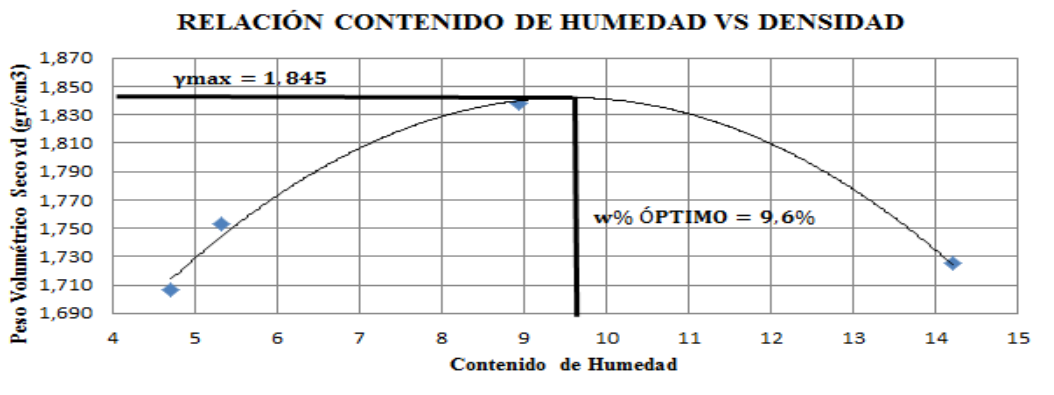
### 4.2.2.1 Resultados primera muestra

**Tabla N° 20.** Ensayos compactación 6% Caucho muestra 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"						
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Lunes, 08 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13202	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2374,51	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	17439	17575	17904	17845				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4237	4373	4702	4643				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,784	1,842	1,980	1,955				
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	8	15	16	28	39	45	40	48
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24,80	26,90	26,40	26,40	27,70	26,10	23,10	25,70
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	149,20	150,10	140,90	136,00	139,70	151,40	128,10	151,20
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	143,50	145,30	134,90	129,20	132,20	142,00	113,70	136,80
Peso sólidos W <sub>s</sub>	118,70	118,40	108,50	102,80	104,50	115,90	90,60	111,10
Peso del agua W <sub>w</sub>	5,70	4,80	6,00	6,80	7,50	9,40	14,40	14,40
Cont. Humedad w%	4,80	4,05	5,53	6,61	7,18	8,11	15,89	12,96
Cont. Humedad promedio w%	4,43		6,07		7,64		14,43	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,709		1,736		1,840		1,709	
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD								
								
4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,840 gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 9,6 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								
Fuente: Egdo. Juan Laica								

#### 4.2.2.2 Resultados segunda muestra



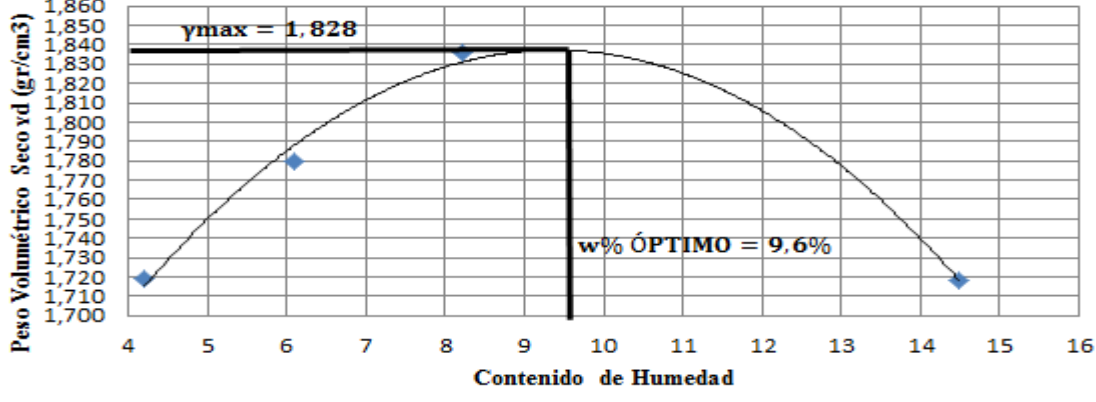
**Tabla N° 21. Ensayos compactación 6% Caucho muestra 2**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"						
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Lunes, 08 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15074 gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2337,98 cm <sup>3</sup>			
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	19252	19391	19754	19680				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4178	4317	4680	4606				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,787	1,846	2,002	1,970				
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	11	37	19	41	17	50	33	43
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	26,70	26,60	24,20	24,70	24,50	21,60	24,10	23,70
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	154,20	159,80	153,90	146,20	140,40	142,70	150,80	134,40
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	148,10	154,20	146,90	140,50	130,40	133,30	135,20	120,50
Peso sólidos W <sub>s</sub>	121,40	127,60	122,70	115,80	105,90	111,70	111,10	96,80
Peso del agua W <sub>w</sub>	6,10	5,60	7,00	5,70	10,00	9,40	15,60	13,90
Cont. Humedad w%	5,02	4,39	5,70	4,92	9,44	8,42	14,04	14,36
Cont. Humedad promedio w%	4,71		5,31		8,93		14,20	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,707		1,753		1,838		1,725	
RELACION CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD								
								
4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,845 gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 9,6 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								

Fuente: Egdo. Juan Laica

4.2.2.3 Resultados tercera muestra

Tabla N° 22. Ensayos compactación 6% Caucho muestra 3



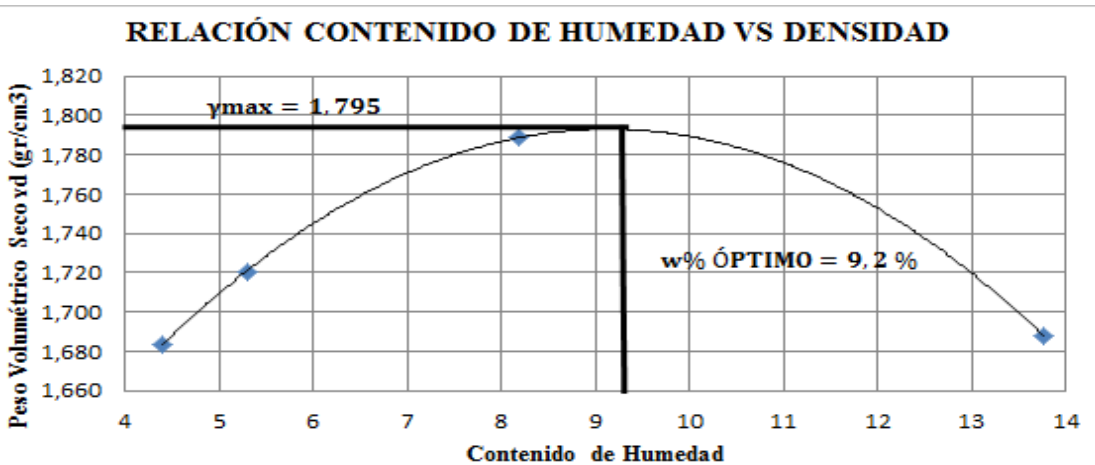
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D" 								
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Lunes, 08 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13202	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2374,51	cm3		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	17456	17686	17920	17872				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4254	4484	4718	4670				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm3)	1,792	1,888	1,987	1,967				
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	8	15	16	28	39	45	40	48
Peso del recipiente $W_r$	24,80	26,90	26,40	26,40	27,70	26,10	23,10	25,70
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	149,20	150,10	140,90	136,00	139,70	151,40	128,10	151,20
Rec + suelo seco $W_r+W_s$	144,20	145,10	133,50	130,50	132,30	140,70	114,30	135,70
Peso sólidos $W_s$	119,40	118,20	107,10	104,10	104,60	114,60	91,20	112,00
Peso del agua $W_w$	5,00	5,00	7,40	5,50	7,40	10,70	13,80	15,50
Cont. Humedad w%	4,19	4,23	6,91	5,28	7,07	9,34	15,13	13,84
Cont. Humedad promedio w%	4,21		6,10		8,21		14,49	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm3)	1,719		1,780		1,836		1,718	
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD								
								
4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,828 gr/cm3, con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 9,6 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								

Fuente: Egd. Juan Laica

### 4.2.3. Resultados de los ensayos de Compactación con adición de caucho 9%.

#### 4.2.3.1 Resultados primera muestra.



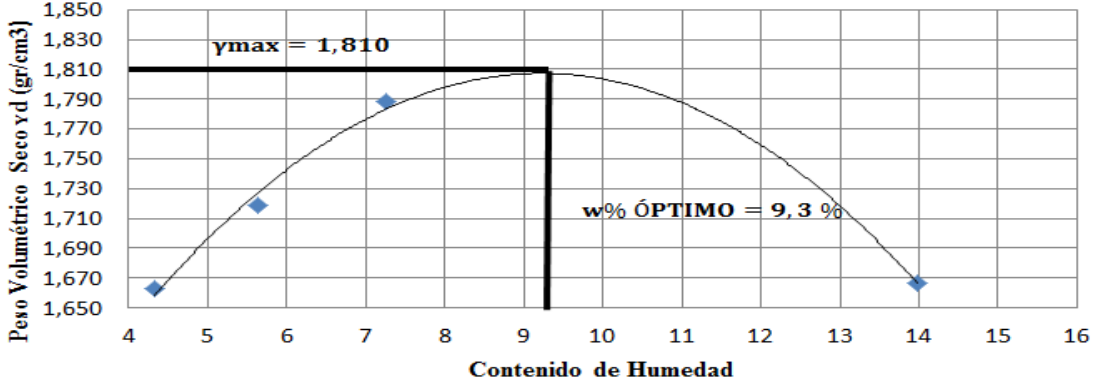
**Tabla N° 23.** Ensayos compactación 9% Caucho muestra 1

