



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

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“EFECTO DE ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO
EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS
GRANULARES”**

AUTORA: Gricelda Emperatriz Guanoluisa Almachi

TUTOR: Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún

AMBATO – ECUADOR

Agosto – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“EFECTO DE ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES”**, elaborado por la Srta. **Gricelda Emperatriz Guanoluisa Almachi**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I.0504536897, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Gricelda Emperatriz Guanoluisa Almachi**, con C.I. 0504536897 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“EFECTO DE ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



Gricelda Emperatriz Guanoluisa Almachi

C.I: 0504536897

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Agosto 2021



Gricelda Emperatriz Guanoluisa Almachi

C.I: 0504536897

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Gricelda Emperatriz Guanoluisa Almachi de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EFECTO DE ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Byron Genaro Cañizares Proaño
Miembro Calificador

Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo, está dirigido hacia las siguientes personas que han colaborado con mi formación tanto personal como profesional:

A Dios y la Virgen María, Por haberme brindado la fortaleza y sabiduría de continuar con mis objetivos de vida, por guiarme y permitirme caminar siempre de su mano para seguir adelante.

A mis padres Olmedo y María Dolores que me dieron la vida, por todo el amor y el apoyo incondicional que me brindaron durante el transcurso de esta increíble experiencia, quienes sin esperar nada lo dieron todo, por su eterna paciencia y perdón ante mis constantes equivocaciones. A quienes disfrutaron conmigo en cada uno de mis triunfos y lloraron también en cada uno de mis fracasos, a quienes gracias a sus buenos consejos me guiaron por un camino de rectitud y me enseñaron también a diferenciar entre lo bueno y lo malo. A un par de corazones llenos de bondad y humildad con gratitud eterna. GRACIAS A USTEDES MIS PADRES.

A mis abuelitos José Manuel (+), María Dolores (+), Ignacia y Manuel que me ayudaron como ángeles de Dios con su cariño y apoyo incondicional de una u otra forma por amor y sin interés.

Al regalo más grande que Dios me ha enviado, mis hermanos Isaías y Lizeth porque siempre he contado con ellos para todo, por las palabras de cariño y respeto gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido.

A mis pequeños y adorados sobrinos Nicolás y Valery que han llegado a mi vida a llenarla de alegría con sus ocurrencias.

Gricelda Guanoluisa

AGRADECIMIENTO

Gracias a DIOS, por regalarme vida y guiar mi camino

Gracias a mis Padres, hermanos, abuelitos, tíos y primos, por su preocupación, apoyo y cariño, por ser parte de mi vida y estar a mi lado

Gracias a la Universidad Técnica de Ambato, a la facultad de ingeniería Civil y Mecánica por haberme brindado la oportunidad de educarme en sus aulas.

Gracias a todos los profesores que me instruyeron en mi carrera universitaria y en especial al Ing. Mg. Favio Portilla, quien con su conocimiento y gran experiencia ha guiado el desarrollo del presente trabajo experimental

Y finalmente quiero agradecer a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de esta gran meta de vida.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

A. PÁGINAS PRELIMINARES	i
CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	ii
DERECHOS DE AUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
B. CONTENIDOS.....	1
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación.....	3
1.1.3. Fundamentación Teórica.....	4
Suelo.....	4
a) Origen de los suelos	4
b) Morfología del suelo	5
c) Principales propiedades demandadas por el ingeniero.....	5
Clasificación de los suelos	6
a) Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).....	7
b) Sistema de clasificación del departamento de caminos públicos (AASHTO)	11
Suelos granulares	13
Métodos y técnicas del reconocimiento de suelos.	13
Muestras alteradas e inalteradas.....	14

a) Muestras alteradas.....	14
b) Muertas inalteradas.....	14
Propiedades físicas e índices.....	15
Textura.....	15
La estructura.....	16
La porosidad.....	18
Densidad del suelo.....	19
Relación volumétricas y gravimétricas de los suelos.....	19
Relación de vacíos (e).....	21
Porosidad (n).....	21
Grado de saturación (Sr).....	22
Contenido de humedad (w).....	22
Peso volumétrico γ	23
Gravedad específica relativa de los suelos (Gs o Ss).....	24
Densidades de los suelos.....	24
Granulometría.....	24
Estados de consistencia.....	27
Propiedades mecánicas.....	31
Compactación de suelos.....	31
Resistencia del suelo.....	33
Polímeros.....	36
Clasificación de los polímeros.....	37
El Caucho (Elastómeros).....	40
Caucho sintético.....	41
Propiedades del caucho.....	42
Diferencias entre el caucho natural y el caucho SBR.....	43
Vulcanización del caucho.....	44
Neumáticos.....	45
Reutilización.....	47
1.1.4. Hipótesis.....	48
1.2. Objetivos.....	48
1.2.1. Objetivo General.....	48
1.2.2. Objetivos Específicos.....	48

CAPÍTULO II	49
2. METODOLOGÍA.....	49
2.1. Materiales y Equipos	49
2.2. Métodos	57
2.3. Plan de Recolección de Datos	57
2.4. Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	60
2.4.1. Plan de Procesamiento	60
2.4.2. Plan de análisis de la información.....	60
CAPÍTULO III.....	62
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
3.1. Análisis y discusión de los resultados	62
3.1.1. Análisis de propiedades índice y físicas.....	62
3.1.2. Análisis de Clasificación de Suelos	63
3.1.3 Análisis de las propiedades Mecánicas de cada Parroquia.	65
3.1.4 Análisis individual de propiedades Físico - Mecánicas de muestras alteradas.	66
3.1.4.1. Propiedades Físicas – Muestras alteradas.....	67
3.1.4.2. Propiedades Mecánicas – Muestras alteradas.....	71
a. Parroquia Juan Benigno Vela.....	71
b. Parroquia Izamba	76
c. Parroquia Montalvo.....	81
3.1.5 Análisis general de las Propiedades Mecánicas	86
a. Análisis general de Humedad Óptima vs. % Partículas de Caucho.....	86
b. Análisis general de la Densidad Seca Máxima vs. % Partículas de caucho 88	
c. Análisis general de CBR vs. % Partículas de caucho	89
3.2. Verificación de hipótesis	91
CAPITULO IV	92
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
4.1. Conclusiones	92
4.2. Recomendaciones	95
c) MATERIALES DE REFERENCIA.....	96
Referencia Bibliografía	96

C.1. Ensayos	98
C.1.1. Parroquia Juan Benigno Vela	99
C.1.2. Parroquia Izamba.....	123
C.1.3. Parroquia Montalvo	147
C.2. Fotografías.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Horizontes y Capas principales del suelo	5
Figura 2: Carta de plasticidad de la SUCS	11
Figura 3: Clases texturales básicas del suelo	15
Figura 4: Clases de estructuras del suelo	17
Figura 5: Diagrama de una muestra de suelo que ilustra el significado de los símbolos usados en las relaciones gravimétricas y volumétricas.	20
Figura 6: Curva granulométrica de un suelo	25
Figura 7: Límites de Atterberg	28
Figura 8: Equipo de casa grande	29
Figura 9: Curva de flujo que permite determinar el límite líquido	30
Figura 10: Curva humedad – densidad seca	32
Figura 11: Influencia del tipo de suelo en la curva humedad – densidad seca	33
Figura 12: Obtención del índice CBR	35
Figura 13: Representación molecular del polietileno	36
Figura 14: Representación desarrollada del polietileno	36
Figura 15: Estructura lineal de un polímero	38
Figura 16: Estructura Entrecruzada de un polímero	38
Figura 17: Estructura ramificada de un polímero	38
Figura 18: Estructura Homopolímero de un polímero	39
Figura 19: Estructura de Copolímeros de un polímero	39
Figura 20: Estructura repetitiva del caucho bruto	40
Figura 21: Cadena de una macromolécula de caucho natural	41
Figura 22: Combinación del caucho Estireno butadieno	43
Figura 23: Composición del caucho estireno butadieno	43
Figura 24: Cadena de un polímero antes del proceso de vulcanización	45
Figura 25: Cadena de un polímero después del proceso de vulcanización	45
Figura 26: Pozo a Cielo Abierto	52
Figura 27: Densidad de Campo (Cono y Arena de Ottawa)	52
Figura 28: Contenido de humedad natural	53
Figura 29: Gravedad Específica de Sólidos	53
Figura 30: Granulometría	54

Figura 31: Límite Líquido (Copa Casagrande)	54
Figura 32: Límite Plástico	55
Figura 33: Ensayo de Proctor modificado.....	55
Figura 34: Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)	56
Figura 35: Mapa de Ubicación de calicatas	58
a) Límite Líquido vs Partículas de caucho.....	68
Figura 36: Límite Líquido vs % Partículas de Caucho	68
Figura 37: Límite Plástico vs % Partícula de Caucho.....	69
Figura 38: Índice Plástico vs % Partículas de caucho.....	70
Figura 39: Humedad Óptima% vs %Partículas de Caucho.....	72
Figura 40: Densidad Seca Máxima vs. Partículas de caucho.....	73
Figura 41: CBR vs % Partículas de caucho	74
Figura 42: Comparación CBR-Humedad Óptima - Densidad Seca Máxima	75
Muestra: Juan Benigno Vela	75
Figura 43: Humedad Óptima% vs. %Partículas de Caucho.....	77
Figura 44: Densidad Seca Máxima vs Partículas de caucho.....	78
Figura 45: CBR % vs % Partículas de caucho	79
Figura 46: Comparación CBR – Humedad Óptima – Densidad Seca Máxima	80
Muestra: Izamba.....	80
Figura 47: Humedad Óptima% vs. %Partículas de Caucho.....	82
Figura 48: Densidad Seca Máxima vs Partículas de caucho.....	83
Figura 49: CBR % vs. % Partículas de caucho	84
Figura 50: Comparación CBR – Humedad Óptima – Densidad Seca Máxima	85
Muestra: Montalvo	85
Figura 51: Humedad Óptima vs. %Partículas de Caucho	86
Figura 52: Densidad Seca Máxima Vs % Partículas de caucho.....	88
Figura 53: CBR vs. %Partículas de Caucho.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de suelos según la SUCS	7
Tabla 2: Clasificación unificada de suelos (Suelos de grano grueso).....	8
Tabla 3: Clasificación de los suelos gruesos según el porcentaje que pasa el tamiz N° 200	9
Tabla 4: Clasificación unificada de suelos (SUCS).....	9
Tabla 5: Sistema de clasificación de suelos unificado SUCS (Suelo de grano fino). 10	
Tabla 6: Clasificación de suelos según norma AASHTO.....	12
Tabla 7: Clasificación granulométrica de los suelos.....	26
Tabla 8: Especificaciones Proctor modificado.....	32
Tabla 9: Valores de la presión unitaria que se utiliza en la ecuación general.....	35
Tabla 10: Cuadro comparativo entre el caucho SBR y Caucho natural.....	44
Tabla 11: De forma general los neumáticos están formados por los siguientes componentes.....	46
Tabla 12: Componentes detallados que componen un neumático	46
Tabla 13: Componentes químicos del neumático	47
Tabla 14: Materiales y equipos	49
Tabla 15: Ubicación geográfica de las parroquias	57
Tabla 16: Identificación del tipo de ensayo	59
Tabla 17: Ensayos que se realiza en cada muestra.....	59
Tabla 18: Propiedades Índice y Físicas	62
Tabla 19: Clasificación de los Suelos	63
Tabla 20: Propiedades Mecánicas	65
Tabla 21: Estado de consistencia	67
Tabla 22: Propiedades Mecánicas (Suelo-Partículas de caucho).....	71
Tabla 23: Resultados CBR.....	74
Tabla 24: Propiedades Mecánicas (Suelo-Partículas de caucho).....	76
Tabla 25: Resultados CBR.....	79
Tabla 26: Propiedades Mecánicas (Suelo-Partículas de caucho).....	81
Tabla 27: Resultados CBR.....	84
Tabla 28: Valor de Humedad Óptimo más alto	87
Tabla 29: Valor de Densidad seca máxima más alta.....	88

Tabla 30: Valor del Porcentaje de CBR más alta.....	90
-----------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Contenido de Humedad	99
Anexo 2: Densidad Cono y Arena	100
Anexo 3: Granulometría.....	101
Anexo 4: Límites de Atterberg (Clasificación del suelo).....	102
Anexo 5: Límites de Atterberg con 3% de partículas de caucho (Estado de consistencia).....	103
Anexo 6: Límites de Atterberg con 6% de partículas de caucho (Estado de consistencia).....	104
Anexo 7: Límites de Atterberg con 9% de partículas de caucho (Estado de consistencia).....	105
Anexo 8: Límites de Atterberg con 12% de partículas de caucho (Estado de consistencia).....	106
Anexo 9: Gravedad Específica.....	107
Anexo 10: Proctor Modificado con 0% de Partículas de caucho.....	108
Anexo 11: Proctor Modificado con 3% de Partículas de caucho.....	109
Anexo 12: Proctor Modificado con 6% de Partículas de caucho.....	110
Anexo 13: Proctor Modificado con 9% de Partículas de caucho.....	111
Anexo 14: Proctor Modificado con 9% de Partículas de caucho.....	112
Anexo 15: CBR con 0% de Partículas de caucho	113
Anexo 16: CBR con 3% de Partículas de caucho	115
Anexo 17: CBR con 6% de Partículas de caucho	117
Anexo 18: CBR con 9% de Partículas de caucho	119
Anexo 19: CBR con 12% de Partículas de caucho	121
Anexo 20: Contenido de Humedad	123
Anexo 21: Densidad Cono y Arena	124
Anexo 22: Granulometría.....	125
Anexo 23: Límites de Atterberg (Clasificación del suelo).....	126
Anexo 24: Límites de Atterberg con 3% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	127
Anexo 25: Límites de Atterberg con 6% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	128
Anexo 26: Límites de Atterberg con 9% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	129

Anexo 27: Límites de Atterberg con 12% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	130
Anexo 28: Gravedad Específica.....	131
Anexo 29: Proctor Modificado con 0% de Partículas de caucho.....	132
Anexo 30: Proctor Modificado con 3% de Partículas de caucho.....	133
Anexo 31: Proctor Modificado con 6% de Partículas de caucho.....	134
Anexo 32: Proctor Modificado con 9% de Partículas de caucho.....	135
Anexo 33: Proctor Modificado con 12% de Partículas de caucho.....	136
Anexo 34: CBR con 0% de Partículas de caucho	137
Anexo 35: CBR con 3% de Partículas de caucho	139
Anexo 36: CBR con 6% de Partículas de caucho	141
Anexo 37: CBR con 9% de Partículas de caucho	143
Anexo 38: CBR con 12% de Partículas de caucho	145
Anexo 39: Contenido de Humedad	147
Anexo 40: Densidad Cono y Arena	148
Anexo 41: Granulometría.....	149
Anexo 42: Límites de Atterberg (Clasificación del suelo).....	150
Anexo 43: Límites de Atterberg con 3% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	151
Anexo 44: Límites de Atterberg con 6% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	152
Anexo 45: Límites de Atterberg con 9% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	153
Anexo 46: Límites de Atterberg con 12% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia).....	154
Anexo 47: Gravedad Específica.....	155
Anexo 48: Proctor Modificado con 0% de Partículas de caucho.....	156
Anexo 49: Proctor Modificado con 3% de Partículas de caucho.....	157
Anexo 50: Proctor Modificado con 6% de Partículas de caucho.....	158
Anexo 51: Proctor Modificado con 9% de Partículas de caucho.....	159
Anexo 52: Proctor Modificado con 12% de Partículas de caucho.....	160
Anexo 53: CBR con 0% de Partículas de caucho	161
Anexo 54: CBR con 3% de Partículas de caucho	163
Anexo 55: CBR con 6% de Partículas de caucho	165

Anexo 56: CBR con 9% de Partículas de caucho	167
Anexo 57: CBR con 12% de Partículas de caucho	169
Anexo 58: Partículas de Caucho	172
Anexo 59: Extracción de la capa Vegetal	172
Anexo 60: Excavación de pozo a cielo abierto	173
Anexo 61: Medición de pozo a cielo abierto	173
Anexo 62: Calicata.....	174
Anexo 63: Preparación de Ensayo de Cono y Arena	174
Anexo 64: Ensayo Cono y Arena.....	175
Anexo 65: Granulometría (Tamizadora).....	175
Anexo 66: Ensayo de Gravedad Especifica	176
Anexo 67: Ensayo de Limite Liquido	176
Anexo 68: Ensayo de Proctor Modificado.....	177

RESUMEN

En el presente trabajo experimental se analizó los efectos que provocan las partículas de caucho en las propiedades físico-mecánicas de un suelo granular al añadirse en diferentes porcentajes (0- 3- 6- 9 y 12 por ciento), para el cual se utilizó tres muestras de suelo de diferentes parroquias de la provincia de Tungurahua (Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo), con las que se generaron 5 especímenes diferentes por cada porcentaje de caucho reciclado de cada muestra.

Para analizar las alteraciones que sufren las propiedades físicas y mecánicas en los especímenes con aditivo se realizaron varios ensayos de laboratorio siendo estos: Límite líquido (Copa de Casa grande) y Límite plástico el cual ayudó a observar las modificaciones que sufre el estado de consistencia en un suelo granular al ser añadido los distintos porcentajes de partículas de caucho, mientras que, los ensayos de Proctor Modificado y CBR se utilizaron para estudiar los efectos que provocan los diferentes porcentajes de aditivo en la resistencia del suelo granular.

Por medio de gráficos y tablas se realizó un análisis comparativo en el cual se detalló de forma individual el comportamiento de cada una de las propiedades analizadas, pues de esta manera se observó con mayor facilidad las modificaciones que sufre un suelo granular en sus propiedades físicas y mecánicas al ser alteradas con porcentajes de caucho en relación a las propiedades físicas mecánicas de un suelo granular sin ser modificado.

Palabras clave: Suelo granular, Estado de consistencia, Resistencia del suelo, partículas de caucho

ABSTRACT

In the present experimental work were analyzed the effects caused by rubber particles on the physical-mechanical properties in samples of a granular soil when added in different percentages (0- 3- 6- 9 and 12 percent), for which, were used three natural soil samples from different locations (Juan Benigno Vela, Izamba and Montalvo parishes) of the Ambato canton, in the Province of Tungurahua. In-situ dry and wet densities and natural moisture content were initially determined.

To examine the alterations experienced by the different soil-rubber mixtures in their consistency (5 per sample), laboratory tests were carried out such as liquid limit (Casagrande Cup) and plastic limit. On the other hand, maximum dry densities and optimum moisture contents (Modified Proctor Test) and the respective CBR values were obtained in 15 specimens, to determine the influence of rubber particles on the density and bearing capacity of the studied soils.

Finally, through several comparative graphs, the analysis of the obtained results was performed, individually detailing the behavior of the previously described properties, in order to interpret in this way, the modifications suffered by granular soils when altering them with percentages of rubber and their relationship with the soil in its natural state.

Keywords: Granular soils, Atterberg Limits, State of consistency, Compaction test, CBR, rubber particles.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

El presente trabajo experimental está basado en documentos que son el resultado de distintas investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo y consultados en la red acerca de la adición de partículas de caucho en suelos.

Existen varios artículos científicos en que se estabiliza suelos con la utilización de neumáticos reciclados, obteniendo de éstos las fibras o partículas de caucho, básicamente la información se centra en el mejoramiento de suelos de mala calidad, tal es el caso de Jagtar Singh y Jasvir Singh Rattan [1], que estabilizó un suelo arcilloso con caucho triturado utilizando el 1%, 2% y 3% de aditivo con diferentes tamaños, en el que se puede observar que el contenido óptimo de humedad aumenta al incrementar el porcentaje de neumáticos triturados, ya que éstos tienen cierta capacidad de absorber agua, la densidad seca máxima del suelo disminuye al aumentar el porcentaje de neumáticos triturados, esto se debe al peso de los residuos de los neumáticos.

En la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, de la Facultad de Ingeniería, se realizó una investigación que trata sobre “Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado”, en el cual consiste realizar varios ensayos como: Granulometría, humedad, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, tanto en el suelo natural como en el suelo modificado. Se utilizó dos tipos de suelos diferentes.

El primer tipo de suelo fue una Grava-Arcillosa seleccionada de una cantera que contenía el 55.6% de grava del total de la masa, el 30.6% de arena fina del total de la masa y el 13.8% de finos del total de la masa, al cual fue añadido caucho liviano

granulado y totalmente limpio de impurezas de 1-4 mm de tamaño, en el que se pudo concluir que, el caucho utilizado posee varios problemas, una de ellas es la capacidad de absorción de agua que hace que varíe la resistencia de toda la muestra, además en los ensayos de CBR el suelo y el caucho no trabajaban como un solo elemento por lo tanto, estos no lograban compactarse. El peso específico del agua era mayor al del caucho usado dando como consecuencia que al sumergir el caucho este trataba de salir a la superficie provocando espacios vacíos en la probeta.

Una ventaja del caucho es su bajo peso específico, por lo que el material perderá peso a medida que se vaya añadiendo el caucho, para no bajar más su resistencia esto se podría utilizar en climas secos con un nivel freático muy bajo.

El segundo tipo de suelo fue una Arcilla de alta plasticidad seleccionada de una cantera que contenía el 9.3% de grava del total de la masa, el 12.5% de arena fina del total de la masa y el 78.3% de finos del total de la masa, al cual fue añadido llanta triturada con todas las impurezas que pasan el tamiz $\frac{3}{4}$, en el que se pudo concluir que, los “Rubber chips” (caucho) utilizados en la mezcla tiene varias ventajas en comparación al caucho granulado, ya que las impurezas en los Rubber chips consumen más tiempo para eliminarlas y esta característica es la principal razón de la buena resistencia que posee este material, El peso específico del material fue decreciendo a medida que se incrementa el caucho en la mezcla, por lo tanto el peso del material se aliviano, e incremento su resistencia un 123% [2].

1.1.2. Justificación

El suelo de construcción es la base primordial para el inicio de una obra civil, el cual tiene que cumplir con ciertas características que permita que el suelo realice su trabajo de manera óptima, para poder determinar si un suelo es apto para la construcción civil tiene que cumplir con ciertos requerimientos que se obtiene a través de ensayos que se puede realizar en el campo y en el laboratorio por medio de muestras tomadas del lugar de análisis.

Se considera un suelo de buena calidad cuando cumple con una de las propiedades más importantes que es la resistencia al corte, el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) es uno de los parámetros más comunes para realizar esta prueba de resistencia, utilizada para evaluar la calidad de la subrasante de los suelos [3], en la que se incluirá distintos porcentajes de partículas de caucho reciclado.

La eliminación de los materiales de desecho es uno de los problemas ambientales más graves de todo el mundo, el neumático de desecho forma parte de estos residuos de desecho. En general, quemar los neumáticos de desecho se ha convertido en la forma más barata y fácil de descomponerlos. Sin embargo, la contaminación del aire causada por la liberación de grandes cantidades de gases de efecto invernadero debido a la combustión hace que este método sea tan inaceptable que también ha sido prohibido por la ley en muchos países [4].

El uso cada vez mayor del automóvil como medio principal de transporte ha impulsado enormemente la producción de neumáticos. Hasta la actualidad no se ha podido determinado una solución para eliminar los neumáticos de desecho. Estados Unidos ocupa el primer lugar en el mundo con 270 millones de llantas de desecho anualmente, seguidas de Japón con más de 110 millones de neumáticos de desecho generados cada año [5], mientras que, en Ecuador de acuerdo con cifras del Sistema Ecuatoriano de Gestión Integral de Neumáticos Usados (Seginus), se desechan anualmente 2,4 millones de neumáticos, cuyo material puede ser aprovechado en 95% [6]. Los Neumático de goma puede ser utilizado en una variedad de aplicaciones de ingeniería civil, como en construcción de carreteras, en trabajos geotécnicos, como combustible

en hornos de cemento e incineración para la producción de electricidad o como un agregado en productos a base de cemento [7].

El presente trabajo tiene como finalidad determinar los efectos positivos o negativos que cause la adición de partículas de caucho reciclado en las propiedades físico-mecánicas de los suelos granulares.

1.1.3. Fundamentación Teórica

Suelo

a) Origen de los suelos

El suelo es producto de cambios físicos y químicas de las rocas que se encuentran cerca de la superficie de la corteza terrestre. Este proceso es conocido como meteorización el cual ayuda al transporte de los materiales que se modifican, para así posteriormente depositarlos y formar alteritas, de esta manera y por medio de diferentes procesos el suelo se consolida como tal.

Se establece diversos tipos de suelos en función del tamaño de las partículas que lo componen y de la naturaleza de la roca madre [8].

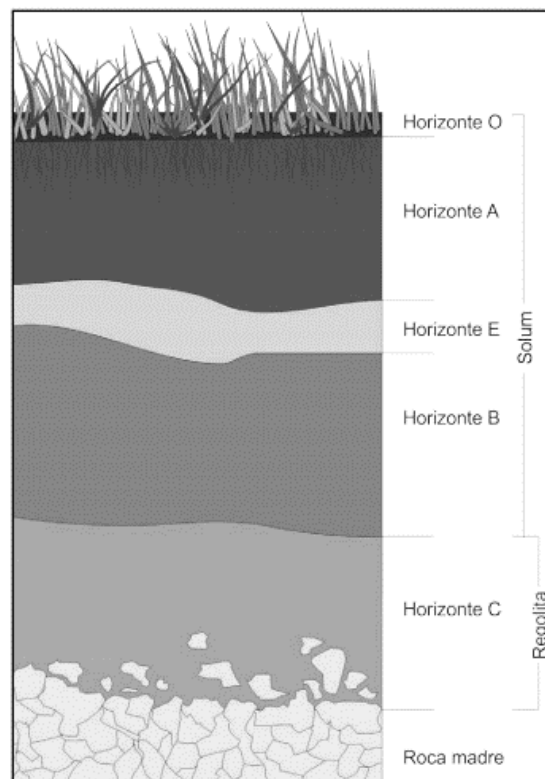
Básicamente el suelo está formado por minerales de diferente naturaleza y tamaño, el contenido de humedad que posee este material se debe a los poros que contenga la muestra. En función del tamaño las partículas del suelo se clasifican en gravas, arenas limos y arcillas, la cantidad que exista de cada componente sirve para determinar las propiedades del suelo, el total de arcilla presente establece si un suelo es cohesivo o no cohesivo, la porción de limos y arcilla controla las propiedades plásticas de los suelos [9]

b) Morfología del suelo

Perfil del suelo – Horizontes

El perfil del suelo está constituido por el conjunto de horizontes, los cuales se encuentran de forma genética relacionados entre sí. La evolución y formación del suelo bajo el dominio de procesos y factores pedogenéticos dan como resultado los diferentes estratos sucesivos de textura, de estructura, de color entre otras propiedades. Los horizontes y capas de suelos principales son representados con las letras mayúsculas O, L, A, E, B, C, R y W [10].

Figura 1: Horizontes y Capas principales del suelo



Fuente: Morfología del suelo – Fadda S Guillermo, .2017

c) Principales propiedades demandadas por el ingeniero

Un ingeniero civil tiene que identificar las propiedades de los suelos para evaluarlos en el instante de ejecutar una obra y debe conseguir condiciones estables que

garanticen la estabilidad y durabilidad de las estructuras. Las propiedades son evaluadas en laboratorio.

- Estabilidad volumétrica: Su finalidad es conseguir suelos con volúmenes constantes, es decir que el volumen del suelo no debe variar al ser aplicado una carga o ante la intervención de agentes como el secado o el agua, debido a que los cambios de humedad afectan la estabilidad volumétrica de un suelo.
- Resistencia mecánica: Los suelos poseen una resistencia mecánica que permite la estabilidad de los taludes o de las estructuras que soportan, el drenaje y la compactación hace que aumente esta resistencia, mientras que la humedad y la disolución de cristales (arcillas sensitivas) la disminuye.
- Compresibilidad: Esta propiedad del suelo está relacionada con su susceptibilidad a reducir su volumen cuando se aplica cargas, Esto modifica la permeabilidad, afecta el sentido y magnitud de las fuerzas inter-partícula y altera la resistencia del suelo al esfuerzo cortante.
- Durabilidad: Es la capacidad del suelo para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, de la abrasión, de la meteorización física o química o de algún otro proceso de deterioro. La vida útil del suelo se ve amenazada frente a la erosión, la abrasión y el intemperismo.

Estas propiedades pueden ser modificadas de distintas formas: por la compactación del suelo, por medios mecánicos, la instalación de subdrenajes, cambios de temperatura o la adición de estabilizantes (asfalto, cal, sales, cemento, etc.) [11].

Clasificación de los suelos

El sistema de clasificación de suelos se utiliza como una forma de ordenar los diferentes tipos de suelos en grupos que poseen similares características, su principal objetivo es dar facilidades para valorar las aptitudes o propiedades de un suelo por comparación con un mismo suelo el cual se conoce sus propiedades, y también facilita al ingeniero un método preciso para determinar la descripción del suelo.

Existen diferentes propiedades del suelo que analiza el ingeniero y una variedad de combinaciones de estas propiedades en cualquier depósito natural del mismo que hace difícil utilizar cualquier sistema de clasificación universal. Es por esta razón que los grupos o clases se basan en las propiedades que son más importantes de acuerdo con la característica principal de la obra de ingeniería [12].

a) Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

En este sistema se debe conocer principalmente cual es el tipo de suelo y el prefijo que se utiliza para representar cada uno de estos, así como también el subgrupo el cual pertenece el tipo de suelo y el sufijo con el cual se identifica cada subgrupo.

Tabla 1: Clasificación de suelos según la SUCS

TIPO DE SUELOS	PREFIJOS	SUBGRUPO	SUFIJO
GRAVA	G	Bien Graduado	W
ARENA	S	Pobrementemente Graduado	P
LIMO	M	Limoso	M
ARCILLA	C	Arcilloso	C
ORGÁNICO	O	Baja Plasticidad	L
		Alta plasticidad	H

Fuente: Sistema unificado de clasificación de suelos.

Este sistema divide el suelo en dos clases:

Granos gruesos: Son aquellos que se retienen más del 50 % de las partículas en el tamiz N° 200 (0.074 mm). En caso de que el porcentaje que pasa el tamiz N° 4 (4.75 mm) es mayor al 50% se considera como arena caso contrario se considera como grava [13].

Identificación en el campo

Tabla 2: Clasificación unificada de suelos (Suelos de grano grueso).

Identificación en el campo			Símbolos del grupo	Nombres típicos	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaño, con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	Fracción fina no plástica (Para la identificación ver el grupo ML, más bajo)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
			Finos plásticos (Para identificación ver el grupo CL, más bajo)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaño, con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	Finos no plásticos (Para identificación ver el grupo ML, más bajo)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
			Finos plásticos (Para identificación ver el grupo CL, más bajo)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.

Fuente: Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Criterio de clasificación en el laboratorio

En el caso de los suelos gruesos se debe analizar el porcentaje que pasa el tamiz N° 200 ya que esta representa el porcentaje de finos que contiene la muestra.

Tabla 3: Clasificación de los suelos gruesos según el porcentaje que pasa el tamiz N° 200

Finos < 5%		Criterio	5% < Finos < 12%		Criterio	12% < Finos		Criterio
Arenas	Gravas	(a)	Arenas	Gravas	(a)	Arenas	Gravas	(b)
SP	GP		SP - SM	GP - GM		SM	GM	
SW	GW		SP - SC	GP - GC		SC	GC	
			SW - SM	GW - GM				
			SW - SC	GW - GC	(b)			

Fuente: Sistema unificado de clasificación de suelos

Tabla 4: Clasificación unificada de suelos (SUCS).

IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
Utilice la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo indicadas en la columna de identificación en el campo	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$ Entre 1 y 3
	No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.	
	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} * D_{60}$ entre 1 y 3	
	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.	

Fuente: Sistema unificado de clasificación de suelos

Granos finos: Son aquellos que pasan más del 50% el tamiz N° 200 (0.074 mm), estos se dividen en tres grupos: arcillas, limos y arcillas limosas, limos y arcillas orgánicas, la base para la división de los suelos finos es la gráfica de plasticidad de Casa grande el cual también sirve para comparar diferentes suelos [12].

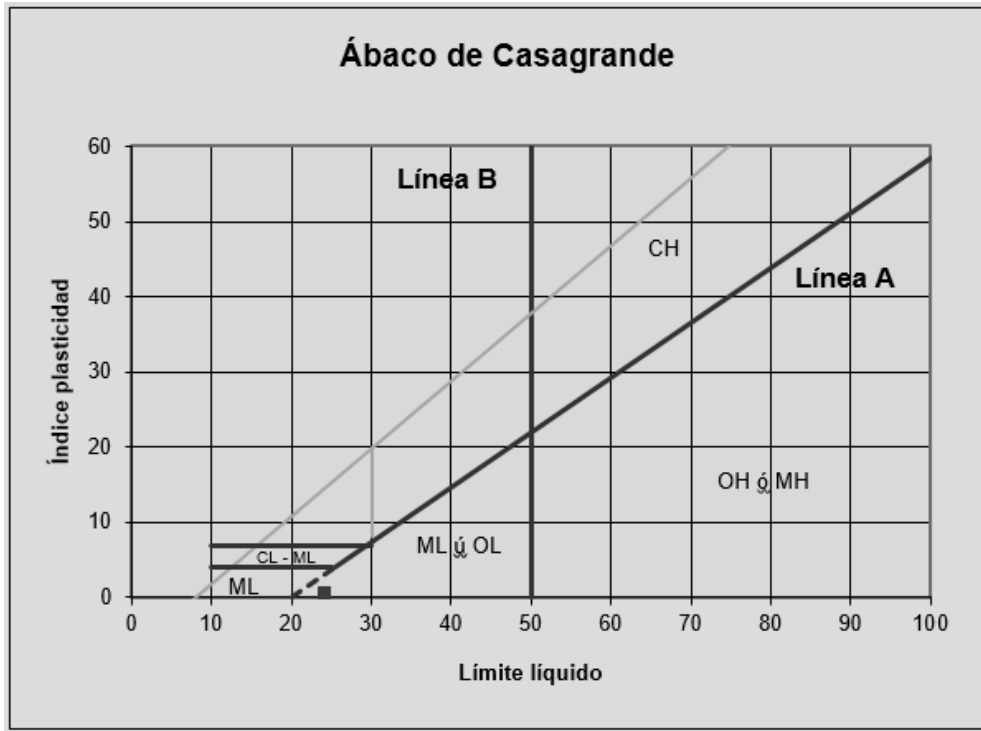
La carta de plasticidad está representada por un plano cartesiano, en el eje X se ubica el porcentaje de límite líquido y en el eje Y se encuentra el porcentaje de índice de plasticidad que tiene la muestra analizada, la unión de las dos coordenadas sirve para obtener el tipo de suelo fino al que corresponde la muestra en estudio. La carta de plasticidad contiene dos líneas principales: la línea diagonal (A) que separa las arcillas (parte superior) de los limos (parte inferior) y la línea vertical recta (B) que se encuentra al 50 por ciento del límite líquido el cual divide los suelos de baja plasticidad (a la izquierda) con los suelos de alta plasticidad (a la derecha).

Tabla 5: Sistema de clasificación de suelos unificado SUCS (Suelo de grano fino)

SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plásticidad.
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	

Fuente: Sistema unificado de clasificación de suelos.

Figura 2: Carta de plasticidad de la SUCS



Fuente: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

b) Sistema de clasificación del departamento de caminos públicos (AASHTO)

Este sistema es utilizado para la construcción de terraplenes y subrasantes de carreteras, el cual divide en tres categorías a todos los suelos: Granular: Son aquellos que tienen el 35% o más del material retenido por el tamiz N° 200; Limo arcilla: Son aquellos que pasa más del 35% por el tamiz N° 200 y suelos orgánicos, las dos primeras categorías se subdividen de acuerdo con la plasticidad y característica de graduación [12].

Tabla 6: Clasificación de suelos según norma AASHTO

DIVISIÓN GENERAL	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
Grupo:	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Porcentaje que pasa por cada tamiz ASTM)												
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-	-				-		-		
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-				-		-		
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín		36 mín		
ESTADO DE CONSISTENCIA (De la fracción de suelos que pasa el tamiz ASTM N° 40)												
Límite líquido	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)		
Índice de plasticidad	6 máx	NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín		
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Constituyentes principales (Tipología)	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Características como subgrado (Calidad)	Excelente a bueno						Aceptable a malo					
(1):	No plástico											
(2):	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30											
	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30											

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Se aplica a las clases de suelo los símbolos desde A1 hasta A7, lo significa que mientras el número aumenta la calidad del suelo baja. La subdivisión de algunas clases sirve para mostrar diferencias de la plasticidad.

Índice de grado (IG)

El índice de grupo (IG) se calcula con la siguiente formula:

$$(IG) = (F - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01(F - 15) * (IP - 10)$$

F, Porcentaje que pasa el tamiz N° 200

LL, Límite Líquido

IP, Índice de plasticidad

En los suelos de los subgrupos A - 2 - 6 y A - 2 - 7 el índice de grupo se calcula de la siguiente manera:

$$(IG) = 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

Para suelos A - 1 - a, A - 1 - b, A - 2 - 4, A - 2 - 5 y A - 3 que no son plásticos su índice de grado siempre será cero [14].

Suelos granulares

Los suelos granulares son fragmentos de roca producidos por acciones erosivas. Su tamaño y forma depende de: la calidad de la roca madre de donde se originaron, del grado de meteorización y del desgaste que haya sufrido durante el transporte. Se localizan en: los depósitos glaciares, los fondos de los valles, acumulaciones volcánicas, las brechas de falla, los lechos de los ríos y lagos. A falta de este tipo de material en estado natural, se generan artificialmente triturando la roca sana. Debido a su uso tan generalizado, se dispone de una gran cantidad de estudios experimentales que describen su comportamiento bajo distintas condiciones de carga [15].

Generalmente este tipo de suelos son considerados de buena calidad por lo que normalmente no requieren de un mejoramiento, sin embargo, existen suelos granulares que cumplen con la granulometría, pero tienen una resistencia baja a corte, debido a esto es necesario estabilizarlo.

Métodos y técnicas del reconocimiento de suelos.

Para que los resultados del laboratorio sean óptimos tenemos que realizar un buen programa de perforación y muestro.

Pozo a cielo abierto: Este método es un tipo de muestreo exploratorio en el que se realiza una excavación cuyas dimensiones deben ser suficientes para que un técnico pueda ingresar en ella y evaluar los distintos extractos que se encuentran en estado natural, la desventaja principal de este tipo de perforaciones es la presencia del nivel freático por lo tanto no se puede perforar a profundidades grandes, y se puede tomar muestras alteradas o inalteradas [16].

Perforaciones con barrenos helicoidales: Este método es un tipo de sondeo en el que únicamente se obtiene muestras alteradas, el paso de la hélice en el barreno es un factor importante el cual debe estar muy abierto para el muestro de suelos plásticos y mucho más cerrado para suelos arenosos [16].

Muestras alteradas e inalteradas

Aquellas fracciones de roca o suelo se denominan muestras representativas, que son capaces de representar todo el conjunto o extracto determinado, y no solo en su apariencia visual sino también en sus propiedades físico-mecánicas.

a) Muestras alteradas

Son aquellas en las que no es relevante que la muestra mantenga su estructura natural y condiciones del suelo, se debe utilizar los siguientes accesorios que cumplan ciertas características para la recuperación de estos suelos.

- Cucharas tipo Terzaghi o de uso análogo.
- Muestreadores de tubo sencillo.
- Excavaciones en forma de calicatas, frente de canteras, etc.

Con las muestras alteradas podemos realizar ensayos que no requieran condiciones naturales del suelo en situ, por ejemplo, algunas propiedades físicas como son, límites de consistencia, peso específico, granulometría, etc.

b) Muestras inalteradas.

Son aquellas en las que, si es relevante que la muestra mantenga su estructura natural y condiciones del suelo, en especial la humedad natural y la densidad natural van a sufrir cambios mínimos que se puede despreciar en comparación a su estado in situ. Para que la muestra inalterada tenga una buena calidad dependerá del muestreador o método utilizado para su extracción, este tipo de muestras son importantes ya que permiten determinar las características mecánicas y resistentes del suelo, como: triaxial, cortante, consolidación, etc. Y otras propiedades físicas como: Permeabilidad, densidad natural, etc. [16].

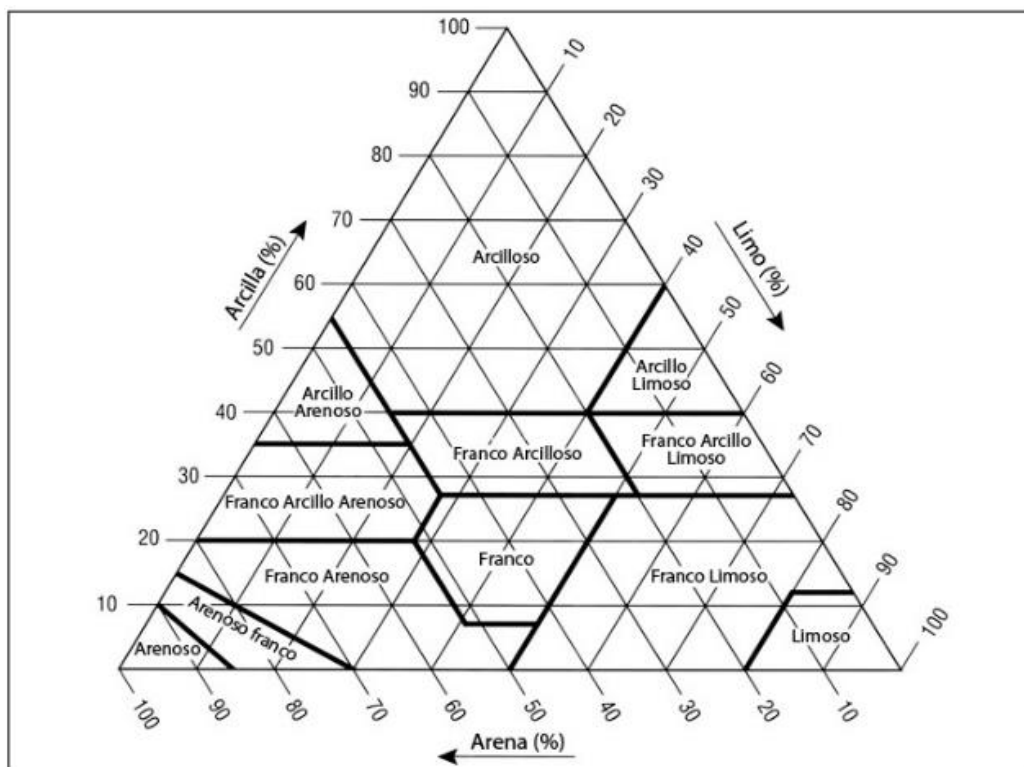
Propiedades físicas e índices

Textura

La textura se define como la relación entre los contenidos de las distintas fracciones granulométricas que forman el suelo, además hacen referencia a las porciones porcentuales de las partículas minerales individuales, menores de 2 mm de una masa de suelo, las cuales se agrupan por su tamaño: la arena (2 – 0.02 mm), el limo (0.02 – 0.002 mm) y la arcilla (0.002 mm).