 								
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"</b>								
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Martes, 09 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15880	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2353,34	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000		6000		6000	6000		
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	20017	20144	20435	20399				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4137	4264	4555	4519				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,758	1,812	1,936	1,920				
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	1	2	3	8	15	18	25	36
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24,80	25,20	24,30	24,80	33,00	30,60	32,10	34,70
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	148,10	149,20	142,00	132,30	177,00	161,70	200,10	211,20
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	142,30	144,60	136,60	126,40	168,00	150,10	178,30	191,40
Peso sólidos W <sub>s</sub>	117,50	119,40	112,30	101,60	135,00	119,50	146,20	156,70
Peso del agua W <sub>w</sub>	5,80	4,60	5,40	5,90	9,00	11,60	21,80	19,80
Cont. Humedad w%	4,94	3,85	4,81	5,81	6,67	9,71	14,91	12,64
Cont. Humedad promedio w%	4,39		5,31		8,19		13,77	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,684		1,721		1,789		1,688	
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								
<b>4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO</b>								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,795 gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 9,2 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								
Fuente: Egd. Juan Laica								





4.2.3.2 Resultados segunda muestra

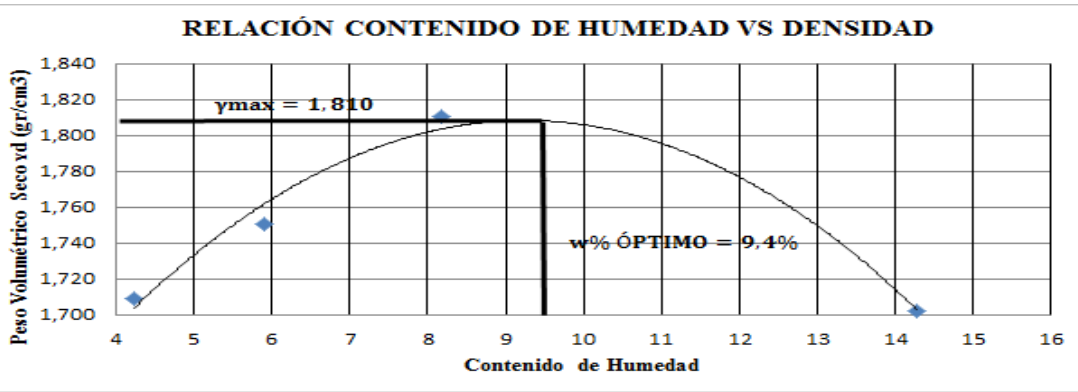
Tabla N° 24. Ensayos compactación 9% Caucho muestra 2

 								
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D"								
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Martes, 09 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
<b>ESPECIFICACIONES</b>								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15060	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2337,98	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	19117	19305	19544	19501				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4057	4245	4484	4441				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,735	1,816	1,918	1,900				
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	17	24	8	22	32	33	15	37
Peso del recipiente Wr	30,30	32,80	31,70	33,10	24,30	24,10	27,00	26,60
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	206,70	200,20	166,30	184,60	142,90	134,50	152,00	160,30
Rec + suelo seco Wr+Ws	199,50	193,10	159,20	176,40	136,00	126,00	136,50	144,10
Peso sólidos Ws	169,20	160,30	127,50	143,30	111,70	101,90	109,50	117,50
Peso del agua Ww	7,20	7,10	7,10	8,20	6,90	8,50	15,50	16,20
Cont. Humedad w%	4,26	4,43	5,57	5,72	6,18	8,34	14,16	13,79
Cont. Humedad promedio w%	4,34		5,65		7,26		13,97	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,663		1,719		1,788		1,667	
<b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b>								
								
<b>4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO</b>								
La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,810 gr/cm <sup>3</sup> , con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 9,3 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico								
<b>Fuente:</b> Egdo. Juan Laica								

4.2.3.3 Resultados tercera muestra.

**Tabla N° 25. Ensayos compactación 9% Caucho muestra 3**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "D" 								
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz							
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita							
<b>FECHA:</b>	Martes, 09 Agosto de 2016							
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3							
<b>NORMAS:</b>	AASHTO T-180							
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15887	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del molde	2353,34	cm <sup>3</sup>		
Proceso Inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	3	6	9	12				
P.molde+Suelo húmedo (gr)	20080	20250	20495	20465				
Peso del suelo húmedo Wm (gr)	4193	4363	4608	4578				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,782	1,854	1,958	1,945				
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	6	11	28	45	7	19	38	43
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	25,20	26,80	26,40	26,10	24,20	24,20	23,30	23,70
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	151,90	154,10	135,40	146,60	131,80	126,80	157,80	146,80
Rec + suelo seco W <sub>r</sub> +W <sub>s</sub>	146,10	149,60	128,50	140,80	122,20	120,50	141,00	131,40
Peso sólidos W <sub>s</sub>	120,90	122,80	102,10	114,70	98,00	96,30	117,70	107,70
Peso del agua W <sub>w</sub>	5,80	4,50	6,90	5,80	9,60	6,30	16,80	15,40
Cont. Humedad w%	4,80	3,66	6,76	5,06	9,80	6,54	14,27	14,30
Cont. Humedad promedio w%	4,23	5,91	8,17	14,29				
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,709	1,751	1,810	1,702				
4.- DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO								
<p>La máxima densidad alcanzada según el gráfico es de =1,810 gr/cm<sup>3</sup>, con la cual se obtiene un contenido de humedad óptimo de 9,4 %, los datos pueden variar un poco cuando se traza el gráfico</p>								





Fuente: Egdo. Juan Laica

#### 4.2.4. Ensayos de CBR con 3% de caucho

##### 4.2.4.1 Primera muestra

**Tabla N° 26.** Ensayos compactación (CBR) 3% Caucho muestra 1

 <div style="text-align: center;">           UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO            FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA            CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL            ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)         </div> 						
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Lunes, 15 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:			10 lb	
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:			18"	
PESO MUESTRA (gr)	6000	CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)			10	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Molde N°	3E	2E	1E			
P. Hum+Molde	20879	19845	17850			
Peso del Molde	15881	15064	13192			
P. Húmedo	4998	4781	4658			
Volumen Muestra	2353,34	2337,98	2374,51			
Densidad Húmeda	2,124	2,045	1,962			
Densidad Seca	1,927	1,839	1,751			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	10	12	22	24	26	45
P. Húmedo + recipiente	129,5	127,2	135,3	125,8	135,2	123
P. Seco + Recipiente	120	117,2	124,4	115,7	123,4	112,5
Peso del Recipiente	22,8	23,4	26,1	26,2	24	26,6
Peso del Agua	9,5	10	10,9	10,1	11,8	10,5
Peso de Sólidos	97,2	93,8	98,3	89,5	99,4	85,9
Contenido de Humedad %	9,77	10,66	11,09	11,28	11,87	12,22
Con. Hum. Prom. %	10,22		11,19		12,05	
Variación	0,89		0,20		0,35	

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

Tabla N° 27. Ensayo CBR 3% de caucho muestra 1

Molde Número		1					2					3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	mm	plg*10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
		0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00			
0	30	0,64	25	125	41,67			117	39,00			112	37,33			
1	0	1,27	50	260	86,67			253	84,33			240	80,00			
1	30	1,91	75	444	148,00			413	137,67			376	125,33			
2	0	2,54	100	661	220,33	220,33	22,03	596	198,67	198,67	19,87	520	173,33	173,33	17,33	
3	0	3,81	150	1198	399,33			1035	345,00			825	275,00			
4	0	5,08	200	1833	611,00			1495	498,33			1124	374,67			
5	0	6,35	250	2536	845,33			1942	647,33			1378	459,33			
6	0	7,62	300	3173	1057,67			2336	778,67			1621	540,33			
8	0	10,16	400	4220	1406,67			3039	1013,00			2100	700,00			
10	0	12,7	500	5136	1712,00			3753	1251,00			2560	853,33			
<b>CBR Corregido</b>							22,03				19,87				17,33	

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE D.MAX		CBR PUNTUAL	
1,927	gr/cm3	22,03	%	1,910	gr/cm3	1,815	gr/cm3	19,1	%
1,839	gr/cm3	19,87	%						
1,751	gr/cm3	17,33	%						



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
 ENSAYO C.B.R.



**MINA:** Alvarado Ortiz  
**ENSAYADO POR:** Juan Gabriel Laica Moposita  
**FECHA:** Lunes, 15 Agosto de 2016  
**MATERIAL:** Sub base, clase 3

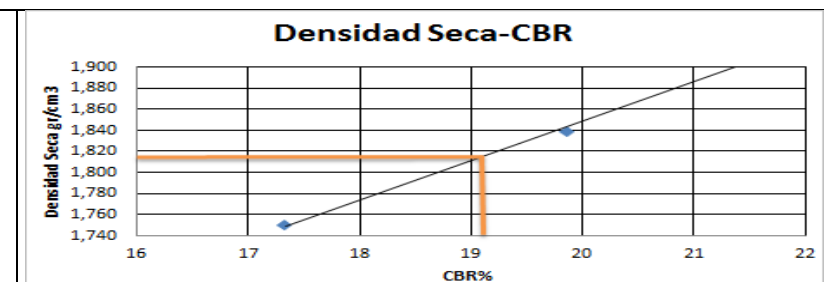
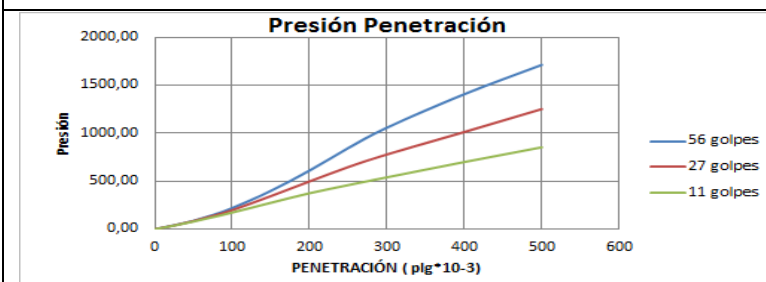
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)

ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2

NORMA: ASTM D-1883



VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)



Fuente: Egdo. Juan Laica

#### 4.2.4.2 Segunda muestra

**Tabla N° 28. Ensayos compactación (CBR) 3% Caucho muestra 2**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)				
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Martes, 16 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:		10 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:		18"		
PESO MUESTRA (gr)	6000	CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)		10		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Molde N°	3E	2E	1E			
P. Hum+ Molde	20918	21610	21532			
Peso del Molde	15882	16619	16767			
P. Húmedo	5036	4991	4765			
Volumen Muestra	2353,34	2337,98	2374,51			
Densidad Húmeda	2,140	2,135	2,007			
Densidad Seca	1,951	1,945	1,793			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	1	2	6	8	9	10
Húmedo + Recipiente	154,1	144,7	144,9	147,6	124,4	113,5
P. Seco + Recipiente	142,9	134	134,6	136,3	113,6	103,8
Peso del Recipiente	24,8	25,2	25,2	24,9	23	22,8
Peso del Agua	11,2	10,7	10,3	11,3	10,8	9,7
Peso de Sólidos	118,1	108,8	109,4	111,4	90,6	81
Contenido de Humedad %	9,48	9,83	9,41	10,14	11,92	11,98
Con. Hum. Prom. %	9,66		9,78		11,95	
Variación	0,35		0,73		0,05	

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

Tabla N° 29. Ensayo CBR 3% de caucho muestra 2

Molde Número		1					2					3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	
Min.	Seg.	mm	plg*10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
		0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00			
0	30	0,64	25	132	44,00			126	42,00			115	38,33			
1	0	1,27	50	268	89,33			255	85,00			243	81,00			
1	30	1,91	75	456	152,00			417	139,00			379	126,33			
2	0	2,54	100	670	223,33	223,33	22,33	605	201,67	201,67	20,17	523	174,33	174,33	17,43	
3	0	3,81	150	1205	401,67			1043	347,67			827	275,67			
4	0	5,08	200	1845	615,00			1506	502,00			1125	375,00			
5	0	6,35	250	2546	848,67			1947	649,00			1380	460,00			
6	0	7,62	300	3180	1060,00			2344	781,33			1634	544,67			
8	0	10,16	400	4238	1412,67			3043	1014,33			2112	704,00			
10	0	12,7	500	5150	1716,67			3750	1250,00			2574	858,00			
<b>CBR Corregido</b>							22,33				20,17				17,43	

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE D.MAX		CBR PUNTUAL	
1,951	gr/cm3	22,33	%	1,928	gr/cm3	1,832	gr/cm3	18,1	%
1,945	gr/cm3	20,17	%						
1,793	gr/cm3	17,43	%						



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
 ENSAYO C.B.R.



MINA: Alvarado Ortiz  
 ENSAYADO POR: Juan Gabriel Laica Moposita  
 FECHA: Martes, 16 Agosto de 2016  
 MATERIAL: Sub base, clase 3

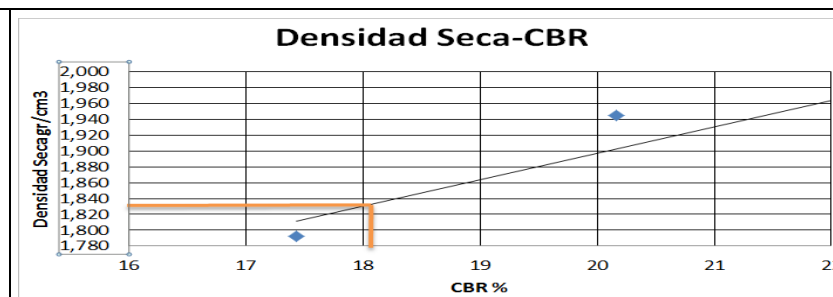
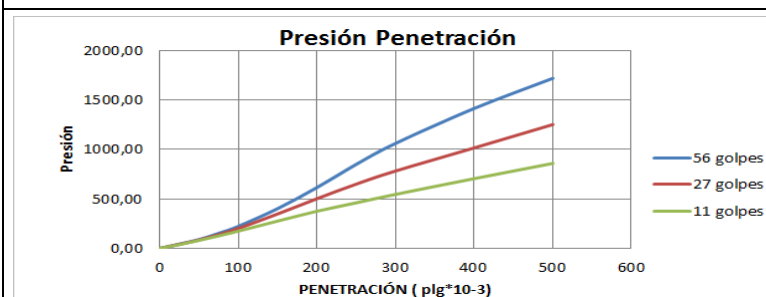
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)

ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2

NORMA: ASTM D-1883



VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)



Fuente: Egdo. Juan Laica



#### 4.2.4.3 Tercera muestra

**Tabla N° 30. Ensayos compactación (CBR) 3% Caucho muestra 3**

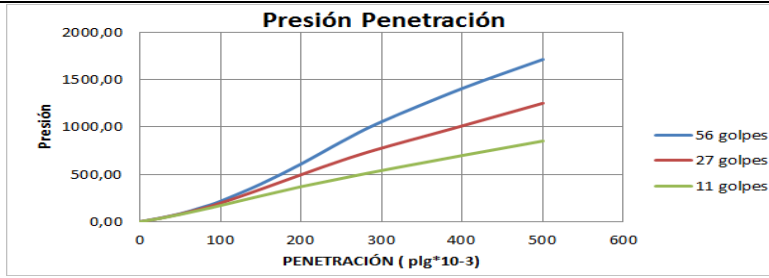
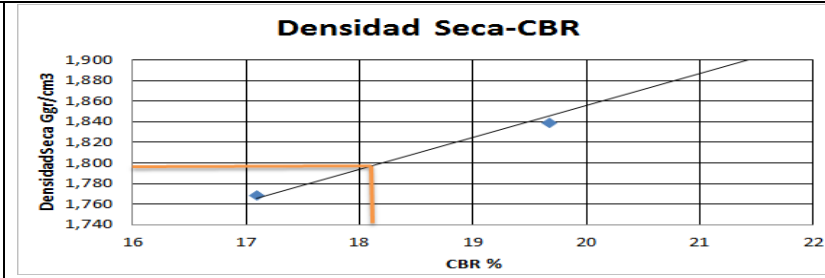
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)				
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Martes, 16 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:		10 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:		18"		
PESO MUESTRA (gr)	6000	CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)		10		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Molde N°	3E	2E	1E			
P. Hum+ Molde	20839	19845	17860			
Peso del Molde	15881	15064	13192			
P. Húmedo	4958	4781	4668			
Volumen Muestra	2353,34	2337,98	2374,51			
Densidad húmeda	2,107	2,045	1,966			
Densidad Seca	1,912	1,839	1,768			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	8	15	17	18	22	24
P. Húmedo + recipiente	162	160,6	135,3	125,8	156	148,3
P. Seco + Recipiente	150,3	148,4	124,4	115,7	144,2	136,2
Peso del Recipiente	33	31,7	26,1	26,2	32,9	33,1
Peso del Agua	11,7	12,2	10,9	10,1	11,8	12,1
Peso de Sólidos	117,3	116,7	98,3	89,5	111,3	103,1
Contenido de Humedad %	9,97	10,45	11,09	11,28	10,60	11,74
Con. Hum. Prom. %	10,21		11,19		11,17	
Variación	0,48		0,20		1,13	