Para iniciar cualquier estudio del suelo es necesario conocer su granulometría. En los términos textura se prescinde de los contenidos en gravas, que hace referencia a la fracción del suelo el cual se estudia en un laboratorio de análisis de suelos y que se conoce como tierra fina. La textura se puede definir de una manera gráfica en forma de un triángulo en el que se representa los valores de tres fracciones, el cual se conoce con el nombre de Triángulo textural [17].

Figura 3: Clases texturales básicas del suelo



Fuente: Física del suelo-Ing. Arg. Rafael Giménez

En cada lado del triángulo, se encuentra una de las fracciones cuyo valor concierne al 100 de la anterior y su 100 con el cero de la siguiente, siempre en dirección de las agujas del reloj. Cada muestra viene definida por un punto del interior del triángulo, el cual se obtiene trazando una paralela al lado anterior desde la escala que indica el contenido en la fracción que corresponde, con estas dos líneas queda establecido el punto representativo, ya que la tercera componente está en función de las dos anteriores porque deben sumar 100 todas ellas [17].

La estructura

Se define como la agrupación de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) para poder formar agregados, los mismos que están contruidos por partículas individuales, el cual le otorga al suelo una estructura. Es una consecuencia del estado de los coloides del suelo, cuando se encuentran floclados crean agregados más o menos estables mientras que las arenas, limos y arcillas quedan aislados cuando están dispersos.

La estructura del suelo es importante debido a que interfiere en la porosidad, el movimiento del agua en el suelo, modificación del aire y crecimiento de las raíces, Aumenta la resistencia a la erosión gracias a que la infiltración no permite la aparición de láminas superficiales, las cuales provocarían escorrentías.

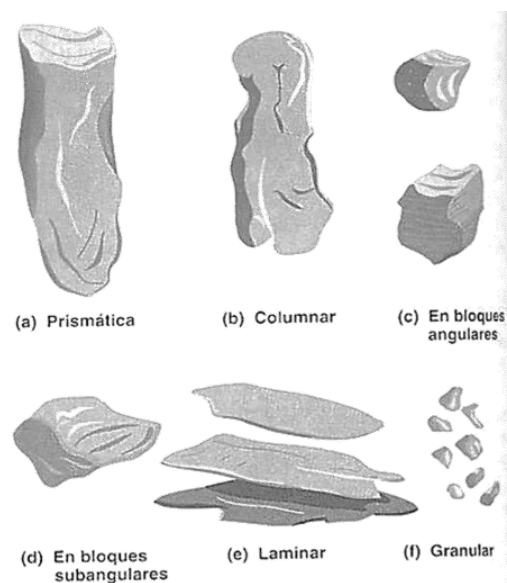
La estructura del suelo está definida por su tamaño, forma y grado de manifestación de agregados.

a) Forma: Se muestra con un determinado hábito

- Migajosa: Se encuentran comúnmente en el horizonte A, son agregados redondos y porosos (No se ajusta a los agregados próximos).
- Granular: Se encuentran comúnmente en el horizonte A, son agregados compactos de forma redondeada, con apenas poros en su interior.

- Angular: Se encuentran comúnmente en el horizonte B, Son agregados de forma poliédrica, de aristas vivas, vértices y con superficies planas.
- Subangular: Se encuentran comúnmente en el horizonte B, Son agregados poliédricos, con superficies poco planas, de aristas sin formación de vértices y despuntada.
- Prismática: Se encuentran a veces en el horizonte B y en ocasiones en el C, los bloques se desarrollan en una dirección vertical más que en los dos horizontales, comúnmente en horizontes arcillosos.
- Columnar: Prismas con la cara superior redondeada.
- Lamina: Se encuentran comúnmente en el horizonte E, los agregados se desarrollan en dos direcciones horizontales más que en la dirección vertical.
- Sin estructura: No existe desarrollo de agregados, horizontes de partículas masivas (endurecidos) o sueltas (pulverulentos).

Figura 4:Clases de estructuras del suelo



Fuente: Propiedades de los suelos – Emmanuel Ocaña, Alejandra Pittaluga

- b) Tamaño, la estructura se clasifica en: media fina y muy fina,
- c) Grado de desarrollo, esto depende de la intensidad con que se muestre el desarrollo de la estructura: fuerte, media, débil y nula [17].

La porosidad

La porosidad del suelo considera la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total, esta propiedad física depende básicamente de la actividad biológica del suelo, su textura y su estructura, mientras mayor es el grosor de la textura en las partículas mayor será el vacío que exista entre estos elementos, esto se puede controlar cuando las partículas finas ingresan a esos vacíos, es así que se considera que en los suelos arcillosos y limosos tienen mayor número de vacíos.

El valor que se obtiene de la porosidad permite tener una idea de la estructura del suelo, los mismos agentes que ayudan a destruir la porosidad también destruye la estructura. Por otra parte, la porosidad forma el dominio natural de las fases líquidas y gaseosas del suelo [17]

Tipos de poros

a) Poros no estructurales:

- Cavidades: Esto se produce cuando los poros de empaquetamiento sufren una desconexión que se puede provocar por reconsolidación o compactación.
- Cámaras: Son de forma elipsoide y esférica, se encuentran al final de las cavidades de las hormigas y los gusanos de tierra.
- Vesículas: Tienen una forma esférica, se encuentran por debajo de las costras causadas por la marca de las gotas de lluvia.

b) Poros estructurales

- Poros de empaquetamiento: Poseen una forma irregular y altamente interconectada. Son el resultado del empaquetamiento de agregados o elementos individuales.
- Fisuras: Se encuentran ocasionalmente conectados, y tienen una forma plana y larga, son producidos por algunos procesos mecánicos como de humedecimiento y secado, entre otros [18].

Densidad del suelo.

Está definida como la masa por unidad de volumen. Es conveniente diferenciar entre la densidad de sus componentes sólidos y la del conjunto del suelo, esto debido a su carácter poroso, y se debe incluir los vacíos, por esa razón la densidad se clasifica de la siguiente manera:

- a) Densidad real: Es designada de esta forma a la densidad de la fase sólida. La mayor parte de los minerales arcillosos tienen una densidad aproximada de 2.65 g/cm³.
- b) Densidad aparente: Refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que contenga la fase sólida como la gaseosa incluida en ella.

La densidad es variable según el suelo, incluso en cada horizonte ya que depende del volumen de los poros. En caso de que el suelo sea compacto, la densidad sube. En los horizontes A el valor de la densidad está comprendida entre 1 y 1.25, y en los horizontes B puede llegar hasta 1.5 o más [17].

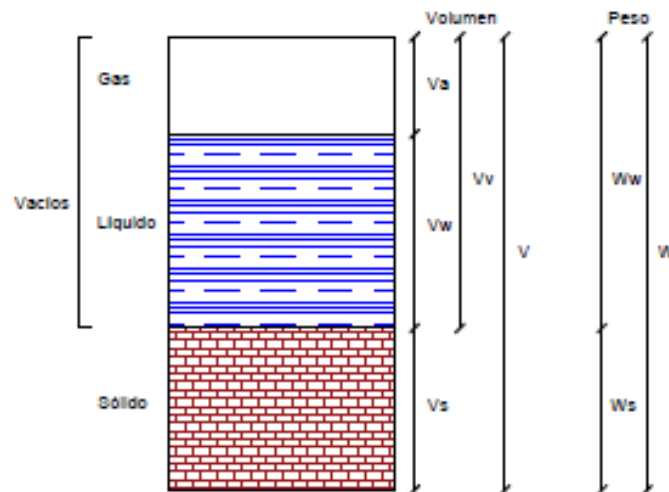
Relación volumétricas y gravimétricas de los suelos

El suelo cumple con un modelo trifásico, que consta de partículas sólidas rodeadas por

aire y agua, es decir una fase líquida, sólida y gaseosa. Por medio de algunas propiedades físicas se puede realizar las relaciones volumétricas (volumen) y gravimétricas (peso) que se hallan indicadas como la mezcla de sólidos, aire y agua [19].

La siguiente imagen demuestra cómo sería la representación gráfica del modelo trifásico del suelo en caso de que se pudiera separar las fases sólidas, líquidas y gaseosas [20].

Figura 5: Diagrama de una muestra de suelo que ilustra el significado de los símbolos usados en las relaciones gravimétricas y volumétricas.



Fuente: Ingeniería de cimentación – Ralph Peck, Walter Hanson, .9999 Thornburn

Para analizar el modelo trifásico del suelo se utiliza la siguiente nomenclatura:

Relación de volumen.

V , representa volumen total de la muestra de suelo.

V_s , representa el volumen de la fase sólida de la muestra.

V_v , representa el volumen de los vacíos de la muestra.

V_w , representa el volumen de la fase líquida.

V_a , representa el volumen de la fase gaseosa de la muestra.

Relación de peso.

W, representa el peso total de la muestra del suelo.

Ws, representa el peso de la fase sólida de la muestra.

Ww, representa el peso de la fase líquida de la muestra.

Wa, representa el peso de la fase gaseosa de la muestra, considerado nulo.

Relación de vacíos (e)

En la fase sólida del suelo se encuentran partículas de distintos tamaños, por lo que provoca la aparición de espacios o vacíos entre ellas, los vacíos pueden estar compuestos por agua o aire, la suma de los dos volúmenes es igual al volumen de vacíos total, también hay que tener en cuenta el volumen de sólidos.

$$V_v = V_w + V_a$$

Básicamente la relación de vacíos está definida por la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos [21].

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

El resultado de la relación de vacíos normalmente varía dependiendo del tipo de suelo: suelos granulares de 0.9 (suelos sueltos) a 0.35 (suelos densos) y suelos cohesivos de 5 (suelos muy compresibles) a 0.55 (suelos densos) [22]

Porosidad (n)

Esta relación de volumen considera el volumen de vacíos y el volumen total de la masa del suelo.

$$Vv = Vw + Va$$

$$Vm = Vw + Va + Vs$$

$$n = \frac{Vv}{Vm}$$

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

Cuando el suelo se comprime los datos para obtener la porosidad varían, es por esta razón que se debe tener en cuenta y determinar los asentamientos en los cálculos [22].

Grado de saturación (Sr)

El grado de saturación está definida por la relación que existe entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

$$Sr = \frac{Vw}{Vv}$$

Se debe tomar en cuenta que el resultado de esta relación nunca va a ser mayor a la unidad debido a que el volumen de agua siempre será menos que el volumen de vacíos por lo tanto el rango de Sw será de 0 cuando no exista espacios de agua, es decir un suelo completamente seco a 1 cuando el suelo este completamente saturado, en otros términos, cuando los poros estén llenos de agua [22].

Contenido de humedad (w)

El contenido de humedad o también conocido como contenido de agua gravimétrico se expresa en porcentajes (%) y es el resultado de la división entre el peso del agua y el peso del solido multiplicado por 100 [21].

$$w = \frac{Ww}{Ws}$$

El contenido de humedad puede superar el 100%, ya que no siempre el peso de los sólidos va a ser mayor que el peso del agua [21], el peso del agua normalmente va a ser superior en los suelos arcillosos o suelos que poseen un grado de saturación elevada [23].

Peso volumétrico γ

Esta relación es conocida como peso unitario o peso específico, y está definida por la división entre el peso y el volumen del suelo, existe diferentes tipos de pesos [20], el peso volumétrico saturado (γ_{sat}), el peso volumétrico natural (γ_m), donde se considera que hay un poco de humedad y el peso volumétrico seco (γ_d), se debe tomar en cuenta que γ_{sat} siempre será mayor que γ_m y γ_d [23].

$$W = W_s + W_w$$

$$V = V_s + V_w + V_a$$

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

El peso volumétrico se puede relacionar con otras propiedades que se combinan entre sí, como el contenido de agua, el peso de los sólidos del suelo y el volumen total [23].

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V}$$

$$\gamma = \frac{W_s \left[1 + \left(\frac{W_w}{W_s} \right) \right]}{V}$$

$$\gamma = \frac{W_s(1 + w)}{V}$$

Se utilizará el peso unitario seco (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

Al combinar estas dos últimas ecuaciones se obtiene la siguiente ecuación:

$$\gamma d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

Gravedad específica relativa de los suelos (Gs o Ss)

Para esta relación se debe tener en cuenta el volumen y el peso de la fase sólida.

$$Gs = \frac{Ws}{Vs * \gamma w}$$

Debido a la simplificación de las unidades la gravedad específica es adimensional, Gs suele tener valores cercanos a 2.7

Densidades de los suelos

$$\text{Densidad seca } (\rho d) = \frac{\text{Masa de solidos}}{\text{Volumen total}}$$

Granulometría

El análisis granulométrico está en función del tamaño de las partículas del suelo, el cual ayuda a obtener la proporción de los granos de suelo que participan, a esto se atribuye el nombre de gradación del suelo [13].

Para realizar un análisis granulométrico existen dos tipos de ensayos, el de sedimentación para la fracción de los suelos finos (arcillas, lomos) y el de tamizado que partículas grueso-granulares (gravas y arenas) [13].

Método del tamizado

La muestra de suelo a analizar se debe pasar por múltiples tamices organizados, de arriba hacia abajo con agujeros de tamaños decrecientes y conocidos. Inicia el tamizado en el tamiz de mayor tamaño, el cual se debe tapar para evitar pérdida de material fino, mientras que el último tamiz descansa sobre un recipiente en el que recibe el material más fino que no se pudo retener en ningún tamiz [13].

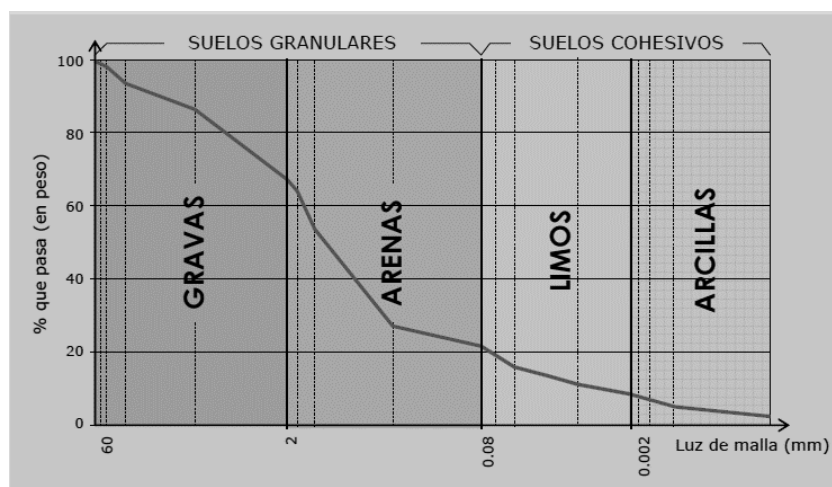
Método de sedimentación

Este método se utiliza en materiales constituidos por arcillas y limos y se divide en dos, el método de la pipeta y el método del hidrómetro, Ambos están basados en las características de la sedimentación de las partículas del suelo en un medio acuoso [13].

Curva granulométrica

Se debe realizar un gráfico semilogarítmico en escala aritmética en las ordenadas y escala logarítmica en las abscisas, con los resultados de los ensayos de sedimentación y tamizado en el cual se representa el porcentaje en peso de la muestra retenida o la que pasa para cada abertura de tamiz [8]

Figura 6: Curva granulométrica de un suelo



Fuente: Construcción y mantenimiento – Luis Bañón Blásquez, José Francisco Beví García

A partir del ensayo granulométrico se puede establecer la clasificación genérica de los suelos.

Tabla 7: Clasificación granulométrica de los suelos

Clasificación granulométrica de los suelos			
TIPOS	DENOMINACIÓN	TAMAÑO (mm)	
SUELOS GRANULARES	Bolos y bloques		≥60
	Grava	Gruesa	60 - 20
		Media	20 - 6
		Fina	2 - 6
	Arena	Gruesa	0,6 - 2
		Media	0,2 - 0,6
Fina		0,08 - 0,2	
SUELOS COHESIVOS	Limo	Gruesa	0,02 - 0,08
		Media	0,006 - 0,02
		Fina	0,002 - 0,006
	Arcilla		≤0,002

Fuente: Construcción y mantenimiento – Luis Bañón Blásquez, José Francisco Bevía García

A través de la curva granulométrica se puede diferenciar dos tipos de granulometrías:

Granulometría continua: La curva adopta una disposición continua debido a que los tamices retienen material, a este tipo de suelos se los llama bien graduados [8].

Granulometría discontinua: Varios tamices sucesivos no retienen material, por lo que la curva presenta tramos planos y picos, a este tipo de suelo se denomina mal graduado [8].

Para obtener una buena definición de la granulometría de un suelo se necesita dos coeficientes.

Coefficiente de uniformidad (C_u), Se define por la relación entre el diámetro que corresponde al tamiz por el que atraviesa un 60% del suelo y el diámetro que corresponde al tamiz por el que atraviesa el 10%.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

El valor del coeficiente de uniformidad debe cumplir las siguientes condiciones:

$C_u > 4 \rightarrow$ GW (Grava Bien Graduada)

$C_u > 6 \rightarrow$ SW (Arena Bien Graduada)

La granulometría del suelo y el tamaño de sus huecos son directamente proporcional, es decir, mientras más uniforme es la granulometría, más uniforme es el tamaño de sus huecos, por lo tanto alcanzará menores densidades, erosionará más fácilmente, etc. [24].

Coefficiente de curvatura C_c , Está definida por la relación entre el diámetro que corresponde al tamiz por el que atraviesa el 30% del suelo elevado al cuadrado y el diámetro que corresponde al tamiz por el que atraviesa el 10% por el diámetro que corresponde al tamiz que pasa el 60%.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Se clasifican los suelos como bien graduados cuando el coeficiente de curvatura está comprendido entre 1 y 3, esta condición es utilizada tanto en gravas como en arenas [19].

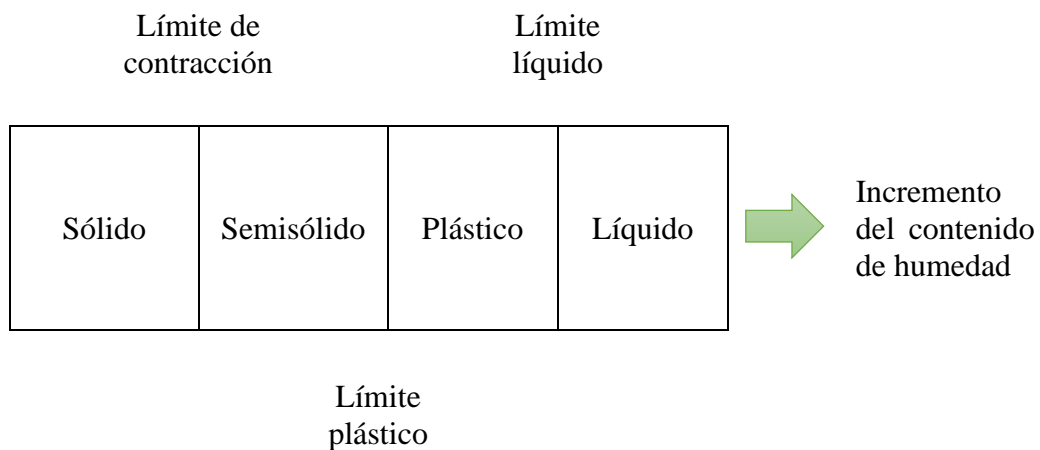
Estados de consistencia

Cuando los suelos finos presentan minerales de arcilla el suelo tiende a removerse sin que se desmorone debido a la presencia de humedad en bajas cantidades. Esta cohesión es producto del agua absorbida que se encuentra rodeando a las partículas de arcilla.

El científico sueco Albert Mauritz Atterberg en 1909 elaboró un método que ayuda a analizar la consistencia de los suelos finos utilizando distintos contenidos de humedad,

en el cual los resultados fueron los siguientes: mientras el contenido de humedad va bajo el suelo empieza a actuar como un sólido quebradizo por otro lado mientras el contenido de humedad empieza a elevarse, el agua y el suelo puede fluir de forma líquida, por lo tanto, el comportamiento de la naturaleza del suelo se puede dividir en los siguientes cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido [25].

Figura 7: Límites de Atterberg



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (Cuarta edición) - Braja M. Das

Límites de Atterberg

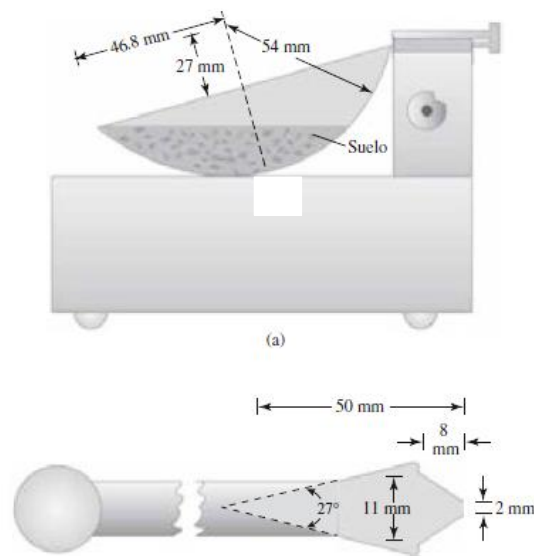
Se conoce como límites de Atterberg a los límites que se define a continuación: El límite de contracción se desarrolla cuando el contenido de humedad, expresado en porcentaje, se transforma de estado sólido a estado líquido, el límite plástico está definido como el punto de transformación del estado semisólido al estado plástico que se produce en el contenido de humedad y el límite líquido es la transformación del estado plástico al estado líquido [25].

Límite líquido (LL)

El límite líquido está definido por el contenido de humedad representado en porcentaje, que hace falta para cerrar un espacio de 12.7 mm en 25 golpes a una altura de 1 cm, a lo largo de la parte inferior del corte, este procedimiento se ejecuta con el

equipo de Casagrande. Se debe realizar al menos cuatro pruebas con el mismo suelo utilizando diferentes contenidos de humedad para conseguir un ajuste del mismo que ayude a la obtención del cierre pretendido de 12.7 mm del corte en la prueba del suelo con los 25 golpes, este procedimiento sirve para obtener el número de golpes N , que difiere entre 15 y .35, con el que se obtiene el cierre [25].