Fuente: Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 31. Ensayo CBR 3% de caucho muestra 3**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO C.B.R.</p> </div>  </div>															
<b>MINA:</b>		Alvarado Ortiz													
<b>ENSAYADO POR:</b>		Juan Gabriel Laica Moposita													
<b>FECHA:</b>		Martes, 16 Agosto de 2016													
<b>MATERIAL:</b>		Sub base, clase 3													
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)						ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)					
Molde Número		1					2					3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg*10 <sup>-3</sup>		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
		0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00		
0	30	0,64	25	116	38,67			110	36,67			105	35,00		
1	0	1,27	50	253	84,33			243	81,00			233	77,67		
1	30	1,91	75	439	146,33			405	135,00			369	123,00		
2	0	2,54	100	650	216,67	216,67	21,67	590	196,67	196,67	19,67	513	171,00	171,00	17,10
3	0	3,81	150	1193	397,67			1029	343,00			816	272,00		
4	0	5,08	200	1828	609,33			1489	496,33			1110	370,00		
5	0	6,35	250	2530	843,33			1935	645,00			1369	456,33		
6	0	7,62	300	3165	1055,00			2329	776,33			1620	540,00		
8	0	10,16	400	4215	1405,00			3031	1010,33			2095	698,33		
10	0	12,7	500	5133	1711,00			3748	1249,33			2553	851,00		
<b>CBR Corregido</b>							21,67				19,67				17,10

GRÁFICOS DE ENSAYOS C.B.R.													
													
<b>DENSIDADES</b>		<b>RESISTENCIAS</b>					<b>DENSIDAD MAX</b>		1,888	gr/cm <sup>3</sup>			
1,912	gr/cm <sup>3</sup>	21,67 %					<b>95% DE D.MAX</b>		1,794	gr/cm <sup>3</sup>			
1,839	gr/cm <sup>3</sup>	19,67 %					<b>CBR PUNTUAL</b>						
1,768	gr/cm <sup>3</sup>	17,10 %							18,10	%			



Fuente: Egdo. Juan Laica



## 4.2.5. Ensayos de CBR con 6% de caucho



### 4.2.5.1 Primera muestra

**Tabla N° 32. Ensayos compactación (CBR) 6% Caucho muestra 1**

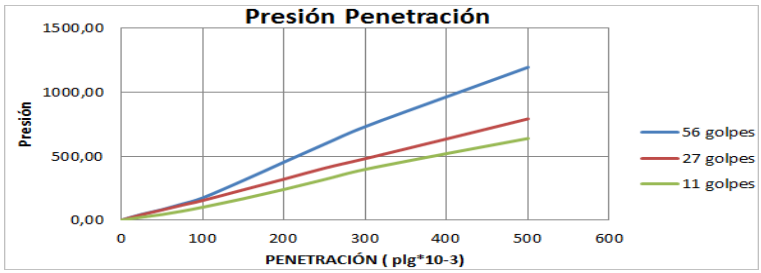
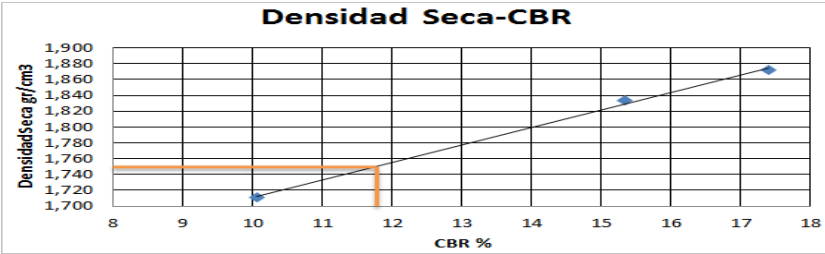
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)				
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Miércoles, 17 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:		10 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:		18"		
PESO MUESTRA (gr)	6000	CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)		9,6		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Molde N°	3E	2E	1E			
P. Hum+ Molde	20730	21370	21280			
Peso del Molde	15882	16620	16770			
P. Húmedo	4848	4750	4510			
Volumen Muestra	2353,34	2337,98	2374,51			
Densidad húmeda	2,060	2,032	1,899			
Densidad Seca	1,872	1,833	1,711			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	10	11	12	13	6	7
P. Húmedo + recipiente	134,4	137,7	142,3	145,8	129	134,9
P. Seco + Recipiente	124,3	127,5	131,1	133,6	119,2	123,4
Peso del Recipiente	22,8	26,8	25,2	23,4	25,2	24,2
Peso del Agua	10,1	10,2	11,2	12,2	9,8	11,5
Peso de Sólidos	101,5	100,7	105,9	110,2	94	99,2
Contenido de Humedad %	9,95	10,13	10,58	11,07	10,43	11,59
Con. Hum. Prom. %	10,04		10,82		11,01	
Variación	0,18		0,49		1,17	

Fuente: Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 33. Ensayos CBR 6% Caucho muestra 1**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO C.B.R.</p> </div>  </div>															
<b>MINA:</b>		Alvarado Ortiz													
<b>ENSAYADO POR:</b>		Juan Gabriel Laica Moposita													
<b>FECHA:</b>		Miércoles, 17 Agosto de 2016													
<b>MATERIAL:</b>		Sub base, clase 3													
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)					ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2			NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)					
Molde Número				1				2				3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg*10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
		0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00		
0	30	0,64	25	135	45,00			127	42,33			67	22,33		
1	0	1,27	50	246	82,00			237	79,00			130	43,33		
1	30	1,91	75	379	126,33			352	117,33			210	70,00		
2	0	2,54	100	522	174,00		17,40	460	153,33		15,33	302	100,67		10,07
3	0	3,81	150	930	310,00			710	236,67			502	167,33		
4	0	5,08	200	1362	454,00			961	320,33			719	239,67		
5	0	6,35	250	1786	595,33			1220	406,67			953	317,67		
6	0	7,62	300	2195	731,67			1442	480,67			1190	396,67		
8	0	10,16	400	2895	965,00			1906	635,33			1561	520,33		
10	0	12,7	500	3587	1195,67			2376	792,00			1915	638,33		
<b>CBR Corregido</b>							17,40				15,33				10,07



  

GRÁFICOS DE ENSAYOS C.B.R.			
			
<b>DENSIDADES</b>		<b>RESISTENCIAS</b>	
1,872	gr/cm3	17,40	%
1,833	gr/cm3	15,33	%
1,711	gr/cm3	10,07	%
<b>DENSIDAD MAX</b>		1,840	gr/cm3
<b>95% DE D.MAX</b>		1,748	gr/cm3
<b>CBR PUNTUAL</b>		11,9	%

Fuente: Egdo. Juan Laica

#### 4.2.5.2 Segunda muestra

**Tabla N° 34. Ensayos compactación (CBR) 6% Caucho muestra 2**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)				
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Miércoles, 17 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:		10 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:		18"		
PESO MUESTRA (gr)	6000	CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)		9,6		
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Molde N°	3E	2E	1E			
P. Hum+Molde	20702	21305	21276			
Peso del Molde	15882	16620	16770			
P. Húmedo	4820	4685	4506			
Volumen Muestra	2353,34	2337,98	2374,51			
Densidad húmeda	2,048	2,004	1,898			
Densidad Seca	1,856	1,808	1,711			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	1	2	3	8	32	33
P. Húmedo + recipiente	123,2	119,1	142,3	145,8	133,4	133,5
P. Seco + Recipiente	114,2	110,1	131,1	133,6	123,4	122
Peso del Recipiente	24,8	25,2	25,2	23,4	24,3	24,1
Peso del Agua	9	9	11,2	12,2	10	11,5
Peso de Sólidos	89,4	84,9	105,9	110,2	99,1	97,9
Contenido de Humedad %	10,07	10,60	10,58	11,07	10,09	11,75
Con. Hum. Prom. %	10,33		10,82		10,92	
Variación	0,53		0,49		1,66	

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 35. Ensayos CBR 6% Caucho muestra 2**

Molde Número		1					2					3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	
Min.	Seg.	mm	plg*10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
		0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00			
0	30	0,64	25	123	41,00			120	39,87			60	20,00			
1	0	1,27	50	235	78,33			230	76,67			127	42,33			
1	30	1,91	75	365	121,67			350	116,67			206	68,67			
2	0	2,54	100	530	176,67	176,67	17,67	452	150,67	150,67	15,07	293	97,67	97,67	9,77	
3	0	3,81	150	920	306,67			709	236,33			499	166,33			
4	0	5,08	200	1355	451,67			953	317,67			714	238,00			
5	0	6,35	250	1779	593,00			1216	405,33			943	314,33			
6	0	7,62	300	2187	729,00			1432	477,33			1183	394,33			
8	0	10,16	400	2888	962,67			1900	633,33			1553	517,67			
10	0	12,7	500	3575	1191,67			2365	788,33			1911	637,00			
<b>CBR Corregido</b>							17,67				15,07				9,77	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN			
Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)		ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883
VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			



  

GRÁFICOS DE ENSAYOS C.B.R.																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DENSIDADES</th> <th>RESISTENCIAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,856 gr/cm3</td> <td>17,67 %</td> </tr> <tr> <td>1,808 gr/cm3</td> <td>15,07 %</td> </tr> <tr> <td>1,711 gr/cm3</td> <td>9,77 %</td> </tr> </tbody> </table>		DENSIDADES	RESISTENCIAS	1,856 gr/cm3	17,67 %	1,808 gr/cm3	15,07 %	1,711 gr/cm3	9,77 %	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DENSIDAD MAX</th> <td>1,845</td> <td>gr/cm3</td> </tr> <tr> <th>95% DE D.MAX</th> <td>1,753</td> <td>gr/cm3</td> </tr> <tr> <th>CBR PUNTUAL</th> <td>12</td> <td>%</td> </tr> </thead> </table>		DENSIDAD MAX	1,845	gr/cm3	95% DE D.MAX	1,753	gr/cm3	CBR PUNTUAL	12	%
DENSIDADES	RESISTENCIAS																			
1,856 gr/cm3	17,67 %																			
1,808 gr/cm3	15,07 %																			
1,711 gr/cm3	9,77 %																			
DENSIDAD MAX	1,845	gr/cm3																		
95% DE D.MAX	1,753	gr/cm3																		
CBR PUNTUAL	12	%																		

Fuente: Egdo. Juan Laica

### 4.2.5.3 Tercera muestra

**Tabla N° 36. Ensayos compactación (CBR) 6% Caucho muestra 3**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)				
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Jueves, 18 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb			
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"			
PESO MUESTRA (gr)	6000	CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)	9,6			
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR						
MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Molde N°	3E	2E	1E			
P. Hum+Molde	20780	21350	21205			
Peso del Molde	15882	16619	16767			
P. Húmedo	4898	4731	4438			
Volumen Muestra	2353,34	2337,98	2374,51			
Densidad húmeda	2,081	2,024	1,869			
Densidad Seca	1,894	1,823	1,670			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	1	2	6	8	9	10
P. Húmedo + recipiente	154,1	144,7	144,9	147,6	124,4	113,5
P. Seco + Recipiente	142,6	133,8	133,2	135,3	113,6	103,8
Peso del Recipiente	24,8	25,2	25,2	24,9	23	22,8
Peso del Agua	11,5	10,9	11,7	12,3	10,8	9,7
Peso de Sólidos	117,8	108,6	108	110,4	90,6	81
Contenido de Humedad %	9,76	10,04	10,83	11,14	11,92	11,98
Con. Hum. Prom. %	9,90		10,99		11,95	
Variación	0,27		0,31		0,05	

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 37. Ensayos CBR 6% Caucho muestra 3**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
ENSAYO C.B.R.

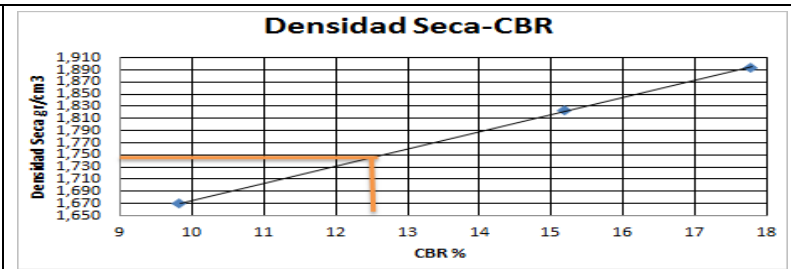
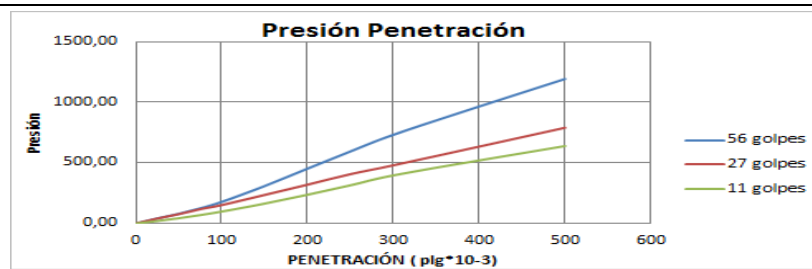


**MINA:** Alvarado Ortiz  
**ENSAYADO POR:** Juan Gabriel Laica Moposita  
**FECHA:** Jueves, 18 Agosto de 2016  
**MATERIAL:** Sub base, clase 3

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)				ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Molde Número				1				2				3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Min.	Seg.	mm	plg*10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb/pulg2				lb/pulg2				lb/pulg2			
		0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00		
0	30	0,64	25	125	41,67			123	41,00			62	20,67		
1	0	1,27	50	240	80,00			231	77,00			130	43,33		
1	30	1,91	75	376	125,33			354	118,00			208	69,33		
2	0	2,54	100	534	178,00	178,00	17,80	456	152,00	152,00	15,20	295	98,33	98,33	9,83
3	0	3,81	150	926	308,67			706	235,33			492	164,00		
4	0	5,08	200	1358	452,67			960	320,00			712	237,33		
5	0	6,35	250	1782	594,00			1220	406,67			945	315,00		
6	0	7,62	300	2194	731,33			1440	480,00			1190	396,67		
8	0	10,16	400	2896	965,33			1902	634,00			1562	520,67		
10	0	12,7	500	3576	1192,00			2370	790,00			1916	638,67		
<b>CBR Corregido</b>							17,80				15,20				9,83

**GRÁFICOS DE ENSAYOS C.B.R.**





DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE D.MAX	
1,894	gr/cm3	17,80	%	1,840	gr/cm3	1,748	gr/cm3
1,823	gr/cm3	15,20	%				
1,670	gr/cm3	9,83	%				
				<b>CBR PUNTUAL</b>		12,5 %	

Fuente: Egdo. Juan Laica

#### 4.2.6. Ensayos de CBR con 9% de caucho

##### 4.2.6.1 Primera muestra

**Tabla N° 38.** Ensayos compactación (CBR) 9% Caucho muestra 3

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)</b> </div> 						
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Jueves, 18 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb	
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18"	
<b>PESO MUESTRA (gr)</b>	6000		<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		9,5	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR</b>						
<b>MOLDE</b>	1		2		3	
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Molde N°</b>	3E		2E		1E	
<b>P. Hum+Molde</b>	20642		21186		21060	
<b>Peso del Molde</b>	15885		16620		16760	
<b>P. Húmedo</b>	4757		4566		4300	
<b>Volumen Muestra</b>	2353,34		2337,98		2374,51	
<b>Densidad húmeda</b>	2,021		1,953		1,811	
<b>Densidad Seca</b>	1,855		1,785		1,652	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
<b>Recipiente N°</b>	9	47	16	29	6	7
<b>P. Húmedo + recipiente</b>	138,4	135,2	130,5	129,3	130,9	133,6
<b>P. Seco + Recipiente</b>	129,4	129,4	122,4	119,6	121,9	123,7
<b>Peso del Recipiente</b>	23,9	23	26,2	26,4	25,2	24,2
<b>Peso del Agua</b>	9	9,6	8,1	9,7	9	9,9
<b>Peso de Sólidos</b>	105,5	102,6	96,2	9,3	96,7	99,5
<b>Contenido de Humedad %</b>	8,53	9,36	8,42	10,41	9,31	9,95
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	8,94		9,41		9,63	
<b>Variación</b>	0.83		1.99		0.64	

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 39. Ensayos CBR 9% Caucho muestra 1**

Molde Número		1					2					3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	mm	plg*10-3	lb	Leída	Corregida		lb	Leída	Corregida		lb	Leída	Corregida		
		0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00			
0	30	0,64	25	92	30,67			83	27,67			70	23,33			
1	0	1,27	50	179	59,67			170	56,67			120	40,00			
1	30	1,91	75	305	101,67			280	93,33			172	57,33			
2	0	2,54	100	456	152,00	152,00	15,20	391	130,33	130,33	13,03	234	78,00	78,00	7,80	
3	0	3,81	150	872	290,67			653	217,67			396	132,00			
4	0	5,08	200	1362	454,00			960	320,00			493	164,33			
5	0	6,35	250	1814	604,67			1250	416,67			637	212,33			
6	0	7,62	300	2299	766,33			1547	515,67			783	261,00			
8	0	10,16	400	3036	1012,00			2048	682,67			1119	373,00			
10	0	12,7	500	3829	1276,33			2529	843,00			1480	493,33			
<b>CBR Corregido</b>							15,20					13,03	7,80			

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE D.MAX		CBR PUNTUAL	
1,855	gr/cm3	15,20	%	1,795	gr/cm3			9,9	%
1,785	gr/cm3	13,03	%	1,705	gr/cm3				
1,652	gr/cm3	7,80	%						



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
 ENSAYO C.B.R.