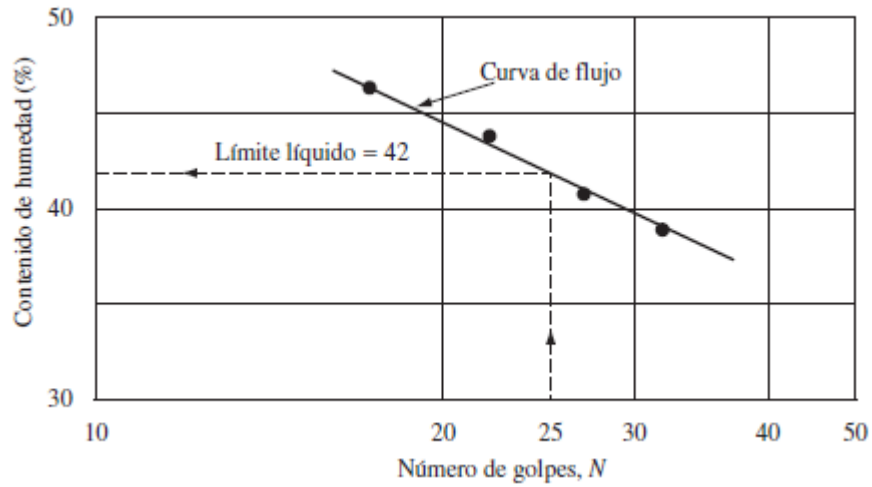
Figura 8: Equipo de casa grande



Fuente: Fundamentos de Ingeniería geotécnica – Braja M. Das.

Los datos obtenidos del contenido de humedad del suelo en porcentaje y el número de golpes correspondientes se debe representar de forma gráfica en papel cuadrulado semilogarítmico [25].

Figura 9: Curva de flujo que permite determinar el límite líquido



Fuente: Fundamentos de Ingeniería geotécnica – Braja M. Das.

Límite plástico (PL)

Para determinar el límite plástico se lo hace por medio de pruebas que consiste en enrollar el suelo hasta obtener un hilo de aproximadamente 3.2 mm de diámetro en el cual se desmorona, de esta manera se puede obtener el contenido de humedad, en porcentaje que logre el desmoronamiento de la masa de suelo [25].

Índice de plasticidad (IP)

El índice de plasticidad está definido como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico [25].

$$PI = LL - PL$$

Propiedades mecánicas

Compactación de suelos

La compactación tiene como objetivo mejorar la estabilidad volumétrica y la resistencia, modificando la permeabilidad, esto debido a causa de la densificación de la masa.

Un concepto más profundo de la compactación es la estabilidad de suelos, ya que esto hace referencia a cualquier medio útil para que las propiedades ingenieriles del suelo mejoren en caso de que estas no estén en condiciones adecuadas para iniciar con su objetivo [13].

Medida de compactación del suelo

A medida que va variando la humedad, el método o la energía de compactación, el suelo obtiene gradualmente los pesos unitarios secos o las densidades secas, el cual nos permite calificar la compactación por medio de una comparación cuantitativa [13].

Método PROCTOR

En este método se utiliza un molde metálico en el cual se coloca diferentes capas de material para compactarlo por medio del peso de un pistón que se deja caer sobre la muestra.

Proctor Modificado

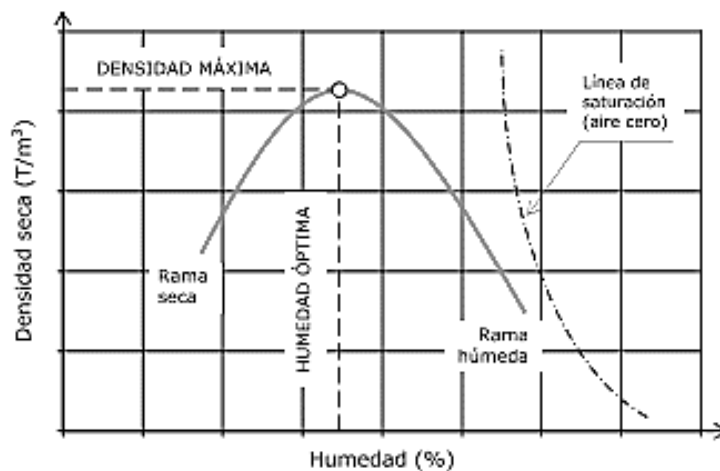
Tabla 8: Especificaciones Proctor modificado

Proctor Modificado				
Masa del Martillo:		4.5 kg (10 lb)		
Altura de caída:		46 cm (18")		
Tipo	Molde (Ø Pulg)	Material menor que el tamiz #	Número de Capas	Número de golpes por capa
A	4	No. 4	5	25
B	6	No. 4	5	56
C	4	3/4"	5	25
D	6	3/4"	5	56

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil – Joseph Bowles

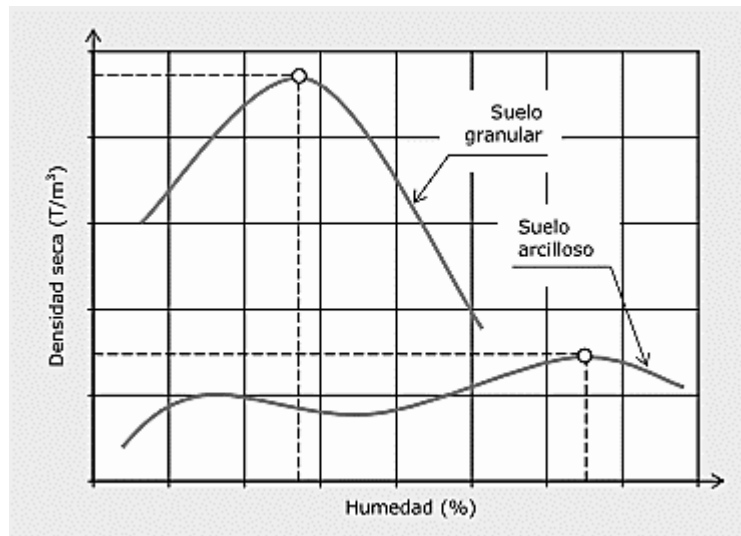
Al variar la humedad ω , la densidad seca y el peso unitario seco se modifican, con el cual se realiza la curva de humedad Vs densidad o curva de compactación, el objetivo de esta curva principalmente es determinar la humedad óptima, en el que básicamente le corresponde al valor máximo de la curva de densidad [13].

Figura 10: Curva humedad – densidad seca



Fuente: Construcción y Mantenimiento – Luis Bañon Blásquez, José Francisco Beviá García

Figura 11: Influencia del tipo de suelo en la curva humedad – densidad seca



Fuente: Construcción y Mantenimiento – Luis Bañon Blásquez, José Francisco Beviá García

Resistencia del suelo

El factor más relevante en un suelo de construcción es su comportamiento mecánico, se realiza diversos análisis por medio de ensayos con el fin de obtener una alta estabilidad mecánica, es decir que las tensiones tienen que transmitirse de forma progresiva y uniformemente para evitar asentamientos o colapsos fatales.

Capacidad portante

Se define como capacidad portante a aquella carga que es capaz de soportar el suelo sin que ocasione un asentamiento excesivo.

Normalmente se utiliza el índice CBR (California Bearing Ratio) para obtener la capacidad portante de un suelo, el cual se basa en valores determinados anteriormente, que se obtuvieron al analizar diferentes tipos de suelos, mismos que se han tabulado y analizado convenientemente, por lo tanto, el índice CBR se encuentra calibrado de

forma empírica, este parámetro es establecido por medio de un ensayo normalizado, que se basa en un proceso de penetración e hinchamiento [8].

Se obtiene el hinchamiento al colocar la muestra durante 4 días a un proceso de inmersión, aplicando una sobrecarga probable que se asemeje a condiciones de uso de la carretera, con la utilización de un trípode calibrado se toma las lecturas al inicio y al final del procedimiento. Los suelos con altos contenidos de finos o arcillosos pueden provocar asentamientos diferenciales, por ende, se debe tener mayor importancia al hinchamiento es este tipo de suelos [8].

Para determinar la capacidad portante del suelo se utiliza el ensayo de penetración, este ensayo se realiza en una máquina de compresión, con la ayuda de una tasa unitaria, a una velocidad de penetración de 1.27 mm/min la cual está normalizado, hay que tomar lecturas de carga contra penetración cada 0.5 mm de penetración hasta alcanzar el valor de 5.00 mm, a partir de este valor se toma datos con incremento de 2.5 mm hasta llegar a una última penetración de 12.7 mm [26]

El índice CBR se calcula con la relación entre la presión que logra la penetración del pistón en el suelo a una determinada profundidad y la necesaria para obtener una penetración igual, en una muestra patrón de grava machacada, que se debe expresar en porcentaje [8].

$$CBR = \frac{\textit{Presión en muestra problema}}{\textit{Presión en muestra patrón}} * 100$$

Los valores de la siguiente tabla indican la presión unitaria que se tiene que utilizar en la ecuación planteada anteriormente.

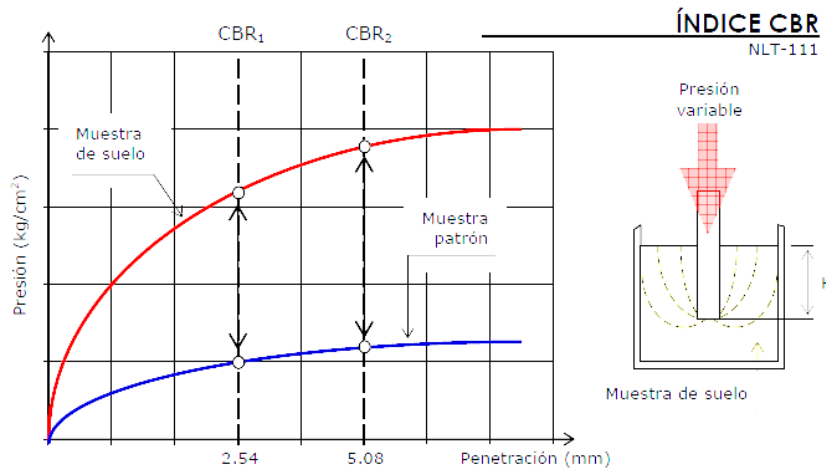
Tabla 9: Valores de la presión unitaria que se utiliza en la ecuación general

PENETRACIÓN		PRESIÓN UNITARIA PATRÓN	
Mm	pulg	Mpa	Psi
2,5	0,10	6,9	1,000
5,0	0,20	10,3	1,500
7,5	0,30	13,0	1,900ñ
10,0	0,40	16,0	2,300
12,7	0,50	18,0	2,600

Fuente: Manual de LABORATORIO DE SUELOS en ingeniería civil – Joseph Bowles.

Para realizar la gráfica hay que tomar algunos pares de valores entre la presión y la penetración, de esta manera se puede escoger los valores que corresponden a la profundidad de 2.54 y 5.08 mm, es decir, entre 0.1 y 0.2 pulgadas, los cuales hay que comprobar con la muestra patrón para las profundidades mencionadas anteriormente. Es importante mencionar que el índice CBR obtenidos del suelo deberá ser mayor a los otros dos índices [8].

Figura 12: Obtención del índice CBR



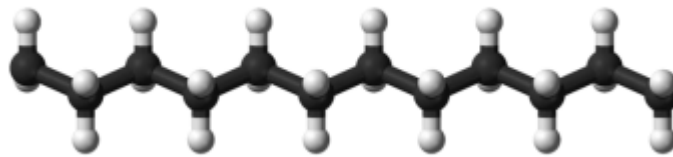
Fuente: Construcción y Mantenimiento – Luis Bañón Blásquez, José Francisco Beviá García

En caso de que el valor de CBR sea mayor a una penetración de 5.00 mm, se debe repetir el ensayo, Si el índice del CBR vuelve a ser mayor de 5.00 mm de penetración, este valor tiene que ser tomado como el final del ensayo [26].

Polímeros

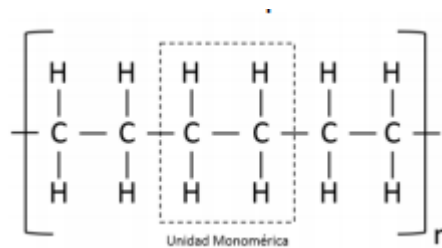
Los polímeros están conformados por una red de macromoléculas o moléculas grandes que existen en la naturaleza, las cuales se encuentran conformadas por enlaces carbono – carbono, sus pesos moleculares son muy altos debido a que están formados por millones de átomos [27][28].

Figura 13: Representación molecular del polietileno



Fuente: Introducción a la ciencia de los polímeros – Francisco López, Eduardo Mendizábal.

Figura 14: Representación desarrollada del polietileno



Fuente: Introducción a la ciencia de los polímeros – Francisco López, Eduardo Mendizábal.

Los polímeros están caracterizados principalmente por poseer una unidad repetitiva a lo largo de la molécula, el cual hace que estos formen parte de un grupo particular de macromoléculas. La reacción de polimerización es la combinación de pequeñas moléculas entre sí llamadas monómeros por medio de un proceso químico el cual permite formar el polímero (macromoléculas). Se logra forma una estructura de consistencia repetitiva en el polímero al unir todas las moléculas pequeñas y se conoce con el nombre de unidad monomérica o unidad constitucional repetitiva a la unidad que se repite regularmente a lo largo de la molécula.

El número de unidad constitucional repetitiva que se repite en la cadena ayuda a establecer la longitud de la misma. A esto se conoce con el nombre de grado de polimerización, en el que su peso esta dado por el grado de polimerización

multiplicado por el peso de la unidad constitucional repetitiva. Si un polímero procede de dos o más monómeros se conoce con el nombre de copolímero, pero si todas las unidades estructurales son iguales toma el nombre de homopolímero.

Los polímeros de origen biológico y sintético son analizados y estudiados por la ciencia de las macromoléculas. El grupo de polímeros biológicos están constituidos por los polisacáridos, como los ácidos nucleicos y las proteínas; la celulosa y el almidón entre otros, por otra parte se han desarrollado una variedad de polímeros sintéticos, con el cual se a tratado de sustituirlo a algunas macromoléculas naturales (caucho y seda) [28].

Clasificación de los polímeros

Naturales

Son sustancias que provienen directamente por organismos vivos que se utilizan sin modificar por ejemplo el caucho natural, polisacáridos, etc. [27].

Sintético:

Son aquellos que están creadas y controlados por el hombre y se obtiene por medio de un proceso de polimerización.

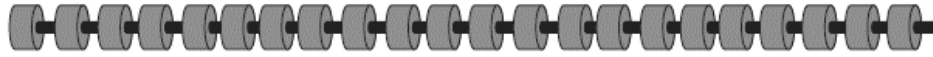
Semi – sintéticos

Charles Goodyear descubrió accidentalmente el proceso de vulcanización al calentar el caucho natural en presencia del azufre, ya que el azufre establecen enlaces entre las hebras de enlace natural con el que se obtenía una mayor resistencia y solidez para fabricar cauchos comerciales [27].

Según su estructura

- Lineal: El tipo de unión que se repite es el mismo [27].

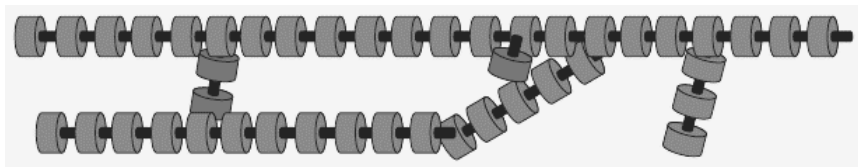
Figura 15: Estructura lineal de un polímero



Fuente: Polímeros – N. Mazzini, E. Flax, G. Rodríguez.

- Entrecruzada: Cuando se encuentran enlazados por cadenas vecinas [27].

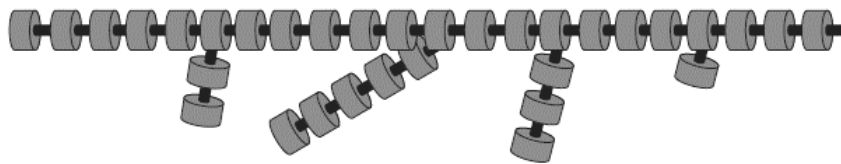
Figura 16: Estructura Entrecruzada de un polímero



Fuente: Polímeros – N. Mazzini, E. Flax, G. Rodríguez.

- Ramificada: Tienen cadenas laterales enlazadas a la principal [27].

Figura 17: Estructura ramificada de un polímero

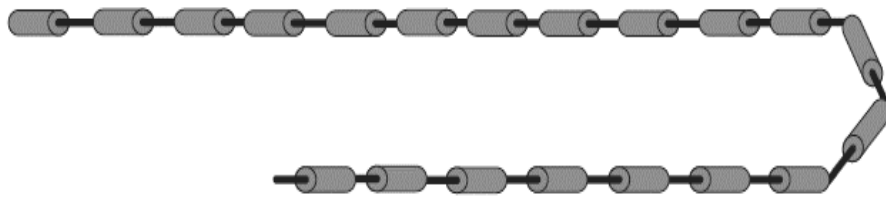


Fuente: Polímeros – N. Mazzini, E. Flax, G. Rodríguez.

Según el monómero que lo conforma.

- Homopolímero: En este tipo de macromoléculas todos los monómeros que lo conforman son los mismo. Se llama copolímeros aquellos que se encuentran formados por dos o más monómeros que no sean iguales [27].

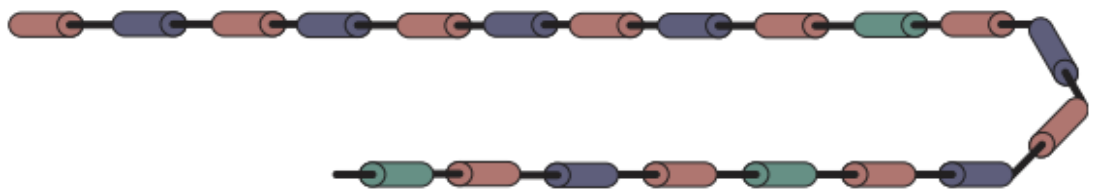
Figura 18: Estructura Homopolímero de un polímero



Fuente: Polímeros – N. Mazzini, E. Flax, G. Rodríguez.

- Copolímeros: Se llama copolímeros aquellos que se encuentran formados por dos o más monómeros que no sean iguales [27].

Figura 19: Estructura de Copolímeros de un polímero



Fuente: Polímeros – N. Mazzini, E. Flax, G. Rodríguez.

Según sus propiedades físicas

- Termorrígidos o termoestables: Son aquellos que pueden cambiar su forma cuando están sometidos a altas temperaturas [27][29].
- Termoplásticos: Son aquellos que al estar sometidos a cambios de temperatura siguen manteniendo su forma [27][29].
- Elastómeros: El elastómero es un material macromolecular que posee un grado de elasticidad alta, puede retornar rápidamente a sus dimensiones y forma iniciales después de una deformación sustancial por un esfuerzo débil [30].
- Fibras: Pueden enlazarse o tejerse entre si para crear prendas dimensionales estables, es necesario que no cedan demasiado y deben ser resistentes y con tendencia a la cristalización [27].

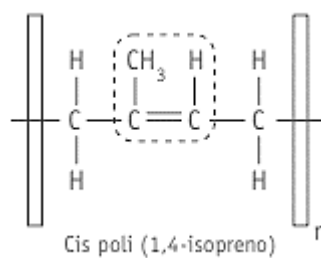
El Caucho (Elastómeros)

El caucho es un material viscoso y elástico, por lo tanto, pueden funcionar como aisladores de vibraciones, golpes y amortiguadores. Este posee un bajo módulo de elasticidad y tiene la capacidad de soportar deformaciones de hasta 1000 %, después de sufrir tal deformación regresa rápidamente a sus dimensiones originales. La formulación típica de caucho consta de 10 o más ingredientes que son añadidos para mejorar las propiedades físicas y prevenir el deterioro a largo plazo. El termino caucho es utilizado de forma amplia, sin embargo, generalmente se refiere a materiales y compuestos vulcanizados. [31].

Caucho Natural

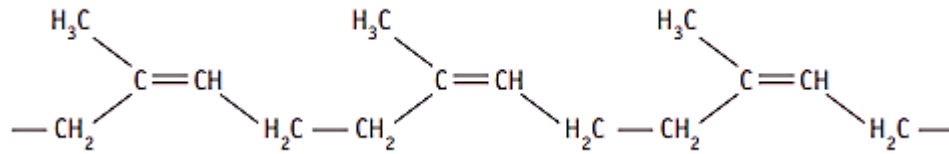
El caucho natural cis-poli(1,4-isopreno) es un látex producto de varias moráceas y eufobiaceas intertropicales, el más destacado es la Hevea Brailiensis. Los árboles que producen el caucho segregan un líquido turbio y lechoso en el que contiene el caucho en suspensión que están divididos en gotas de aspecto emulsionado. Esta sustancia se debe recoger en recipientes apropiados como por ejemplo baldes, en el lugar que se cosecha el líquido se solidifica por medio de un tratamiento de coagulación o evaporación, etc.

Figura 20: Estructura repetitiva del caucho bruto



Fuente: Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso – E. Cano, L. Cerezo, M. Urbina.

Figura 21: Cadena de una macromolécula de caucho natural



Fuente: Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso – E. Cano, L. Cerezo, M. Urbina.

En los cauchos el coeficiente de dilatación conciso es alto y este va aumentando con la vulcanización. Al realiza un corte reciente de caucho sin vulcanizar se puedo volver a unir presionándose entre sí, esta propiedad desaparece cuando se vulcaniza el caucho natural, pero logra una mayor elasticidad, la cual permite alargarse hasta seis veces su longitud inicial. Es considerado como un polímero del isopreno al caucho natural [32].