**MINA:** Alvarado Ortiz  
**ENSAYADO POR:** Juan Gabriel Laica Moposita  
**FECHA:** Jueves, 18 Agosto de 2016  
**MATERIAL:** Sub base, clase 3

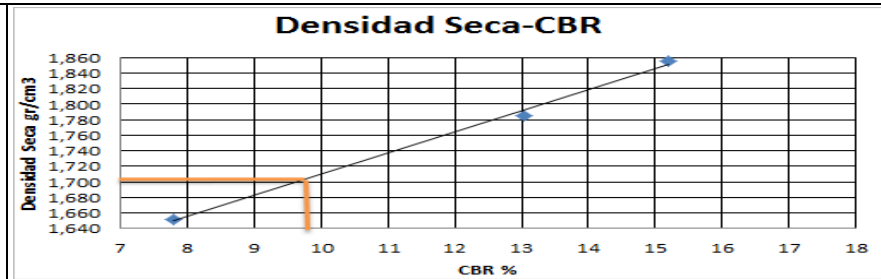
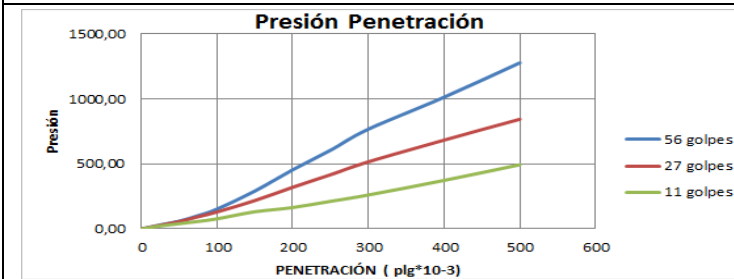
**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)

ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2

NORMA: ASTM D-1883

VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)





Fuente: Egdo. Juan Laica



#### 4.2.6.2 Segunda muestra

**Tabla N° 40.** Ensayos compactación (CBR) 9% Caucho muestra 2

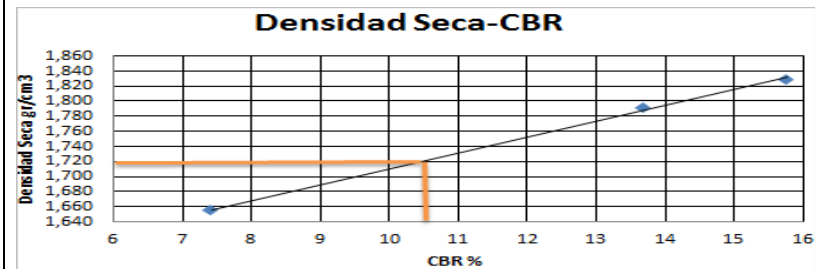
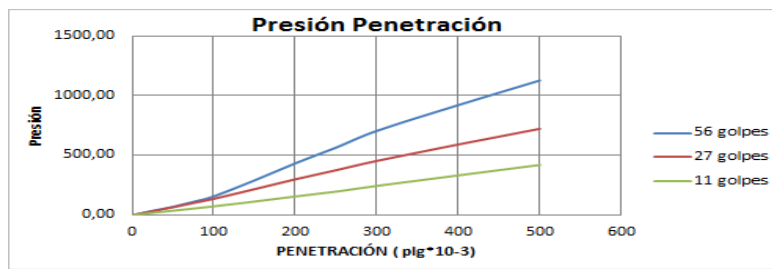
 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)</b> </div> 						
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Lunes , 22 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		10 lb	
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
<b>PESO MUESTRA (gr)</b>	6000		CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)		9,5	
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR</b>						
<b>MOLDE</b>	1		2		3	
<b>N° de Capas</b>	5		5		5	
<b>N° de Golpes</b>	56		27		11	
<b>Molde N°</b>	3E		2E		1E	
<b>P. Hum+Molde</b>	20594		21200		21064	
<b>Peso del Molde</b>	15885		16620		16760	
<b>P. Húmedo</b>	4709		4580		4304	
<b>Volumen Muestra</b>	2353,34		2337,98		2374,51	
<b>Densidad húmeda</b>	2,001		1,959		1,813	
<b>Densidad Seca</b>	1,829		1,792		1,655	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
<b>Recipiente N°</b>	3	25	32	39	27	29
<b>P. Húmedo + recipiente</b>	139,4	134,7	129,6	131,3	130,2	132,5
<b>P. Seco + Recipiente</b>	130,1	124,7	121,4	121,7	121,1	123
<b>Peso del Recipiente</b>	25,5	24,3	28,2	24,3	23,8	24,8
<b>Peso del Agua</b>	9,3	10	8,2	9,6	9,1	9,5
<b>Peso de Sólidos</b>	104,6	100,4	93,2	97,4	97,3	98,2
<b>Contenido de Humedad %</b>	8,89	9,96	8,80	9,86	9,35	9,67
<b>Con. Hum. Prom. %</b>	9,43		9,33		9,51	
<b>Variación</b>	1,07		1,06		0,32	

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 41. Ensayos CBR 9% Caucho muestra 2**

Molde Número		1					2				3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg*10-3	lb	Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
					lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
0	30	0	0	0	0,00			0	0,00			0	0,00		
1	0	0,64	25	110	36,67			101	33,67			62	20,67		
1	0	1,27	50	210	70,00			201	67,00			113	37,67		
1	30	1,91	75	335	111,67			308	102,67			168	56,00		
2	0	2,54	100	473	157,67	157,67	15,77	411	137,00	137,00	13,70	223	74,33	74,33	7,43
3	0	3,81	150	874	291,33			654	218,00			344	114,67		
4	0	5,08	200	1302	434,00			901	300,33			471	157,00		
5	0	6,35	250	1696	565,33			1130	376,67			593	197,67		
6	0	7,62	300	2115	705,00			1362	454,00			736	245,33		
8	0	10,16	400	2764	921,33			1775	591,67			1000	333,33		
10	0	12,7	500	3381	1127,00			2170	723,33			1262	420,67		
<b>CBR Corregido</b>							15,77				13,70				7,43

**GRÁFICOS DE ENSAYOS C.B.R.**





DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		DENSIDAD MAX	
1,829	gr/cm3	15,77	%	95% DE D.MAX	1,810	gr/cm3	
1,792	gr/cm3	13,70	%		1,720	gr/cm3	
1,655	gr/cm3	7,43	%	<b>CBR PUNTUAL</b>	10,5	%	

Fuente: Egd. Juan Laica

### 4.2.6.3 Tercera muestra

**Tabla N° 42. Ensayos compactación (CBR) 9% Caucho muestra 3**

		<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)</p>				
<b>MINA:</b>	Alvarado Ortiz					
<b>ENSAYADO POR:</b>	Juan Gabriel Laica Moposita					
<b>FECHA:</b>	Lunes , 22 Agosto de 2016					
<b>MATERIAL:</b>	Sub base, clase 3					
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:	10 lb		
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:	18"		
PESO MUESTRA (gr)	6000		CONT.HUMEDAD ÓPTIMO (%)	9		
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR</b>						
MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Molde N°	3E		2E		1E	
P. Hum+Molde	20672		21173		21111	
Peso del Molde	15885		16620		16766	
P. Húmedo	4787		4553		4345	
Volumen Muestra	2353,34		2337,98		2374,51	
Densidad húmeda	2,034		1,947		1,830	
Densidad Seca	1,863		1,779		1,671	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Recipiente N°	26	30	24	47	22	49
P. Húmedo + recipiente	128,5	124,4	132,5	132,2	132,6	118
P. Seco + Recipiente	120	115,7	124,9	121,3	123,8	109,7
Peso del Recipiente	24,1	24,7	26	24	26,2	26,7
Peso del Agua	8,5	8,7	7,6	10,9	8,8	8,3
Peso de Sólidos	95,9	91	98,9	97,3	97,6	83
Contenido de Humedad %	8,86	9,56	7,68	11,20	9,02	10,00
Con. Hum. Prom. %	9,21		9,44		9,51	
Variación	0,70		3,52		0,98	

**Fuente:** Egdo. Juan Laica

**Tabla N° 43. Ensayos CBR 9% Caucho muestra 3**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
ENSAYO C.B.R.

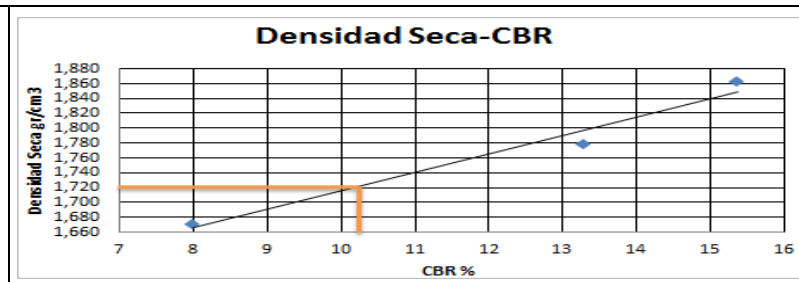
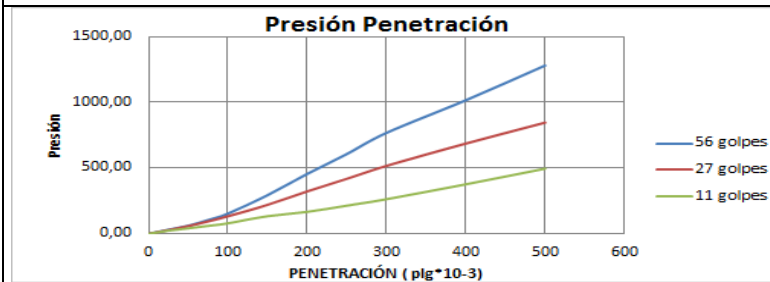


**MINA:** Alvarado Ortiz  
**ENSAYADO POR:** Juan Gabriel Laica Moposita  
**FECHA:** Lunes , 22 Agosto de 2016  
**MATERIAL:** Sub base, clase 3

**ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN**

Máquina de Compresión Simple ( CONTROLS)				ÁREA DEL PISTÓN = 3 plg2			NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
Molde Número				1			2		3						
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	plg*10-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb	lb/pulg2	%	lb	lb/pulg2	%	lb	lb/pulg2	%			
		0	0	0	0,00		0	0,00		0	0,00				
0	30	0,64	25	93	31,00		85	28,33		72	24,00				
1	0	1,27	50	183	61,00		174	58,00		125	41,67				
1	30	1,91	75	313	104,33		283	94,33		180	60,00				
2	0	2,54	100	461	153,67	15,37	399	133,00	133,00	13,30	240	80,00	80,00	8,00	
3	0	3,81	150	881	293,67		660	220,00		402	134,00				
4	0	5,08	200	1367	455,67		967	322,33		500	166,67				
5	0	6,35	250	1820	606,67		1254	418,00		642	214,00				
6	0	7,62	300	2303	767,67		1550	516,67		790	263,33				
8	0	10,16	400	3048	1016,00		2059	686,33		1129	376,33				
10	0	12,7	500	3840	1280,00		2536	845,33		1487	495,67				
<b>CBR Corregido</b>						15,37				13,30					8,00

**GRÁFICOS DE ENSAYOS C.B.R.**





DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE D.MAX		CBR PUNTUAL	
1,863	gr/cm3	15,37	%	1,810	gr/cm3	1,720	gr/cm3	10,2	%
1,779	gr/cm3	13,30	%						
1,671	gr/cm3	8,00	%						

Fuente: Egdo. Juan Laica

#### 4.2.7 Resumen de la adición de caucho en diferentes porcentajes, en el ensayo de Compactación

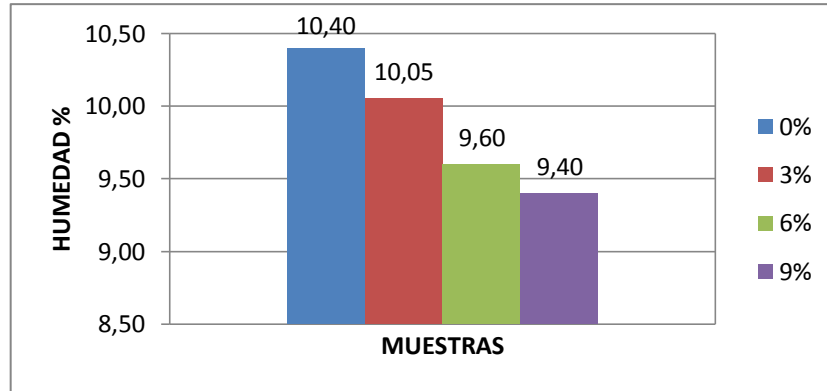
**Tabla N° 44.** Resumen de los valores del Ensayo de Compactación

 														
<b>MINA:</b>		Alvarado Ortiz												
<b>ENSAYADO POR:</b>		Juan Gabriel Laica Moposita												
<b>MATERIAL:</b>		Sub base, clase 3												
<b>NORMAS:</b>		AASHTO T-180												
			Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad
% CAUCHO	Natural		3%						6%					
Punto 1	5,29	1,870	5,24	1,780	4,066	1,773	4,86	1,761	5,24	1,780	4,21	1,719	4,43	1,709
Punto 2	7,22	1,959	7,13	1,827	6,668	1,837	6,45	1,812	7,13	1,827	6,10	1,780	6,07	1,736
Punto 3	9,44	1,982	8,28	1,934	9,314	1,895	8,74	1,912	8,28	1,934	8,21	1,836	7,64	1,840
Punto 4	14,94	1,865	14,22	1,807	14,669	1,780	13,71	1,814	14,22	1,807	14,49	1,718	14,43	1,709
Valores Óptimos	10,40	1,928	10,05	1,910	9,800	1,888	10,00	1,910	9,60	1,845	9,60	1,828	9,60	1,840
	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3									
	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad	Humedad	Densidad								
% CAUCHO	9%													
Punto 1	4,39	1,684	4,34	1,663	5,24	1,780								
Punto 2	5,31	1,721	5,65	1,719	7,13	1,827								
Punto 3	8,19	1,789	7,26	1,788	8,28	1,934								
Punto 4	13,77	1,688	13,97	1,667	14,22	1,807								
Valores Óptimos	9,20	1,975	9,30	1,810	9,40	1,810								

Fuente: Egdo. Juan Laica

#### 4.2.8 Comparación de los ensayos de compactación realizados con el caucho reciclado en varios porcentajes

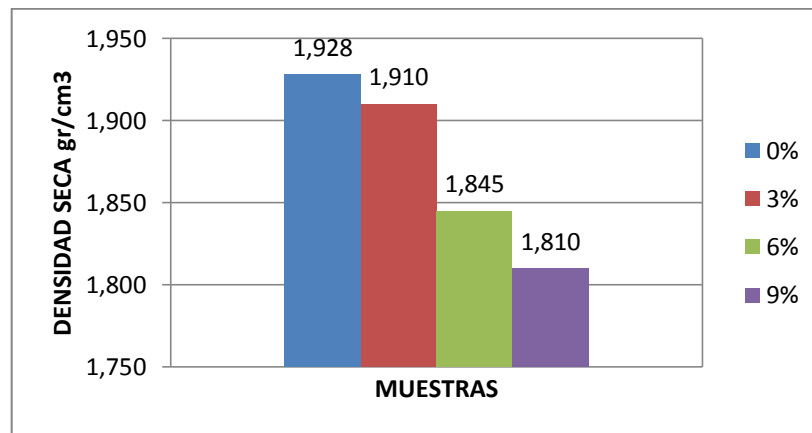
**Gráfico N° 12.** Contenido de humedad con varios % de caucho



Fuente: Egdo. Juan Laica

**Interpretación:** En el ensayo de compactación podemos observar que el contenido de humedad va disminuyendo a medida que se aumenta el porcentaje de mezcla de caucho.

**Gráfico N° 13.** Densidad Seca con varios % de caucho





Fuente: Egdo. Juan Laica

**Interpretación:** El ensayo realizado con diferentes porciones de caucho se mira claramente que la densidad seca va en disminución a medida que se va aumentando el porcentaje de caucho.

**4.2.9. Valores obtenidos del ensayo del CBR con adición de caucho en diferentes porcentajes y sin adición de caucho.**

**Tabla N° 45.** Resumen de los valores del Ensayo de CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
MINA:	Alvarado Ortiz			MATERIAL:		Sub base clase 3
% de caucho	N° muestra	N° de Golpes	Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	Norma
0		56	10,39	1,993	25	ASTM D-1883
		27	10,82	1,939		
		11	10,92	1,863		
3	1	56	10,22	1,927	19,1	
		27	11,19	1,839		
		11	12,05	1,751		
	2	56	9,66	1,951	18,1	
		27	9,78	1,945		
		11	11,95	1,793		
	3	56	10,21	1,912	18,1	
		27	11,19	1,839		
		11	11,17	1,768		
6	1	56	10,39	1,993	11,9	
		27	10,82	1,939		
		11	10,92	1,863		
	2	56	10,33	1,856	12	
		27	10,82	1,808		
		11	10,92	1,711		
	3	56	9,90	1,894	12,5	
		27	10,99	1,823		
		11	11,95	1,670		
9	1	56	10,23	1,993	9,9	
		27	10,75	1,939		
		11	10,25	1,863		
	2	56	9,43	1,829	10,5	
		27	9,33	1,792		
		11	9,51	1,655		
	3	56	9,21	1,863	10,2	
		27	9,33	1,779		
		11	9,51	1,671		

Fuente: Egdo. Juan Laica

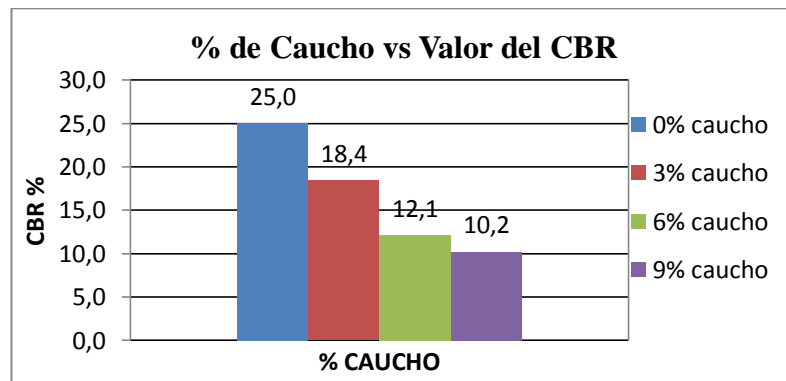
**4.2.10. Comparación de los ensayos de CBR realizados con el caucho reciclado en varios porcentajes y sin adición de caucho**

**Tabla N° 46.** Promedio del CBR

CBR %									
0% CAUCHO	3 % CAUCHO			6 % CAUCHO			9 % CAUCHO		
25	19,1	18,1	18,1	11,9	12	12,5	9,9	10,5	10,2
25	55,3			36,4			30,6		
25	18,4			12,1			10,2		

Fuente: Egdo. Juan Laica

**Gráfico N° 14.** Comparación del CBR



Fuente: Egdo. Juan Laica

**Interpretación:** Se evidencia que la resistencia de una sub base a medida que se le va adicionando caucho en porcentajes diferentes su resistencia va decreciendo.