Caucho sintético

El caucho sintético se obtiene por medio de reacciones químicas, conocidas como, polimerización o condensación por medio de seleccionados hidrocarburos insaturados, por lo tanto, son consideradas como sustancias artificiales y son similares al caucho natural [32].

Existen diferentes tipos de cauchos sintéticos:

- Termoplásticos
- Isopreno
- Estireno-butadieno (SBR)
- Polibutadieno (BR)
- Caucho de nitrilo (NBR)
- Caucho de silicona (Q)
- Etileno-propileno (EPM-EPDM)
- Caucho fluoradas (CFM-FKM)
- Isobutileno-isopreno (IIR)
- Policloropreno (neopreno) [33].

Propiedades del caucho

El isopreno o 2- metilbutadieno es el compuesto más simple del caucho, que está representado por la siguiente fórmula química (C_5H_8). El caucho natural es transparente y sólido duro a una temperatura de alrededor de -195°C , opaco y frágil a una temperatura de 0° a 10°C , translucido flexible y blando cuando supera los 20°C , el caucho se transforma en un plástico pegajoso cuando la temperatura supera los 50°C y se descompone cuando se encuentra a una temperatura mayor de 200°C [32].

El caucho se oxida lentamente con el oxígeno de la atmósfera y rápidamente cuando está en contacto de agentes oxidantes químicos. También se puede disolver en petróleo, hidrocarburos clorados, disulfuro de carbono y benceno, mientras que es insoluble en ácidos débiles o álcali y agua [32].

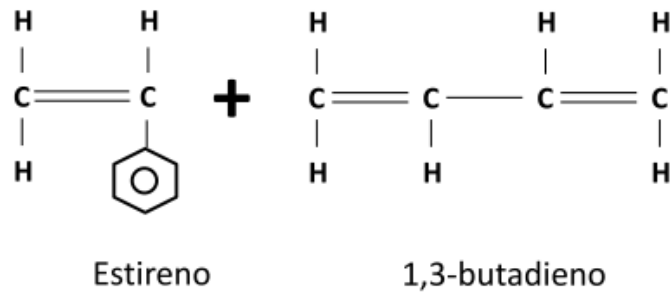
El caucho bruto tiene una naturaleza plástica, dando como resultado deformaciones permanentes, esta plasticidad puede alterarse por la acción de productos químicos. El caucho tiene un fenómeno propio llamado residual o estiramiento permanente que consiste en volver a tomar la forma original al calentarlo después de que haya sufrido un estiramiento [32].

La densidad del caucho varía dependiendo de la temperatura de 0°C es 0.950 y de 20°C es de 0.934 [32].

El caucho SBR

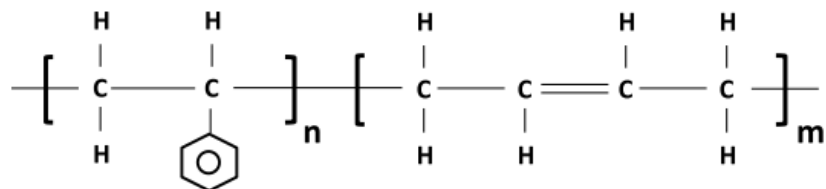
El caucho Estireno butadieno es la combinación de un copolímero del estireno y el 1,3-butadieno [34].

Figura 22: Combinación del caucho Estireno butadieno



Fuente: Estudio y análisis de los polímeros derivados del estireno – Butadieno – D. Juárez, R. Balart, S.Ferrándiz, D García.

Figura 23: Composición del caucho estireno butadieno



Fuente: Estudio y análisis de los polímeros derivados del estireno – Butadieno – D. Juárez, R. Balart, S.Ferrándiz, D García.

Este caucho sintético es el más utilizado en la industria de neumáticos y también a nivel mundial ya que se producido aproximadamente un 60% de la producción total de cauchos sintéticos [34].

Diferencias entre el caucho natural y el caucho SBR

- El caucho SBR tiene resistencia a la rotura y a la tracción, adherencia y calentamiento interno y desgaste [32].
- En un caucho SBR se necesita más acelerador, pero menos azufre para realizar el proceso de vulcanización [32].
- El caucho natural es recomendado para la elaboración de neumáticos de vehículos unitarios y autobuses y el SBR para vehículos de pasajeros [32].

Tabla 10: Cuadro comparativo entre el caucho SBR y Caucho natural

Propiedades	SBR	Caucho Natural
Rango de Dureza	40-90	20-90
Resistencia a la rotura	Regular	Buena
Resistencia abrasiva	Buena	Excelente
Resistencia a la compresión	Excelente	Buena
Permeabilidad a los gases	Regular	Regular

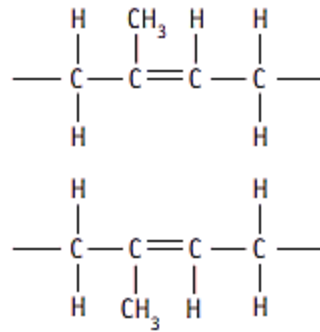
Fuente: Materiales y compuestos para la industria del neumático – Guillermo Castro

Vulcanización del caucho

El caucho bruto o natural se presenta de forma blanda cuando se encuentra caliente y cuando esta frío se presenta quebradizo y duro, y por otro lado después de estirarlo no toma su forma inicial, esto provocó que dicho descubrimiento tuviera poca validez. Por los años 1839 el científico norteamericano Charles Goodyear descubrió que al calentar el caucho natural con una adición de azufre a una temperatura mayor de 100°C las propiedades de dicha combinación química resultan más útiles, es decir el nuevo producto no es pegajoso, no es quebradizo en el frío, no se deforma en el calor y lo más importante recupera su forma inicial después de sufrir algún tipo de deformación, por lo tanto el proceso de vulcanización ayuda a que el caucho pase de un material plástico a un material elástico [32].

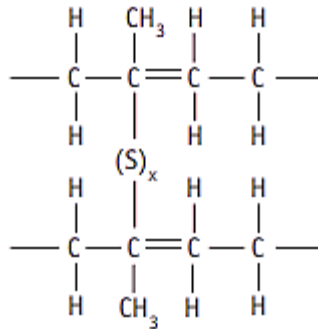
La actividad química que produce la combinación del azufre y el caucho bruto es la siguiente: Los dobles enlaces que poseen las moléculas de caucho se unen cuando los anillos del azufre se abren, dando como resultado la formación de puentes de cadenas de azufre que conectan una molécula de caucho a otra. El caucho sintético más utilizado en el mundo es el Estireno Butadieno (SBR) y con el cual también se fabrican los neumáticos [32].

Figura 24: Cadena de un polímero antes del proceso de vulcanización



Fuente: Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso – E. Cano, L. Cerezo, M. Urbina.

Figura 25: Cadena de un polímero después del proceso de vulcanización



Fuente: Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso – E. Cano, L. Cerezo, M. Urbina.

Neumáticos

Es un elemento que básicamente permite movilizar a un vehículo a través de una superficie lisa de forma suave. En 1880 Charles Goodyear descubrió accidentalmente el proceso de vulcanización, de esta forma se da al caucho la solidez y la resistencia que se necesita para fabricarlo [32].

La mayoría de los neumáticos de vehículas son radiales y constan de diferentes partes tales como: una cintura prácticamente inextensible, una banda de rodaje elástica y una estructura de arcos radialmente orientada, los cuales descansan sobre una membrana inflada y unos aros también inextensibles que ayudan para que se enganche a otro elemento rígido como es la llanta. Los tipos de caucho más utilizados en la fabricación de los neumáticos son: Polisoprenos sintéticos (IR), Polibutadienos (BR), Cauchos naturales (NR) y Estireno-Butadieno (SBR). El caucho que más se utiliza es

SBR, en el que la proporción es de un 25% aproximadamente en peso de estireno o una mezcla de Estireno – Butadieno (SBR) y caucho natural [32]

Tabla 11: De forma general los neumáticos están formados por los siguientes componentes

Tipos de vehículos		Componentes	Función
Camiones % en peso	Automóviles % en peso		
45	48	Caucho	Estructura - Deformación
0	5	Materia textil	Esqueleto estructural
2,1	1,2	Óxido de Zinc	Catalizador
1	1	Azufre	Vulcanización
25	15	Acero	Esqueleto estructural
	12	Otros	Juventud

Fuente: Materiales y compuestos para la industria del neumático – Guillermo Castro

Por medio de otras investigaciones realizadas por la Rubber Manufactures Association se obtuvo otra versión más detallada de los diferentes componentes del neumático [32].

Tabla 12: Componentes detallados que componen un neumático

Componentes	Automóviles y camionetas	Camiones y microbuses
Caucho natural	14%	27%
Caucho sintético	27%	14%
Negro de humo	28%	28%
Acero	14 - 15%	14 - 15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 - 17%	16 - 17%
Peso promedio:	8,6 kg	45,4 kg
Volumen	0,06 m ³	0,36 m ³

Fuente: Materiales y compuestos para la industria del neumático – Guillermo Castro

Tabla 13: Componentes químicos del neumático

Elementos	%
Carbono	70 - 83
Hidrógeno	5 - 7,5
Azufre	1,2 - 1,9
Color	0,1 - 0,8
Nitrógeno	1,5
Oxígeno	5
Zinc	1,2 - 2,7
Hierro	5 - 18
Otros	5

Fuente: Materiales y compuestos para la industria del neumático – Guillermo Castro

Reutilización

Son múltiples las formas que se puede ocupar los neumáticos enteros o sus flancos y banda de rodamiento, tales como: embarcaciones o defensa de muelles, rompe olas, parques infantiles, etc. También se puede utilizar los neumáticos de forma directa como en el caso de taludes de carreteras, estabilización de zonas inundadas, control de erosión, etc. [35].

El rencaucho es uno de los procesos que ayuda a reutilizar la cascara del neumático y se realiza generalmente en llantas usadas, este proceso consiste en cambiar la banda de rodadura usada por una nueva, siempre y cuando esta garantice que trabajara como si fuera nuevo [35].

Otro proceso que ayuda a la reutilización de llantas es el re-esculturado que es utilizado en los neumáticos para vehículos industriales, esto se puede utilizar en una llanta reencauchada o nueva y nos permite aprovechar el potencial del neumático al máximo, también ayuda a disminuir el consumo de combustible y restituye la seguridad [35].

1.1.4. Hipótesis

Las propiedades Físico – mecánicas del suelo granular tendrán alteraciones satisfactorias el cual permitirá su normal desempeño en el área de la construcción al ser modificadas con Partículas de caucho en diferentes porcentajes ya establecidos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar los efectos de la adición de partículas de caucho reciclado en las propiedades físico–mecánicas de suelos granulares.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar las propiedades físico-mecánicas de las muestras de suelos granulares en estado natural por medio de ensayos de campo y laboratorio.
- b) Establecer los valores de densidad seca máxima y humedad óptima mediante el ensayo de Proctor modificado, además de límite líquido y límite plástico en las muestras con los diferentes porcentajes de caucho añadido (3%, 6%, 9%, y 12%).
- c) Determinar los valores de capacidad de soporte (CBR) de laboratorio mediante la adición de diferentes porcentajes (3%, 6%, 9%, y 12%) de partículas de caucho reciclado a las muestras representativas.
- d) Comparar los resultados obtenidos entre los ensayos realizados a las muestras modificadas con partículas de caucho y las muestras de suelo natural.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales y Equipos

Tabla 14: Materiales y equipos

N°	Ensayo	Equipos	Materiales	Norma
1	Pozo a Cielo Abierto	Barra	Muestra in situ	AASHTO T 87-86 (2008)
		Flexómetro		
		Pala		
		Pico		
2	Densidad de Campo (Método del cono y arena de Ottawa)	Cono y arena de Ottawa	Muestra in situ	AASHTO T 191-14 (2008)
		Martillo y Cincel		
		Placa metálica		
		Balanza		
3	Contenido de humedad	Horno	180 gr de muestra de suelo	AASHTO T 265 - 15 (2019)
		Recipientes de humedad pequeños de aluminio		
4	Granulometría	Balanza	Muestra cuarteada	AASHTO T 88 - 2019
		Juego de tamices y fuente		
		Tamizadora		
		Cepillo y brocha		
		Horno		
		Brocha		
		Recipientes metálicos		

5	Límite Plástico	Placa de vidrio	150 gr de muestra que pase el tamiz #40	AASHTO T90 2016
		Espátula		
		Mortero de porcelana		
		Calibrador pie de rey		
		Horno		
		Balanza		
		Brocha		
6	Límite Líquido (Copa de casa grande)	Aparato de límite líquido (o Casagrande)	AASHTO T 89-13 (2017)	AASHTO T89 - 13 (2017)
		Calibrador		
		Balanza		
		Espátula		
		Recipientes de aluminio		
7	Gravedad específica de sólidos	Mortero de porcelana	50 gr de muestra seca que pasa el tamiz #40	AASHTO T100 - 15 (2019)
		Termómetro		
		Embudo		
		Tamiz N° 4 (4,75)		
		Picnómetro		
		Recipiente metálico		
		Pipeta		
Baño María				
8	Proctor Modificado	Bandeja metálica cuadrada	Partículas de caucho	AASHTO T180 (2019)
		Martillo de compactación		
		Balanza		
		Probeta graduada	24 kg de muestra que pasa por el tamiz 4	
		Palustre		
		Molde $\phi = 6"$ con base y collarín		
		Horno de secado		
		Regleta metálica		
9	California Bearing Ratio (CBR)	Molde $\phi = 6"$ con base y collarín	18 kg de muestra que pasa el tamiz N°4	AASHTO T193 - 13 (2017)
		Máquina de compresión		
		Regleta metálica		
		Palustre		
		Martillo de compactación de 4,5 kg		
		Bandeja metálica	Partículas de caucho	
		Brocha		
		Horno		
		Recipientes de aluminio, para humedad		
		Calibrador Pie de Rey		
		Probeta graduada		
Balanza				

California Bearing Ratio (CBR)	Molde $\phi = 6"$ con base y collarín	18 kg de muestra que pasa el tamiz N°4	AASHTO T193 - 13 (2017)
	Máquina de compresión		
	Regleta metálica		
	Palustre		
	Martillo de compactación de 4,5 kg		
	Bandeja metálica	Partículas de caucho	
	Brocha		
	Horno		
	Recipientes de aluminio, para humedad		
	Calibrador Pie de Rey		
	Probeta graduada		
	Balanza		

Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 26: Pozo a Cielo Abierto



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 27: Densidad de Campo (Cono y Arena de Ottawa)



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 28: Contenido de humedad natural



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 29: Gravedad Específica de Sólidos



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 30: Granulometría



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 31: Límite Líquido (Copa Casagrande)



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 32: Límite Plástico



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 33: Ensayo de Proctor modificado



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 34: Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)



Fuente: Gricelda Guanoluisa

2.2. Métodos

El presente trabajo se realizará utilizando la metodología de investigación, es decir se deberá ejecutar diferentes ensayos detallados anteriormente a muestras de suelo tomados de distintos lugares, ubicados en el cantón Ambato que poseen suelos granulares, las muestras se deben modificar utilizando partículas de neumáticos para de esta manera determinar las ventajas o desventajas que estas ocasionan en un suelo granular.

2.3. Plan de Recolección de Datos

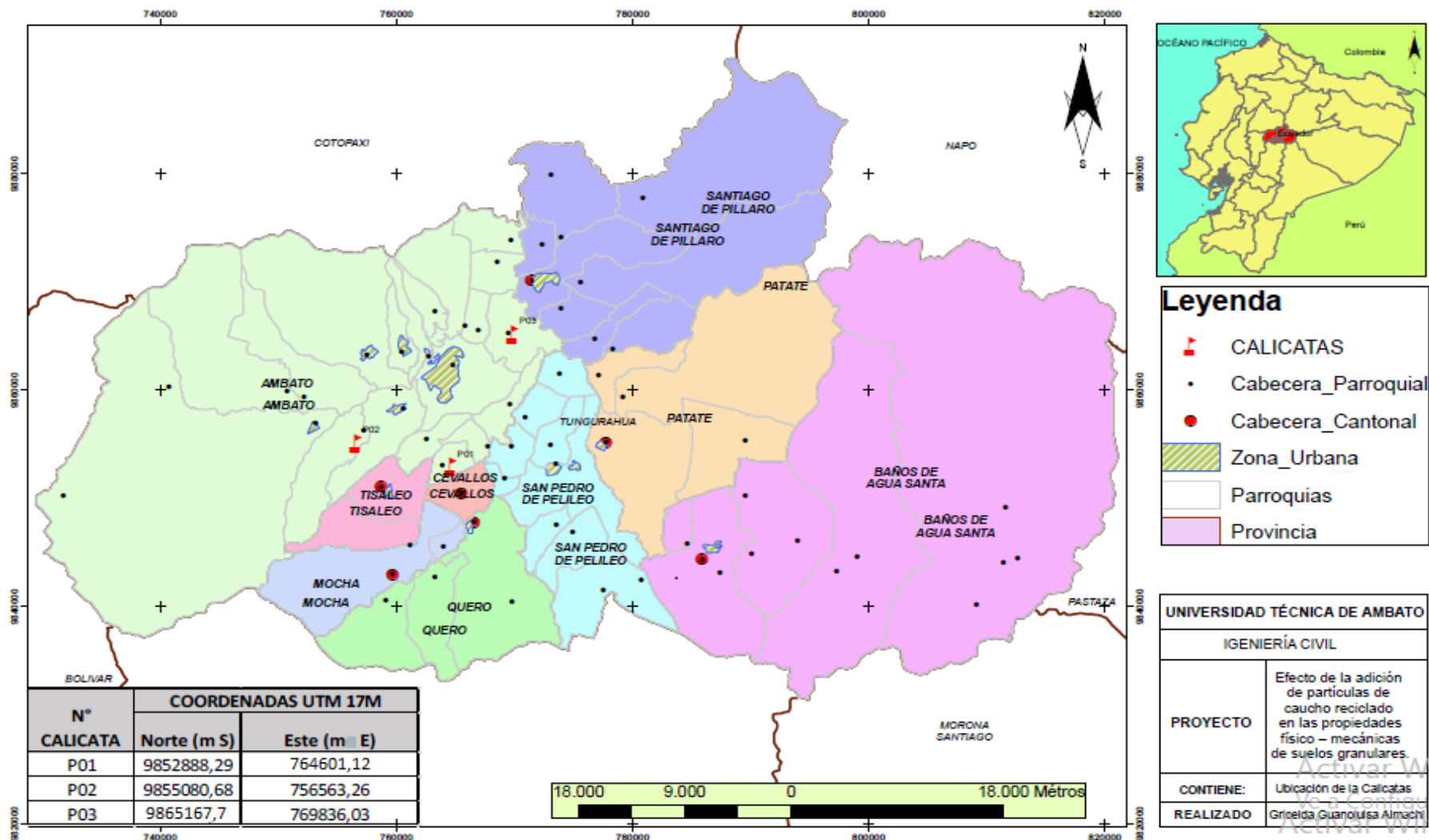
Para dar inicio con el presente trabajo investigativo se tiene que identificar las parroquias del Cantón Ambato que presentan suelos granulares. En cada parroquia se determina un punto específico en el cual se ubica la calicata por medio de coordenadas. Una vez hechas las calicatas se procede a extraer las muestras para realizar los respectivos ensayos.

Tabla 15: Ubicación geográfica de las parroquias

Provincia	Cantón	Parroquia	Coordenadas	
			E	S
Tungurahua	Ambato	Juan Benigno Vela	756563,26	9855080,7
Tungurahua	Ambato	Izamba	769836,03	9865167,7
Tungurahua	Ambato	Montalvo	764601,12	9852888,3

Fuente: Gricelda Guanoluisa

Figura 35: Mapa de Ubicación de calicatas



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Para conseguir datos reales de las muestras obtenidas, sin ser modificadas con las partículas de caucho se realiza ensayos in situ y en el laboratorio.

Tabla 16: Identificación del tipo de ensayo

Ensayo	In situ	Laboratorio
Pozo a Cielo Abierto	X	
Densidad de Campo (Método del cono y arena de Ottawa)	X	
Contenido de humedad		X
Granulometría		X
Límite Plástico		X
Límite Líquido (Copa de casa grande)		X
Gravedad específica de sólidos		X
Proctor Modificado		X
California Bearing Ratio(CBR)		X

Fuente: Gricelda Guanoluisa

Las Partículas de caucho se consiguió en una reencauchadora en la ciudad de Latacunga, las cuales se utiliza para combinarlas con cada una de las muestras de suelo obtenidas en las 3 parroquias, en diferentes porcentajes (3%, 6%, 9% y 12%), es decir teniendo un total de 15 muestras de análisis y finalmente los datos se consigue al ensayar las muestra naturales y modificadas, pues esto nos permite realizar un análisis comparativo de las propiedades física y mecánicas entre ambos especímenes

Tabla 17: Ensayos que se realiza en cada muestra

Ensayo	Muestra original	Muestra modificada
Pozo a Cielo Abierto	X	
Densidad de Campo (Método del cono y arena de Ottawa)	X	
Contenido de humedad	X	
Granulometría	X	
Límite Plástico	X	X
Límite Líquido (Copa de casa grande)	X	X
Gravedad específica de sólidos	X	
Proctor Modificado	X	X
California Bearing Ratio(CBR)	X	X

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

2.4. Plan de Procesamiento y Análisis de Información.

2.4.1. Plan de Procesamiento

- Se analiza una zona específica de cada parroquia en cuestión, para extraer las muestras de suelo suficientes que satisfaga los ensayos propuestos anteriormente.
- Se realiza los siguientes ensayos de campo para posteriormente recolectar las respectivas muestras de cada calicata (3 en total): Pozo a cielo abierto y densidad de campo (Método del cono y arena de Ottawa).
- Se ejecuta los ensayos planificados en el laboratorio, para obtener los resultados de cada uno de ellos.
- Se representa y analiza los resultados por medio de tablas y gráficos comparativos, pues de esta manera se diferencia los cambios que sufre los ensayos alterados con los porcentajes de las partículas de caucho en relación a las muestras patrón de cada parroquia.