### **4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

Mediante el análisis de los resultados alcanzados en el laboratorio se pudo determinar que a medida que vamos aumentando el polímero reciclado caucho en la Sub base clase 3 se pudo determinar que las propiedades mecánicas tienen una influencia negativa ya que van disminuyendo considerablemente, como es el caso de la compactación disminuye los valores de contenido de humedad y de densidad seca y mientras que en el ensayo del CBR disminuye la resistencia

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la tabla N°14 podemos observar que el material proveniente de la Cantera Alvarado Ortiz, una propiedad no cumple con las normas establecidas en el Volumen 3, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP.
- La granulometría de la sub base clase 3, según las especificaciones de la norma AASHTO T-87-70; ASTM D 421-58 los valores obtenidos cumple con los parámetros establecidos.
- El Límite Líquido e Índice Plástico están dentro de la norma establecida ya que es menor de 25 y menor de 6 respectivamente.
- El desgaste de abrasión está dentro de lo permisible por norma ya que es de 20.98% y es menor del aceptable que es de 50%.
- Los ensayos CBR permiten medir la capacidad portante que tiene un suelo para soportar cargas, el valor obtenido del ensayo del CBR no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en el volumen 3, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP.
- Con la reutilización o reciclaje del caucho tratamos de disminuir la contaminación ambiental, ya que el caucho es un material no biodegradable
- Al analizar los resultados obtenidos de la muestra de una Sub-base sin adición de caucho y compararlos con las muestras con adición de caucho en

diferentes porcentajes, se puede ver claramente la disminución de la resistencia del material.

- De los ensayos de compactación se pudo verificar que la adición de caucho en una Sub-base clase 3 es perjudicial ya que a medida que vamos aumentando la adición de caucho la Densidad Seca y el Contenido de Humedad Óptimo van disminuyendo
- Se comprobó que mientras se añade más porcentaje de caucho a el material en estudio el CBR va disminuyendo considerablemente

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Es esencial determinar las características de los materiales con los que se va a realizar la estabilización, ya que estas características varían dependiendo de su origen.
- Para la obtención de contenidos de humedad en la muestra con adición de caucho se recomienda secar la muestra a una temperatura constante de 60 grados centígrados; debido a que temperaturas mayores el caucho se quema y se tiene una disminución del peso de la muestra.
- La utilización de un material proveniente del reciclaje ayudaría a la disminución en la explotación de materiales no renovables
- Estudiar cuidadosamente las normas requeridas, tanto acerca de los instrumentos de laboratorios a utilizar como de la muestra, para minimizar errores que se pudieran presentar en los resultados.
- Verificar que el material que va hacer utilizado para los ensayos se encuentren secos, ya que al no estar secos se obtendrían resultados erróneos.
- Utilizar equipo de protección personal adecuado como tapones , gafas y mascarilla cuando se realice el proceso de trituración de la llanta ya que en este proceso existe mucho polvo de caucho y esto es nocivo para la salud.
- Verificar el volumen de los moldes, ya que pueden afectar en la densidad seca del material en estudio.
- Realizar adecuadamente el ensayo del CBR siguiendo la norma ASTM 1883, para conseguir mejores resultados y así evitar que los moldes tengan vacíos y afecten la resistencia.

- Compactar adecuadamente los cilindros para eliminar las partículas de aire y así poder obtener resultados confiables como es el contenido de humedad óptimo que servirá para la realización del CBR.

## C. MATERIALES DE REFERENCIA

### 1.BIBLIOGRAFÍA

#### 1.1.Referencias

[1] S. Lascano y L. Narváez, “Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una sub base granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC” Ingeniero Civil, Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador, 2010.

[2] E. Rodríguez, “Influencia de los desechos de PVC sobre el CBR de un material granular tipo sub base”, *Rev Red Revista de Ingenierías Universitarias de Medellín*, vol. 5, no. 9, pp. 4-7, 2006.

[3] H. Torres, “Valoración de las propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionados con residuos de llanta caucho” Magister en Ingeniería Civil, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia 2014.

[4] L. Guevara, “Modelo de mantenimiento vial que permite desarrollar planes de conservación en la capa de rodadura para vías interparroquiales de la Provincia de Tungurahua,” Magister en Vías Terrestres, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2009

[5] *Especificaciones generales para la construcción de Caminos y Puentes MTOP*, Vol 3, Quito 2013.

[6] J. Cartuche, “Evaluación de las propiedades Físicas, químicas y mecánicas de áridos del cantón Loja” Ingeniero Civil, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador, 2012.

[7] F. Mantilla, *Mecánica de suelos elemental para ingeniería civil*, Ambato, Ecuador 2012.

[8] I. Urra, “Hormigón con caucho: determinación del módulo de elasticidad” Constructor Civil, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile 2006.

[9] L. Beliczky e J. Fajen, *Industria del caucho*

[10] Instituto de Construcción y Gerencia, *Manual Ensayos de Materiales*, 2002

[11] J. Hernández, “Características Físicas y Propiedades Mecánicas de los suelos y sus Métodos de medición”, Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2008.

[12] P. Luna, “Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de Continental Tire Andina como materiales Estructurales”, Ingeniero Mecánico, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador 2013.

[13] S. Guerrón. “Comparación de resultados de densidad de campo por los métodos de cono y arena, volumétrico y densímetro nuclear”, Tesis de Título, Ingeniero Civil, , Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador 2013.

[14] M. Jiménez, “Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con cal”, Tesis de Título, Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2010.

[15] D. Núñez, “Elección y Dosificación de Conglomerante en Estabilización de Suelos”, Tesis de Título, Ingeniero Civil, Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón; Sonora, México, 2011.

[16] D. Fuentes, “Obtención de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando resina de mortero de uretano”, Tesis de Título, Ingeniera Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador 2014.

[17] F. Calispa, “Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa de producción de lámina de caucho para la fabricación de suelas de calzado en la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua”, Tesis de Título, Ingeniero Industrial, Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador 2013.

## **1.2.Referencias adicionales.**

- ✓ Sitio web: [www.google.com](http://www.google.com). Trituración mecánica
- ✓ Sitio web: [www.google.com](http://www.google.com).Reciclaje con residuos de neumáticos máquina de pirólisis



**2. ANEXOS**

**2.1 ANEXOS FOTOGRÁFICOS**

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	
	
Sub base tamizada y lista para ser pesada	Tamizando el agregado fino de la Sub base
	
Agregado grueso tamizado	Muestra lista para realizar el cuarteo

ENSAYO DE LÍMITES ATTERBERG



Colocación de la muestra en la Copa de Casa Grande



Muestra lista para pasar el Acanalador



Mezcla del suelo con agua



Muestra lista para llevar al horno

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN



Realizando la mezcla



Realizando la compactación por capas



Cilindro enrazado



Cilindro listo para ser pesado

## ENSAYO DEL CBR



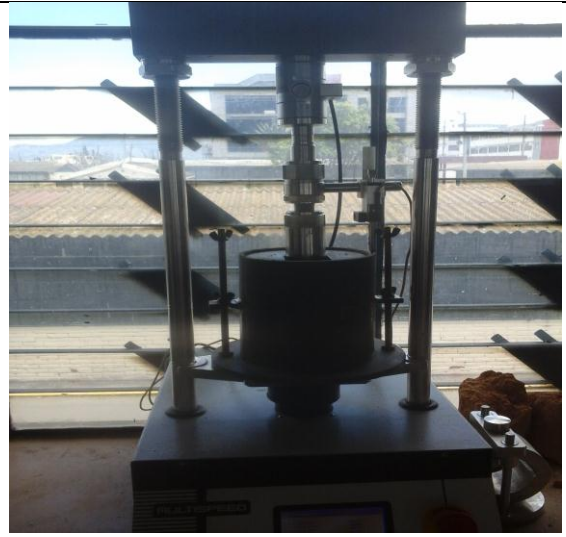
Cilindro con la placa metalica



Muestras de 56 ,27 y 11 golpes



Cilindro invertido listo para ser ensayado



Maquina del ensayo del CBR

ENSAYO DEL CBR CON ADICIÓN DE CAUCHO



Material pesado



Material listo para mezclar



Realizando la mezcla



Cilindro enrazado y pesado