4.4.2. Plan de análisis de la información

- Determinación de la clasificación de suelos SUCS y AASHTO al que pertenece las muestras representativas de las parroquias Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo sin porcentajes de partículas de caucho.
- Análisis de estado de consistencia obtenido en las muestras alteradas con diferentes porcentajes de partículas de caucho en relación a la muestra patrón de cada parroquia.
- Interpretar y analizar los resultados de humedad óptima y densidad seca máxima obtenidos en los ensayos de Proctor modificado que se realizó a cada

muestra representativa tanto en la muestra patrón como en los especímenes alterados con diferentes porcentajes de partículas de caucho.

- Evaluar de comparativa los valores de CBR obtenidos tanto en las muestras patrón como en los especímenes alterados con porcentajes de partículas de caucho
- Realizar análisis comparativos de forma general entre los resultados adquiridos en los ensayos de límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR de las tres parroquias analizadas con el propósito observar que muestra ha obtenido mejores resultados al ser modificadas con diferentes porcentajes de partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%).

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo se analiza los resultados adquiridos en el presente trabajo experimental que se obtuvo a base de ensayos de campo y laboratorio. A partir de datos reales, y por medio de tablas y gráficos se indica los efectos provocados en las propiedades físico – mecánicas al añadir las partículas de caucho en diferentes porcentajes en el suelo analizado.

3.1.1. Análisis de propiedades índice y físicas

En la siguiente tabla se presentan los resultados finales de las propiedades índices obtenidas con la muestra natural.

Tabla 18: Propiedades Índice y Físicas

Propiedades Índice	Juan Benigno Vela - Ambato	Izamba - Ambato	Montalvo - Ambato
Humedad Natural (%)	27,01	4,37	3,57
Gravedad Específica (GS)	2,57	2,45	2,58
Relación de Vacíos (e)	1,32	0,92	0,98
Porosidad (n)	56,96	47,94	49,46
Grado de saturación del agua G_w (%)	69,02	12,47	10,01
Grado de saturación del aire G_a (%)	30,98	87,53	89,99

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Como se puede observar en la tabla los resultados indican que la humedad natural es directamente proporcional con el grado de saturación del agua, mientras que el grado de saturación del aire es inversamente proporcional a las dos variables indicadas anteriormente, ya que el espacio que no está ocupado por una cantidad de agua, será ocupado por una cantidad de aire.

En las parroquias Izamba y Montalvo se puede observar que la Humedad Natural es baja, pues solo poseen un porcentaje de 4.37 % y 3.57% respectivamente. Esto indica que según resultados arrojados en la tabla el Grado de Saturación del agua también será baja, ya que Izamba contiene únicamente el 12.47% y Montalvo el 10.01%. Por lo tanto, el Grado de Saturación del aire será más elevado ya que Izamba tiene un Ga de 87.53% y Montalvo un Ga de 89.99%.

Por otro lado, la muestra de la Parroquia Juan Benigno Vela posee una Humedad Natural alta de 27.01%. Eso quiere decir que el grado de saturación del agua será elevado ya que tiene un Gw de 69.02%, debido a estas condiciones el grado de saturación del aire es baja con un Ga de 30.98.

3.1.2. Análisis de Clasificación de Suelos

Tabla 19: Clasificación de los Suelos

Clasificación de Suelos				
Características		Juan Benigno Vela	Izamba	Montalvo
Granulometría	Grava %	0,09	0,00	0,06
	Arena %	72,48	66,69	89,23
	Finos	27,43	33,31	10,72
Límites de Atterberg	Límite Líquido (%)	21,79	21,71	23,23
	Límite Plástico (%)	19,68	18,38	16,45
	Índice Plástico (%)	2,11	3,34	6,78
Clasificación	AASHTO	A-2-4	A-2-4	A-2-4
	SUCS	SM	SM	SM

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Clasificación de suelos según norma AASHTO

En el sistema AASHTO las tres parroquias se encuentran en una misma clasificación, es decir, Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo cumplen con las siguientes características:

La granulometría indica que las muestras pertenecen a un material granular ya que el

porcentaje que pasa el tamiz #200 es menor al 35%, los detalles de este ensayo se encuentran en el apartado de Anexos.

Para determinar la clasificación se utiliza datos de los ensayos de granulometría y Límites de Atterberg (Límite líquido e Índice de Plasticidad), el cual permite establecer que las muestras en análisis pertenecen al grupo A-2 y al subgrupo A-2-4, indicando de esta manera que los suelos analizados son gravas y arenas limosas o arcillas.

Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

En el sistema SUCS las tres parroquias se encuentran dentro de una misma clasificación, es decir, Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo cumplen con las siguientes características:

La granulometría indica que las muestras pertenecen a un suelo de grano grueso ya que el porcentaje retenido en el tamiz #200 es mayor al 50% y se encuentra dentro de la clasificación de las Arenas (SM) dando como resultado una mezcla entre arena y limo (Arenas limosas).

Es importante recalcar que las muestras se denominan arenas mal graduadas, esto significa que el coeficiente de uniformidad (C_u) no cumple con la condición establecida ($C_u > 6$) ya que los tres suelos poseen un C_u menor a 6 (C_u de Juan Benigno Vela = 4.043, C_u de Izamba = 3.068 y C_u de Montalvo = 2.352). Los valores del coeficiente de curvatura (C_c) obtenidos en la granulometría tampoco cumplen con la condición establecida ($1 \leq C_c \leq 3$), ya que los tres suelos no tienen resultados comprendidos entre 1 y 3 (C_c de Juan Benigno Vela = 0.805, C_c de Izamba = 0.849 y C_c de Montalvo = 0.948).

3.1.3 Análisis de las propiedades Mecánicas de cada Parroquia.

Tabla 20: Propiedades Mecánicas

Propiedades Mecánicas				
Parroquia		Juan Benigno Vela	Izamba	Montalvo
Densidad de campo (γ_d)		1,341	1,379	1,341
PROCTOR MODIFICADO	Humedad Óptima %	14,26	13,78	15,13
	Densidad seca máxima γ_d (g/cm^3)	1,62	1,57	1,64
	Grado de compactación %	74,50	87,80	81,64
CBR (95% DSM)	Densidad seca	1,54	1,53	1,56
	0,1 plg	14,90	12,03	16,50
	0,2 plg	14,00	11,24	15,50
	CBR	14,90	12,03	16,50

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la siguiente tabla se resume los resultados obtenidos en los ensayos de Proctor Modificado y CBR (95% DSM) con las muestras sin modificar, es decir con un 0% de partículas de caucho.

Proctor Modificado

En el presente ensayo las tres muestras arrojan resultados cercanos, la parroquia Juan Benigno Vela tiene una humedad óptima de 14.26%, una densidad seca máxima de 1.62 g/cm^3 y un grado de compactación de 74.50%, la siguiente parroquia es Izamba y posee una humedad óptima de 13,78%, una densidad seca máxima de 1,57 g/cm^3 , y un grado de compactación de 87,80% finalmente la parroquia de Montalvo tiene una humedad óptima de 15,13%, una densidad seca máxima de 1,64 g/cm^3 y grado de compactación de 81,64 %.

CBR

Para determinar los valores del CBR se elabora los ensayos utilizando el contenido de humedad óptimo de la muestra patrón.

El Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil de Bowles [26] indica que el valor de CBR obtenidos en las parroquias Juan Benigno Vela (14,90%), Izamba (12,03%) y Montalvo (16,50%) se encuentra dentro de la clasificación de suelo regular para un uso de Subbase.

3.1.4 Análisis individual de propiedades Físico - Mecánicas de muestras alteradas.

Una vez realizado los siguientes ensayos: Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR se pudo determinar los efectos que provocan las partículas de caucho en las propiedades físico – mecánicas al ser añadidos en la muestra patrón de las parroquias Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo en diferentes porcentajes (3%, 6%, 9% y 12%), cuyos resultados son detallados a continuación.

3.1.4.1. Propiedades Físicas – Muestras alteradas

Tabla 21: Estado de consistencia

Estado de consistencia				
Parroquia	% de Partículas de caucho	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Juan Benigno Vela	0%	21,79	19,68	2,11
	3%	19,44	17,56	1,88
	6%	N/P	N/P	N/P
	9%	N/P	N/P	N/P
	12%	N/P	N/P	N/P
Izamba	0%	21,71	18,38	3,34
	3%	19,55	16,93	2,61
	6%	N/P	N/P	N/P
	9%	N/P	N/P	N/P
	12%	N/P	N/P	N/P
Montalvo	0%	23,23	16,45	6,78
	3%	21,30	16,07	5,23
	6%	N/P	N/P	N/P
	9%	N/P	N/P	N/P
	12%	N/P	N/P	N/P

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la tabla 21 se detalla los resultados obtenidos al realizar los ensayos de Límite de Atterberg, el cual permite determinar el estado de consistencia del suelo en cada una de las muestras al añadir los porcentajes de partículas de caucho de las tres Parroquias analizadas (Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo).

Al realizar la clasificación de suelos en la muestra patrón se determinó que los especímenes analizados pertenecen a un tipo de suelo de Arenas limosas, por lo tanto, al estudiar los resultados de los límites de consistencia obtenidos, indica que las muestras con el 0% y 3% de aditivo al ser agregados un contenido de humedad apropiado se logra determinar los límites líquido y plástico de cada Parroquia, esto señala que las muestras se encuentran dentro del estado Plástico, demostrando así, que se deforman sin fisurarse ni romperse. Pero al añadir el 6%, 9% y 12% de partículas de caucho los suelos de las tres parroquias sufren una transformación notable con

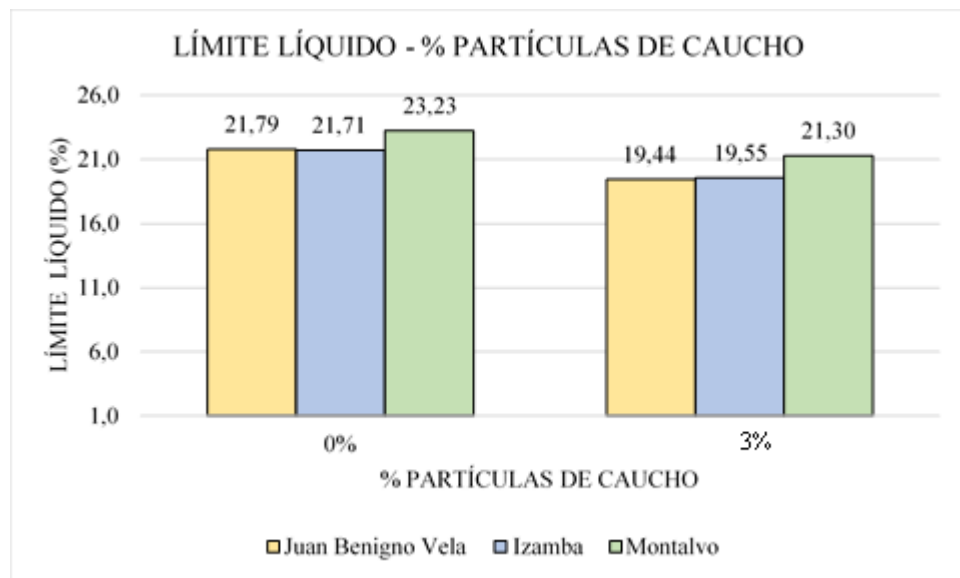
respecto a su estado de consistencia, ya que pierden el estado de plasticidad es decir actúan como arenas.

Análisis comparativo general de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad Vs % Partículas de Caucho

En las siguientes figuras se analiza únicamente los resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad obtenidos de las muestras patrón con el 0% y 3% de aditivo de cada parroquia ya que fueron los especímenes que se mantuvieron dentro del estado plástico.

a) Límite Líquido vs Partículas de caucho

Figura 36: Límite Líquido vs % Partículas de Caucho



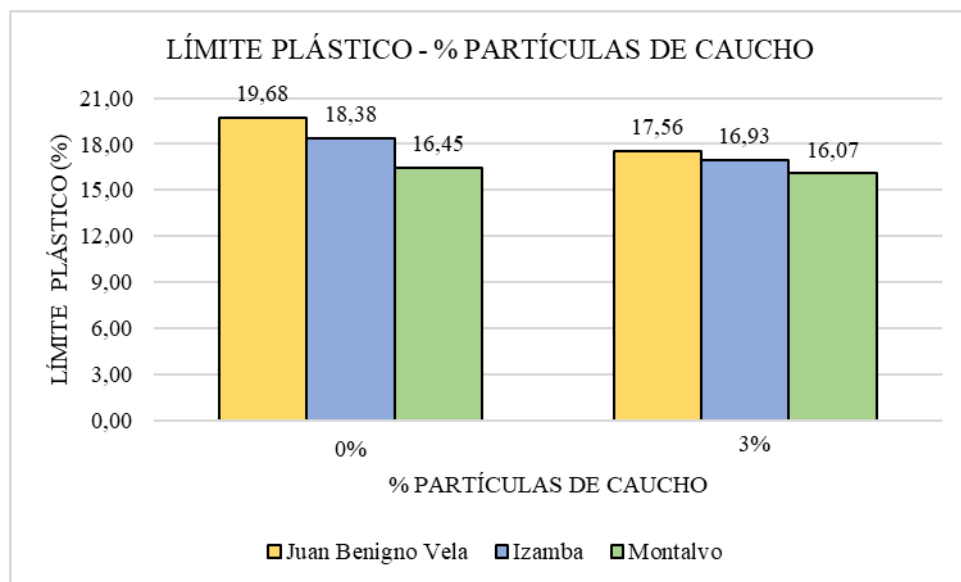
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la figura 36 se puede observar las variaciones que sufren los valores de límite líquido obtenidos del ensayo de Casa grande, el cual indica que dichos resultados decrecen en todos los especímenes al agregar el 3% de partículas de caucho en relación a la muestra patrón.

La parroquia Juan Benigno Vela posee un límite líquido de 21.79% en la muestra patrón y decrece a 19.44% al añadir el 3% de aditivo, de la misma manera Izamba tiene un límite líquido de 21.71% en su espécimen original y baja a 19.55% al colocar el 3% de partículas de caucho, finalmente Montalvo posee un límite líquido de 23.23% en la muestra patrón y decrece a 21.30% al añadir el 3% de aditivo.

b) Límite Plástico vs % Partículas de caucho

Figura 37: Límite Plástico vs % Partícula de Caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

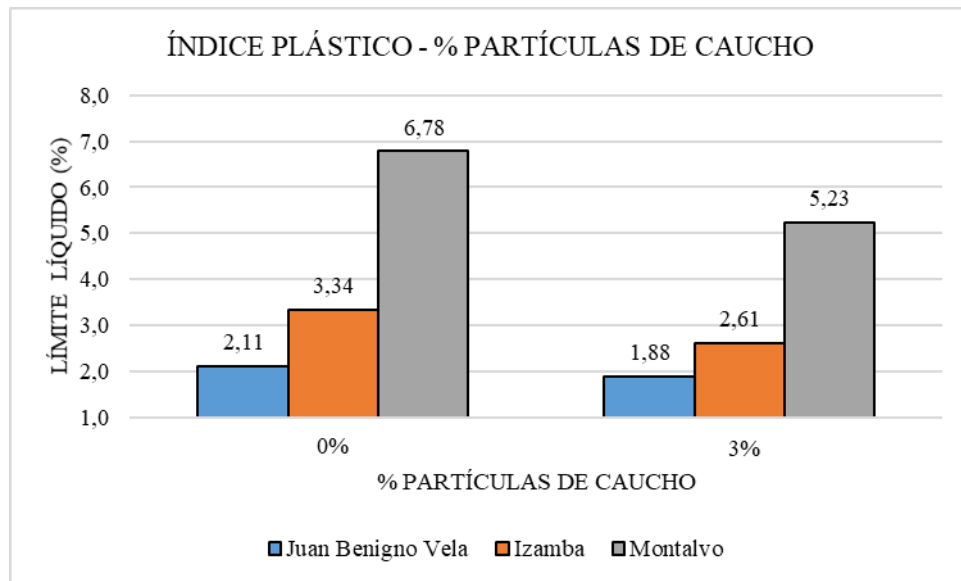
En la figura 37 se puede observar las variaciones que sufren los valores de límite plástico, el cual indica que dichos resultados decrecen en todos los especímenes al agregar el 3% de partículas de caucho en relación a la muestra patrón.

La parroquia Juan Benigno Vela posee un límite plástico de 19.68% en la muestra patrón y decrece a 17.56% al añadir el 3% de aditivo, de la misma manera Izamba tiene un límite plástico de 18.38% en su espécimen original y baja a 16.93% al colocar el 3% de partículas de caucho, finalmente Montalvo posee un límite plástico de

16.07% en la muestra patrón y decrece a 21.3% al añadir el 3% de aditivo.

c) Índice plástico vs % Partículas de caucho

Figura 38: Índice Plástico vs % Partículas de caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Al realizar la diferencia entre el Límite Líquido y Límite Plástico se obtienen como resultado los valores del Índice Plástico, en la figura 38 se puede observar las variaciones que sufren dichos valores de cada parroquia.

La parroquia Juan Benigno Vela posee un Índice Plástico de 2.11% en la muestra patrón y decrece a 1.88% al añadir el 3% de aditivo, de la misma manera Izamba tiene un Índice plástico de 3.34% en su espécimen original y baja a 2.61% al colocar el 3% de partículas de caucho, finalmente Montalvo posee un índice plástico de 6.78% en la muestra patrón y decrece a 5.23% al añadir el 3% de aditivo. Evidentemente la muestra patrón que logró el valor más alto en esta propiedad es la Parroquia Montalvo con 6.78% y “la muestra + 3% de partículas de caucho” con mayor valor de índice plástico es la parroquia Montalvo con 5.23%.

3.1.4.2. Propiedades Mecánicas – Muestras alteradas

En las siguientes tablas y graficas se muestra los resultados de los ensayos de Proctor Modificado y CBR realizados en las mismas muestras de suelo de las tres parroquias más la adición de partículas de caucho con porcentajes establecidos (3%, 6%, 9% y 12%).

a. Parroquia Juan Benigno Vela

Tabla 22: Propiedades Mecánicas (Suelo-Partículas de caucho)

MUESTRA 1: Juan Benigno Vela - Ambato						
Porcentaje de Partículas de caucho		0%	3%	6%	9%	12%
Densidad de campo (γ_d)		1,341				
COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO	Humedad Óptima %	14,26	13,21	12,96	11,02	10,75
	Densidad seca máxima γ_d (g/cm ³)	1,621	1,613	1,591	1,578	1,558
	Grado de compactación %	74,50	74,86	75,91	76,54	77,52
CBR (95% DSM)	Densidad seca	1,540	1,532	1,511	1,499	1,480
	0,1 plg	14,90	12,03	13,79	12,30	10,90
	0,2 plg	14,00	11,24	13,70	11,40	9,40
	CBR	14,90	12,03	13,79	12,30	10,90

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

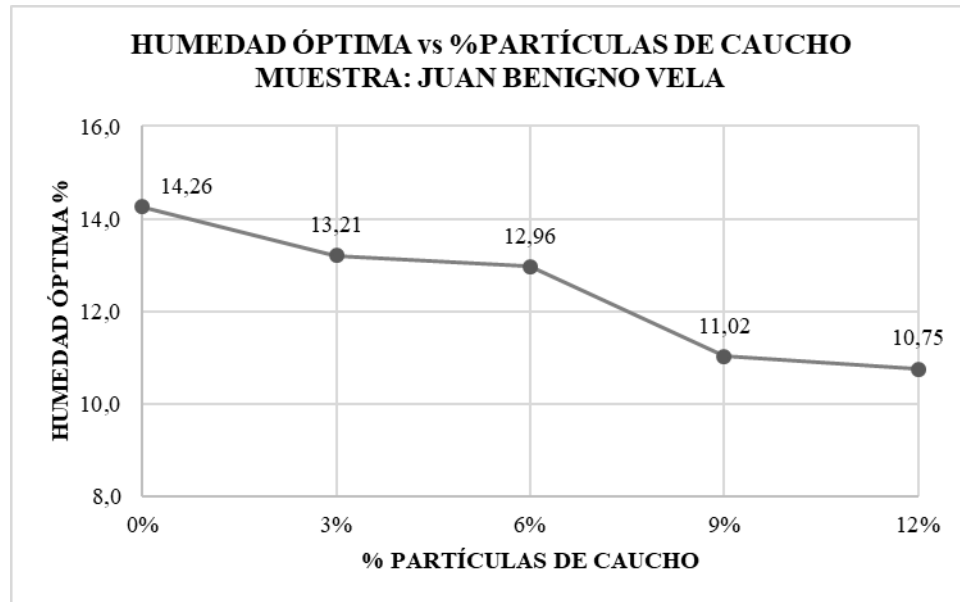
En esta tabla se puede observar las variaciones que sufren la muestra de suelo original de la Parroquia Juan Benigno Vela en sus propiedades mecánicas al agregarles las partículas de caucho en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12%. A continuación, se presenta el análisis de los ensayos de Proctor Modificado y CBR de cada parroquia.

Análisis de Compactación - Proctor Modificado, Parroquia Juan Benigno Vela

En la tabla 22 se puede observar que la humedad óptima va disminuyendo de forma paulatina a medida que el porcentaje de caucho va aumentando, por lo tanto, la densidad seca máxima también disminuye con la adición de las partículas de caucho, debido a que el porcentaje de humedad óptima va decreciendo el grado de

compactación tiende a aumentar. Es importante recalcar que la variación que sufre la humedad óptima y densidad seca máxima no son bruscas.

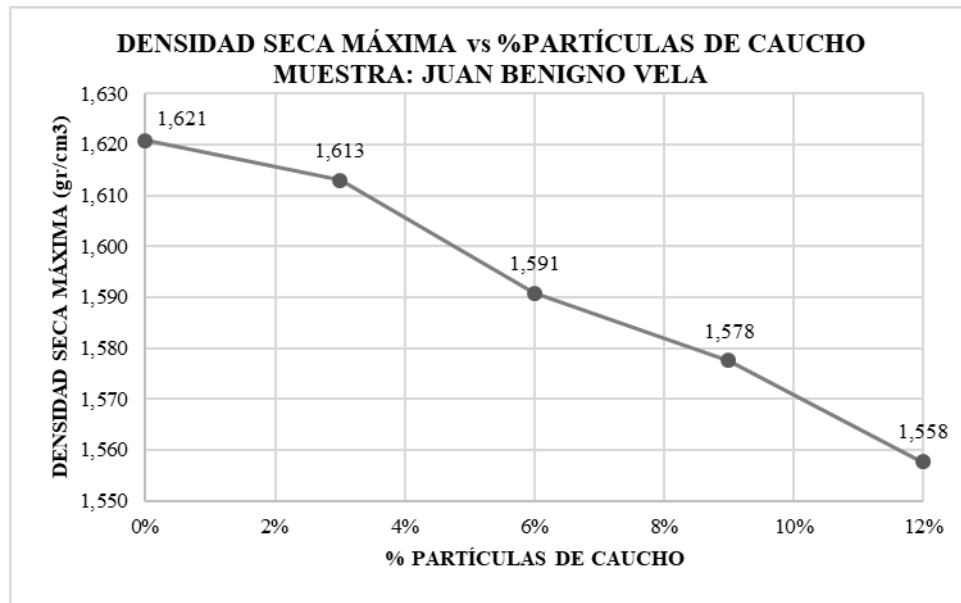
Figura 39: Humedad Óptima% vs %Partículas de Caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 39 se puede identificar el cambio que sufre el porcentaje de Humedad Óptima con respecto al incremento de las partículas de caucho. La muestra original posee el valor de Humedad Óptima más elevada (14.26%) y a medida que se incrementa los porcentajes de las partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%) esta empieza a disminuir. Con el primer incremento del 3% de caucho reciclado la Humedad Óptima (13.21%) baja un 7.363% y se reduce un 24.614% con el último incremento del 12 % (ω %: 10.75%), con respecto a la humedad óptima de la muestra original

Figura 40: Densidad Seca Máxima vs. Partículas de caucho



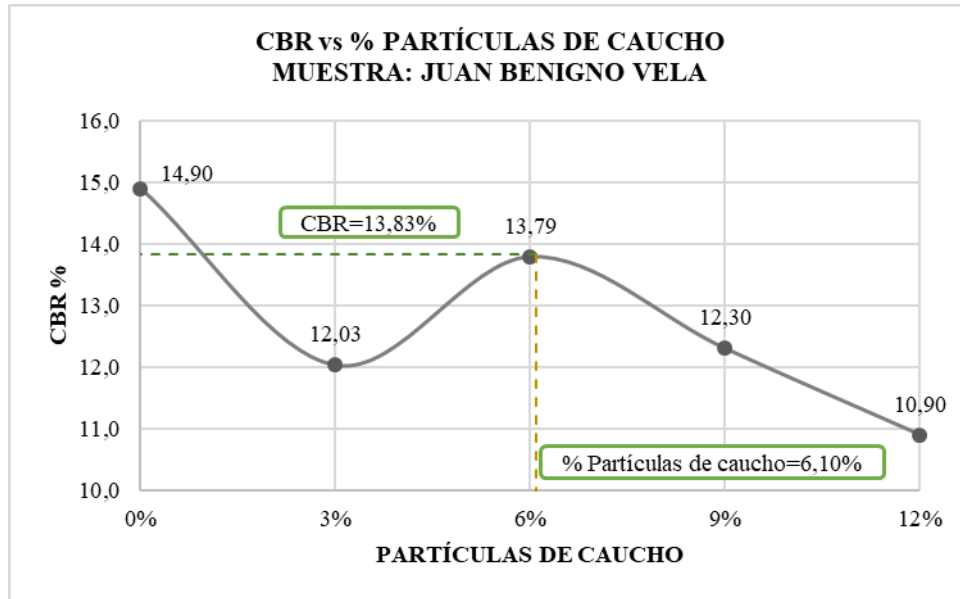
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 40 se puede identificar el cambio que sufre la densidad seca máxima con respecto al incremento de las partículas de caucho. La muestra original posee el valor de la densidad más elevada (1.621 gr/cm³) y a medida que se incrementa los porcentajes de las partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%) esta empieza a disminuir. Con el primer incremento del 3% de caucho reciclado la densidad seca máxima (1.613 gr/cm³) baja un 0,493% y se reduce un 3.886% con el último incremento del 12 % ($\gamma_d = 1.558$ gr/cm³), con respecto a la densidad seca máxima de la muestra original.

Análisis de CBR – Relación Soporte California, Parroquia Juan Benigno Vela

Para este caso se realiza nuevamente los ensayos de Proctor Modificado y CBR a la misma muestra original de la Parroquia Juan Benigno Vela más el incremento de las partículas de caucho (Suelo +3% PC, Suelo +6% PC, Suelo +9% PC, Suelo +12% PC).

Figura 41: CBR vs % Partículas de caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Tabla 23: Resultados CBR

RESULTADOS CBR- JUAN BENIGNO VELA			
% Partículas de caucho	CBR %	Porcentaje que alcanza la Resistencia	Decremento de Resistencia %
0	14,90	100,00	0,00
3	12,03	80,74	19,26
6	13,79	92,55	7,45
6,1	13,83	92,82	7,18
9	12,30	82,55	17,45
12	10,90	73,15	26,85

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

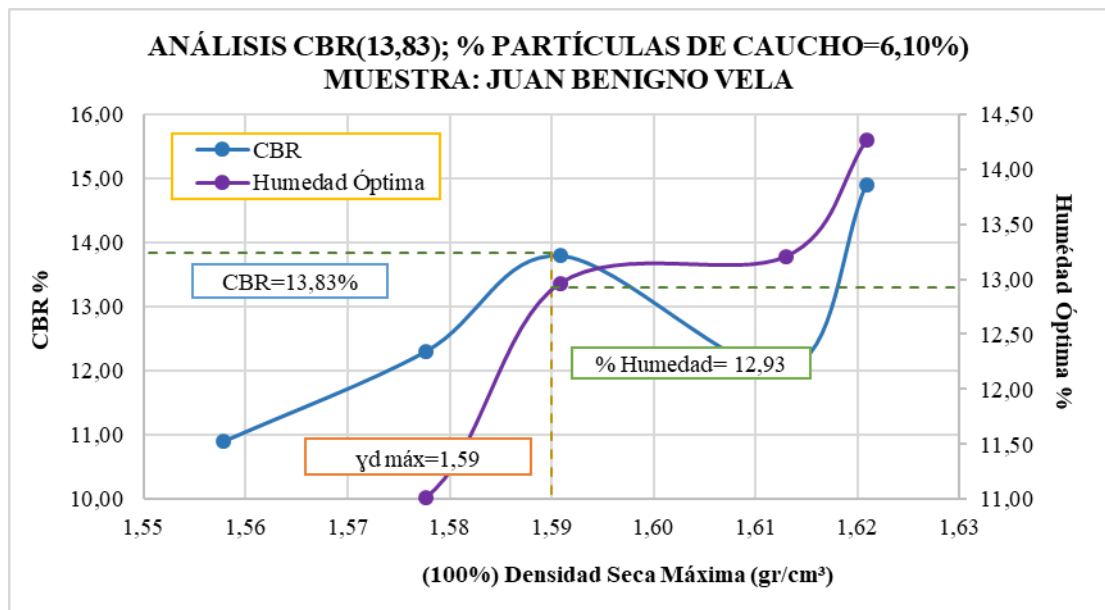
Los resultados que se presentan en la figura 41 y tabla 23 detallan el descenso que sufre el valor de CBR a medida que se va añadiendo los porcentajes de partículas de caucho a la muestra patrón. El porcentaje más alto de CBR pertenece a la muestra original (14.90%) el cual representa el 100% de la resistencia que alcanza el espécimen de la parroquia Juan Benigno Vela. Al ensayar el molde con el 3% de las partículas, el porcentaje de CBR baja (12.03%) mismo que representa el 80.74% de la resistencia por lo tanto la muestra a perdido el 19.26% de la misma. Al ensayar los moldes con el 6% y 9% de las partículas el porcentaje de CBR también disminuye con respecto al

valor de la muestra patrón mismos que representan el 92.55% y 82.55% de la resistencia por lo tanto han perdido el 7.45% y 17.45% de la misma respectivamente. Finalmente, al experimentar el espécimen con el 12% de aditivo desciende el valor de CBR (10.90%) el cual representa un 73.15% de la resistencia por consiguiente ha perdido un 26.85% de la misma.

Es importante recalcar que el valor CBR tiende a disminuir a medida que se va añadiendo los porcentajes de partículas de caucho a la muestra patrón. Pero los resultados obtenidos únicamente de las probetas con aditivo indican que el valor más alto de CBR (13.83%) pertenece al suelo con el 6.10 % de partículas de caucho mismo que corresponde el 92.82% de la resistencia el cual ha perdido el 13.83% de la misma. Esto quiere decir que el porcentaje de partículas de caucho que trabajaría de manera más eficiente está cerca del 6%.

Figura 42: Comparación CBR-Humedad Óptima - Densidad Seca Máxima

Muestra: Juan Benigno Vela



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Con la obtención del valor de CBR (13.83%) más alto entre los resultados de los especímenes con aditivo que se obtuvo al añadir un porcentaje de partículas de caucho igual a 6.10%, se realiza el grafico 42 en el que se incluye la Densidad seca Máxima al 100% y Humedad Óptima recaudados del ensayo de Proctor Modificado.

Por medio de la figura 42 se halló el porcentaje de Humedad Óptima = 12.93% que se debe añadir a la muestra de la parroquia Juan Benigno Vela al realizar el ensayo de Proctor Modificado pues de esta manera se alcanzara una densidad seca máxima Óptima al 100% = 1.59 gr/cm³, misma que se utiliza en el ensayo de CBR, pero al 95% de la densidad seca máxima (1.510 gr/cm³), el cual permite obtener el valor de CBR óptimo.

b. Parroquia Izamba

Tabla 24: Propiedades Mecánicas (Suelo-Partículas de caucho)

MUESTRA 2: Izamba - Ambato						
Porcentaje de Partículas de caucho		0%	3%	6%	9%	12%
Densidad de campo (γd)		1,379				
PROCTOR MODIFICADO	Humedad Óptima %	14,69	13,78	13,43	12,08	11,67
	Densidad seca máxima γd (g/cm ³)	1,585	1,571	1,568	1,559	1,556
	Grado de compactación %	87,03	87,80	87,96	88,48	88,62
CBR (95% DSM)	Densidad seca	1,505	1,532	1,489	1,481	1,4784
	0,1 plg	15,20	12,03	12,30	10,20	8,40
	0,2 plg	14,30	11,24	11,30	8,80	8,40
	CBR	15,20	12,03	12,30	10,20	8,40

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

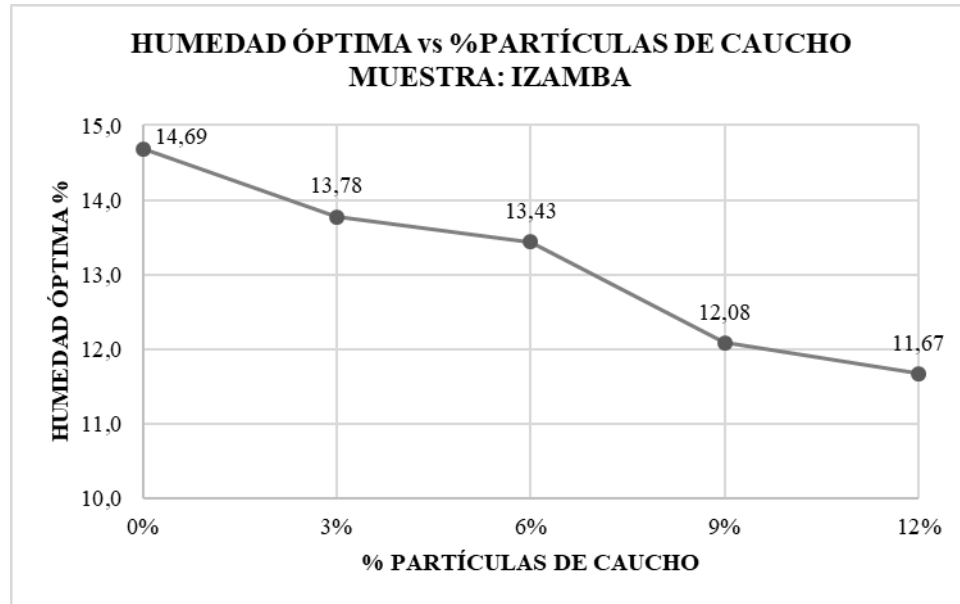
En esta tabla se puede observar las variaciones que sufren la muestra de suelo original de la Parroquia Izamba en sus propiedades mecánicas al agregarles las partículas de caucho en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12%. A continuación, se presenta el análisis de los ensayos de Proctor Modificado y CBR de cada parroquia.

Análisis de Compactación - Proctor Modificado, Parroquia Izamba

En la tabla 24 se puede observar que la humedad óptima va disminuyendo de forma paulatina a medida que el porcentaje de caucho va aumentando. Por lo tanto, la densidad seca máxima también disminuye con la adición de las partículas de caucho.

Debido a que el porcentaje de humedad óptima va decreciendo el grado de compactación tiende a aumentar, es importante recalcar que la variación que sufre la humedad óptima y densidad seca máxima no son bruscas.

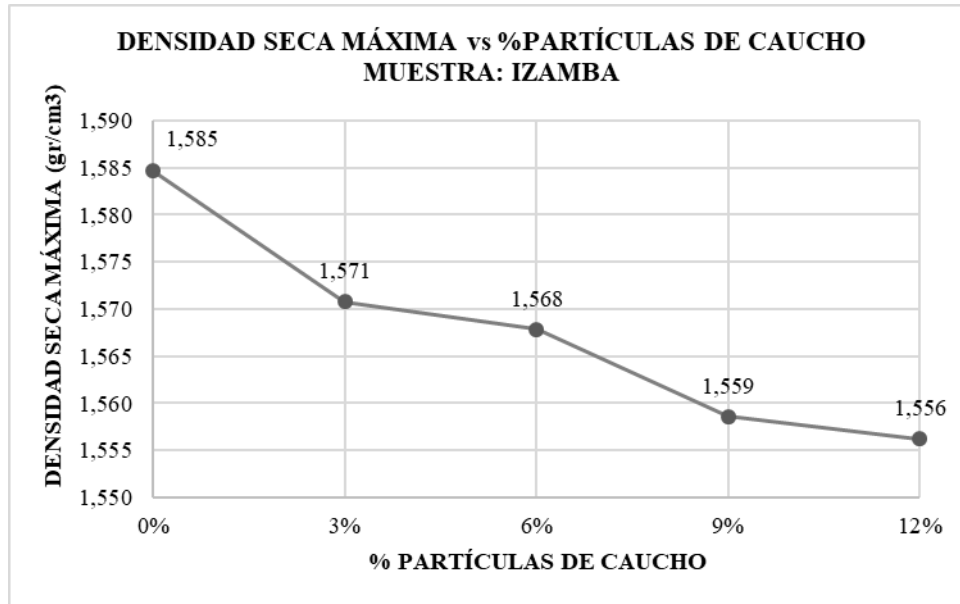
Figura 43: Humedad Óptima% vs. %Partículas de Caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 43 se puede identificar el cambio que sufre el porcentaje de Humedad Óptima con respecto al incremento de las partículas de caucho. La muestra original posee el valor de Humedad Óptima más elevada (14.69%) y a medida que se incrementa los porcentajes de las partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%) esta empieza a disminuir. Con el primer incremento del 3% de caucho reciclado la Humedad Óptima (13.78%) baja un 6.19% y se reduce un 20.56% con el último incremento del 12 % ($\omega\% = 11.67\%$), con respecto a la humedad óptima de la muestra original.

Figura 44: Densidad Seca Máxima vs Partículas de caucho



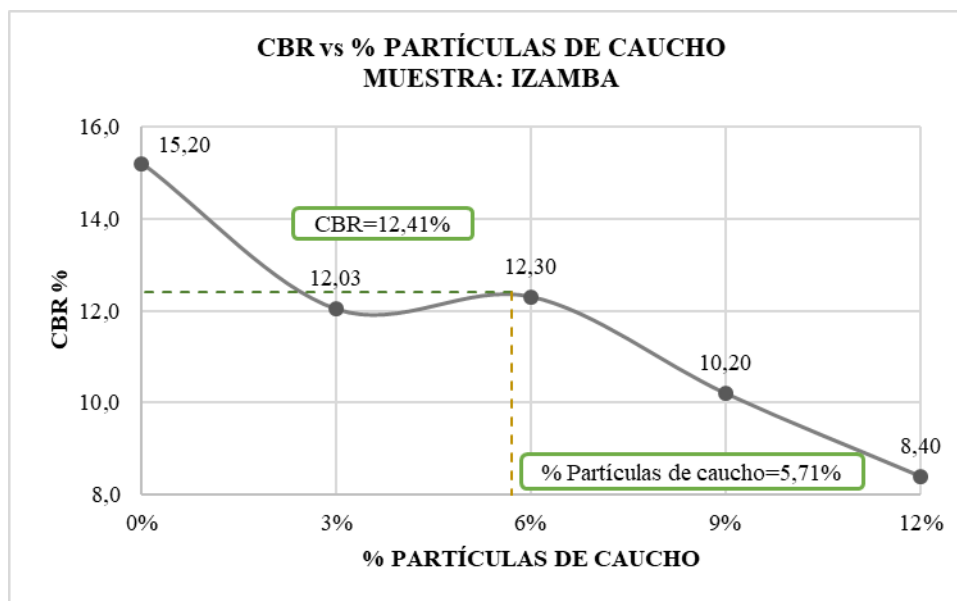
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 44 se puede identificar el cambio que sufre la densidad seca máxima con respecto al incremento de las partículas de caucho. La muestra original posee el valor de la densidad más elevada (1.585 gr/cm³) y a medida que se incrementan los porcentajes de las partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%) esta empieza a disminuir. Con el primer incremento del 3% de caucho reciclado la densidad seca máxima (1.571 gr/cm³) baja un 0,88% y se reduce un 1.83% con el último incremento del 12% ($\gamma_d = 1.556$ gr/cm³), con respecto a la densidad seca máxima de la muestra original.

Análisis de CBR – Relación Soporte California, Parroquia Izamba

Para este caso se realiza nuevamente los ensayos de Proctor Modificado y CBR a la misma muestra original de la Parroquia Izamba más el incremento de las partículas de caucho (Suelo +3% PC, Suelo +6% PC, Suelo +9% PC, Suelo +12% PC).

Figura 45: CBR % vs % Partículas de caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Tabla 25: Resultados CBR

RESULTADOS CBR- IZAMBA			
% Partículas de caucho	CBR %	Porcentaje que alcanza la Resistencia	Decremento de Resistencia %
0	15,20	100,00	0,00
3	12,03	79,14	20,86
5,71	12,4	81,58	18,42
6	12,30	80,92	19,08
9	10,20	67,11	32,89
12	8,40	55,26	44,74

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

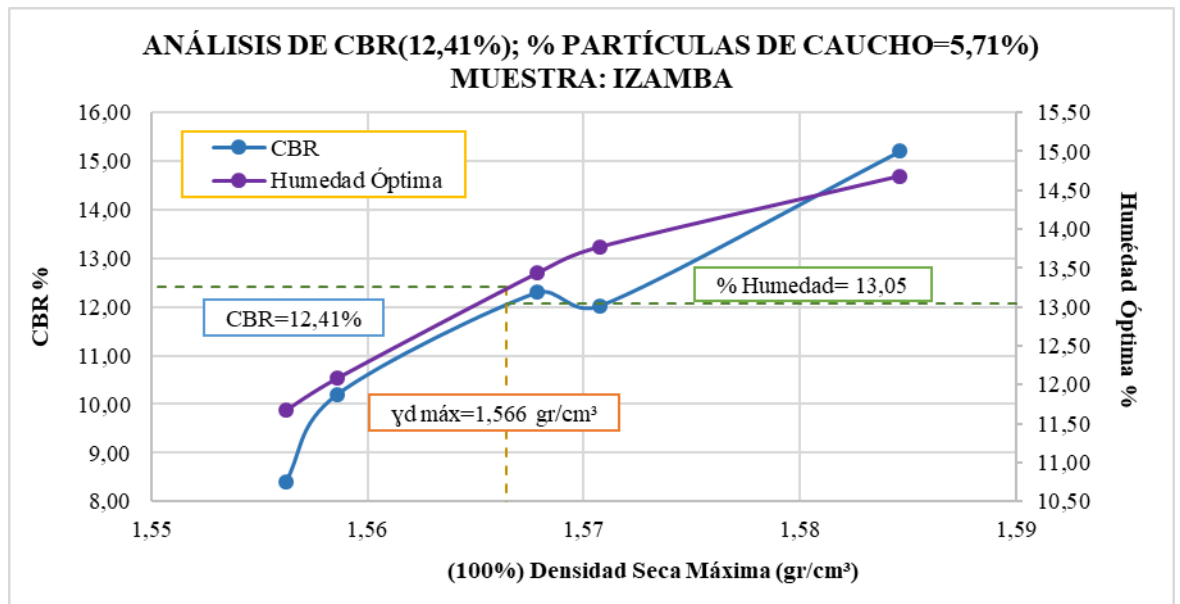
Los resultados que se presentan en la figura 45 y tabla 25 detallan el descenso que sufre el valor de CBR a medida que se van añadiendo los porcentajes de partículas de caucho a la muestra patrón. El porcentaje más alto de CBR pertenece a la muestra original (15.20%) el cual representa el 100% de la resistencia que alcanza el espécimen de la parroquia Izamba. Al ensayar el molde con el 3% de las partículas el CBR baja (12.03%) mismo que representa el 79.14% de la resistencia, por lo tanto, la muestra ha perdido el 20.86% de la misma. Al ensayar los moldes con el 6% y 9% de las partículas el CBR también disminuye con respecto al valor de la muestra patrón

mismos que representan el 80.92% y 67.11% de la resistencia, por lo tanto, han perdido el 18.02% y 32.89% de la misma respectivamente. Finalmente, al experimentar el espécimen con el 12% de aditivo desciende el valor de CBR (8.40%) el cual representa un 55.26% de la resistencia por consiguiente ha perdido un 44.74% de la misma.

Es importante recalcar que el valor de CBR tienden a disminuir a medida que se va añadiendo los porcentajes de partículas de caucho a la muestra patrón. Pero los resultados obtenidos únicamente de las probetas con aditivo indican que el valor más alto de CBR (12.4%) pertenece al suelo con el 5.71 % de Partículas de caucho mismo que corresponde el 81.58% de la resistencia el cual ha perdido el 18.42% de la misma. Esto quiere decir que el porcentaje de las partículas de caucho que va trabajar de manera más eficiente está dentro del rango 3% y 6% El Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil de Bowles [26] indica que el valor de CBR óptimo de la parroquia Izamba se encuentra dentro de la clasificación de suelo regular para un uso de Subbase.

Figura 46: Comparación CBR – Humedad Óptima – Densidad Seca Máxima

Muestra: Izamba



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Con la obtención del valor de CBR (12.41%) más alto entre los resultados de los especímenes con aditivo que se obtuvo al añadir un porcentaje de partículas de caucho

igual a 5.71%, se realiza el grafico 46 en el que se incluye la Densidad seca Máxima al 100% y Humedad Óptima recaudados del ensayo de Proctor Modificado.

Por medio de la figura 46 se halló el porcentaje de Humedad Óptima = 13.05% que se debe añadir a la muestra de la parroquia Izamba al realizar el ensayo de Proctor Modificado pues de esta manera se alcanzará una densidad seca máxima Óptima al 100%= 1.566 gr/cm³, misma que se utiliza en el ensayo de CBR. Pero al 95% de la densidad seca máxima (1.488 gr/cm³), el cual permite obtener el valor de CBR óptimo.

c. Parroquia Montalvo

Tabla 26: Propiedades Mecánicas (Suelo-Partículas de caucho)

MUESTRA 3: Montalvo - Ambato						
Porcentaje de Partículas de caucho		0%	3%	6%	9%	12%
Densidad de campo (γd)		1,341				
PROCTOR MODIFICADO	Humedad Óptima %	15,13	14,36	13,33	13,07	11,98
	Densidad seca máxima γd (g/cm ³)	1,643	1,600	1,584	1,578	1,557
	Grado de compactación %	81,64	83,80	84,66	84,98	86,13
CBR (95% DSM)	Densidad seca	1,560	1,520	1,505	1,499	1,479
	0,1 plg	16,50	14,50	13,50	12,90	12,10
	0,2 plg	15,50	14,00	13,20	12,10	11,20
	CBR	16,5	14,50	13,50	12,90	12,10

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

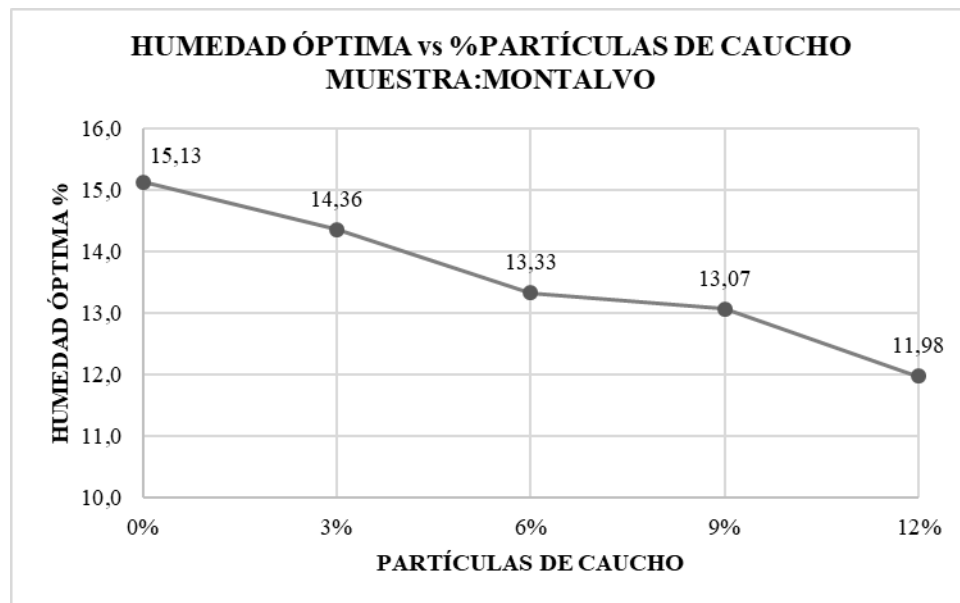
En esta tabla se puede observar las variaciones que sufren la muestra de suelo original de la Parroquia Montalvo en sus propiedades mecánicas al agregarles las partículas de caucho en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12%. A continuación, se presenta el análisis de los ensayos de Proctor Modificado y CBR de cada parroquia.

Análisis de Compactación - Proctor Modificado, Parroquia Montalvo

En la tabla 26 se puede observar que la humedad óptima va disminuyendo a medida que el porcentaje de caucho va aumentando, por lo tanto, la densidad seca máxima

también disminuye con la adición de las partículas de caucho, debido a que el porcentaje de humedad óptima va decreciendo el grado de compactación tiende a aumentar.

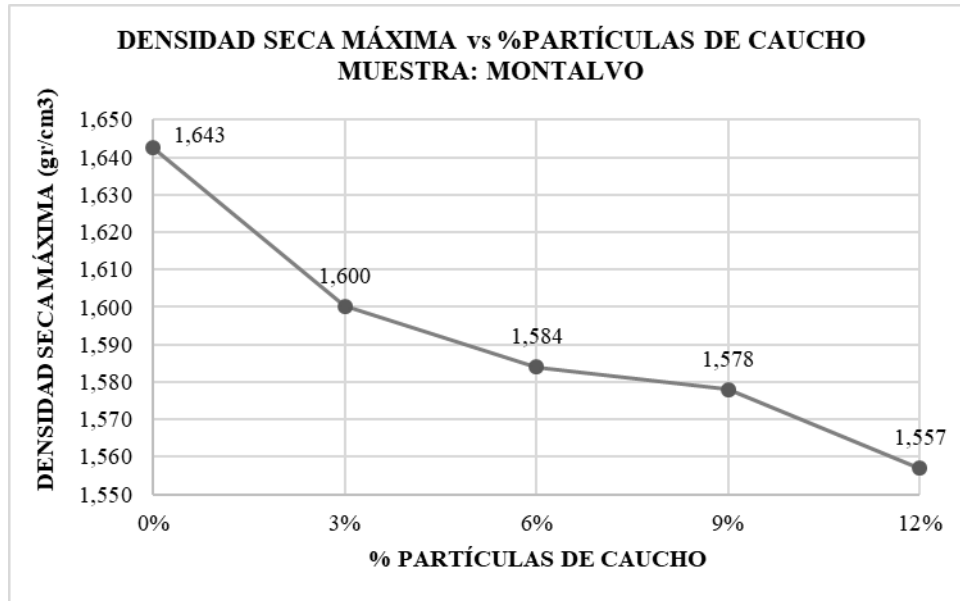
Figura 47: Humedad Óptima% vs. %Partículas de Caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 47 se puede identificar el cambio que sufre el porcentaje de Humedad Óptima con respecto al incremento de las partículas de caucho. La muestra original posee el valor de Humedad Óptima más elevada (15.13%) y a medida que se incrementa los porcentajes de las partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%) esta empieza a disminuir. Con el primer incremento del 3% de caucho reciclado la Humedad Óptima (14.36%) baja un 5.09% y se reduce un 20.82% con el último incremento del 12 % (ω %: 11.98%), con respecto a la humedad óptima de la muestra original

Figura 48: Densidad Seca Máxima vs Partículas de caucho



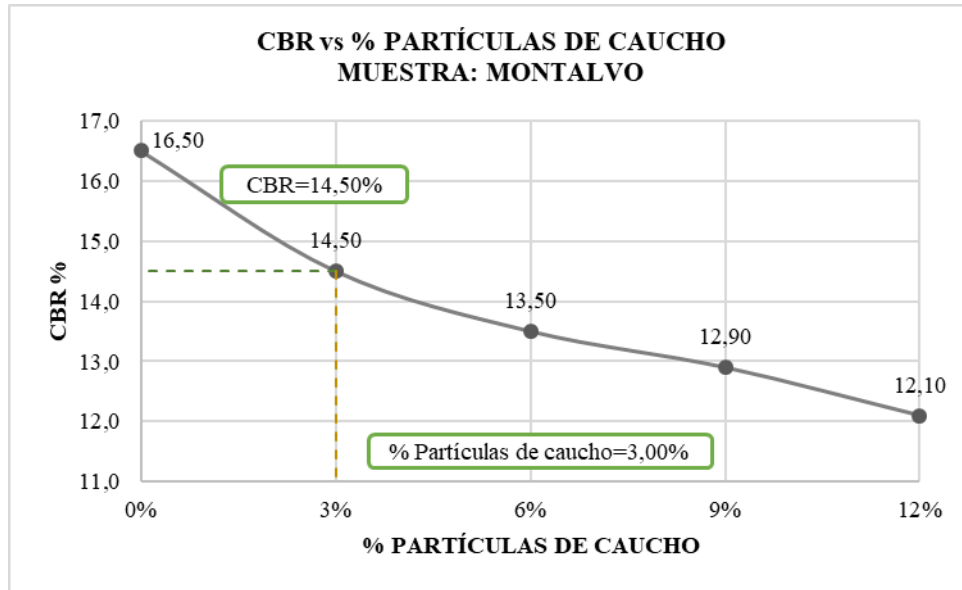
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 48 se puede identificar el cambio que sufre la densidad seca máxima con respecto al incremento de las partículas de caucho. La muestra original posee el valor de la densidad más elevada (1.643 gr/cm³) y a medida que se incrementa los porcentajes de las partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%) esta empieza a disminuir. Con el primer incremento del 3% de caucho reciclado la densidad seca máxima (1.600 gr/cm³) baja un 2.62% y se reduce un 5.23% con el último incremento del 12 % ($\gamma_d = 1.557$ gr/cm³), con respecto a la densidad seca máxima de la muestra original.

Análisis de CBR – Relación Soporte California, Parroquia Montalvo

Para este caso se realiza nuevamente los ensayos de Proctor Modificado y CBR a la misma muestra original de la Parroquia Montalvo más el incremento de las partículas de caucho (Suelo +3% PC, Suelo +6% PC, Suelo +9% PC, Suelo +12% PC).

Figura 49: CBR % vs. % Partículas de caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Tabla 27: Resultados CBR

RESULTADOS CBR- MONTALVO			
% Partículas de caucho	CBR %	Porcentaje que alcanza la Resistencia	Decremento de Resistencia %
0	16,50	100,00	0,00
3	14,50	87,88	12,12
6	13,50	81,82	18,18
9	12,90	78,18	21,82
12	12,10	73,33	26,67

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Los resultados que se presentan en la figura 49 y tabla 27 detallan el descenso que sufre el valor de CBR a medida que se va añadiendo los porcentajes de partículas de caucho a la muestra patrón. El porcentaje más alto de CBR pertenece a la muestra original (16.50%) el cual representa el 100% de la resistencia que alcanza el espécimen de la parroquia Montalvo, al ensayar el molde con el 3% de las partículas el porcentaje de CBR baja (14.50%) mismo que representa el 87.88% de la resistencia por lo tanto la muestra a perdido el 12.12% de la misma. Al ensayar los moldes con el 6% y 9% de las partículas el porcentaje de CBR también disminuye con respecto al valor de la muestra patrón mismos que representan el 81.82% y 78.18% de la resistencia por lo

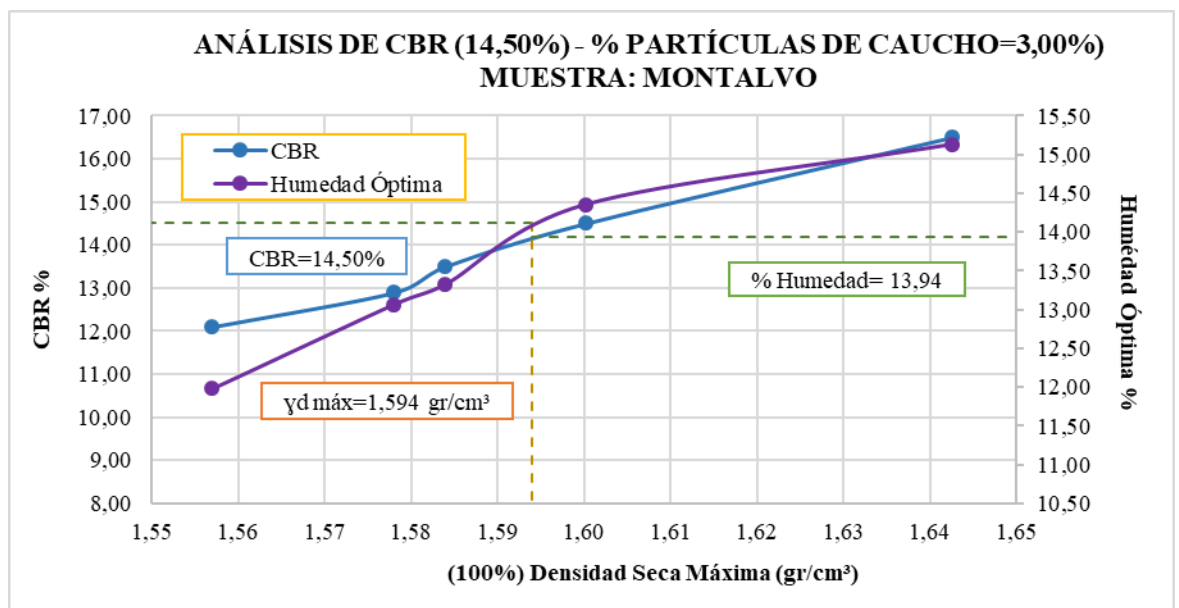
tanto han perdido el 18.18% y 21.82% de la misma respectivamente. Finalmente, al experimentar el espécimen con el 12% de aditivo desciende el valor de CBR (12.10%) el cual representa un 73.33% de la resistencia por consiguiente ha perdido un 26.67% de la misma.

Es importante recalcar que el valor de CBR tienden a disminuir a medida que se va añadiendo los porcentajes de partículas de caucho a la muestra patrón. En el caso de la Parroquia Montalvo los resultados obtenidos únicamente de las probetas con aditivo han logrado conseguir el valor más alto de CBR (14.50%) pertenece al suelo con el 3.00 % de Partículas de caucho mismo que corresponde el 87.88% de la resistencia el cual ha perdido el 12.12% de la misma. Esto quiere decir que el porcentaje de las partículas de caucho que va trabajar de manera más eficiente es el 3%.

El Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil de Bowles [26] indica que el valor de CBR óptimo de la parroquia Izamba se encuentra dentro de la clasificación de suelo regular para un uso de Subbase.

Figura 50: Comparación CBR – Humedad Óptima – Densidad Seca Máxima

Muestra: Montalvo



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Con la obtención del valor de CBR (14.50%) más alto entre los resultados de los

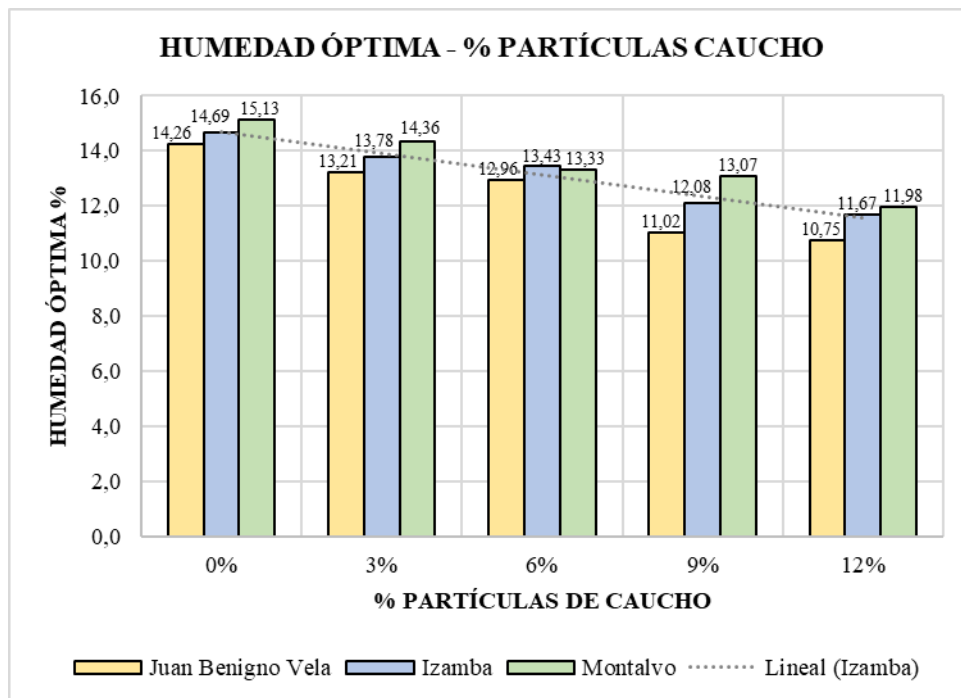
especímenes con aditivo que se obtuvo al añadir un porcentaje de partículas de caucho igual a 3.00%, se realiza el grafico 50 en el que se incluye la Densidad seca Máxima al 100% y Humedad Óptima recaudados del ensayo de Proctor Modificado.

Por medio de la figura 50 se halló el porcentaje de Humedad Óptima = 13.94% que se debe añadir a la muestra de la parroquia Juan Benigno Vela al realizar el ensayo de Proctor Modificado pues de esta manera se alcanzara una densidad seca máxima Óptima al 100%= 1.594 gr/cm³, misma que se utiliza en el ensayo de CBR. Pero al 95% de la densidad seca máxima (1.514 gr/cm³), el cual permite obtener el valor de CBR óptimo.

3.1.5 Análisis general de las Propiedades Mecánicas

a. Análisis general de Humedad Óptima vs. % Partículas de Caucho

Figura 51: Humedad Óptima vs. %Partículas de Caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Tabla 28: Valor de Humedad Óptimo más alto

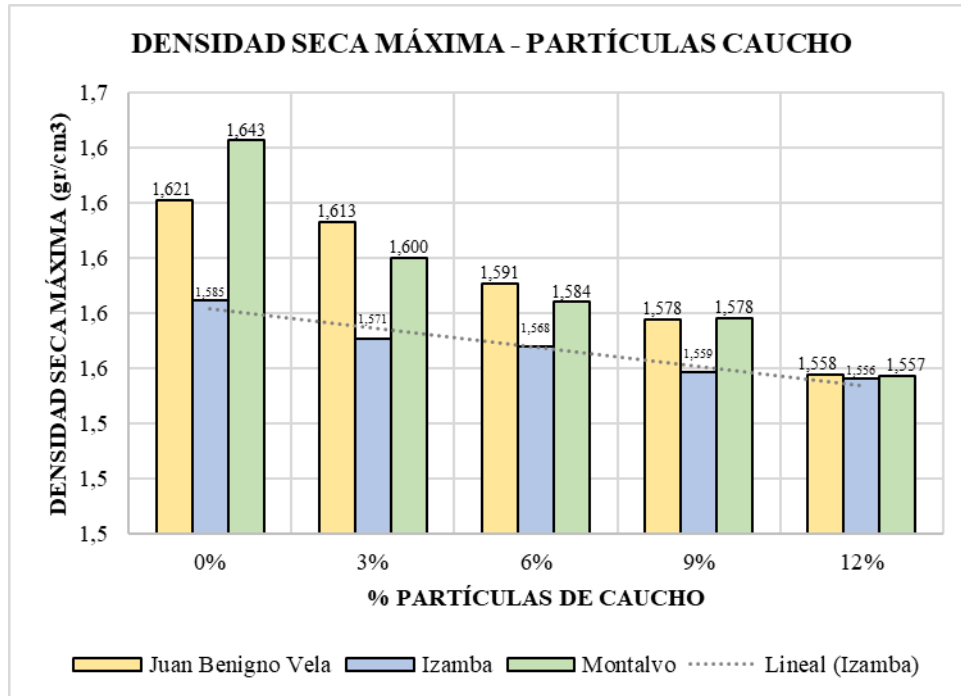
% de las partículas de caucho	Valor de Humedad Óptima más alta	Parroquia
0	15,13	Montalvo
3	14,36	Montalvo
6	13,43	Izamba
9	13,07	Montalvo
12	11,98	Montalvo

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la figura 51 se puede observar el porcentaje de humedad óptima que alcanza cada parroquia con el respectivo porcentaje de partículas de caucho. Esto indica que al añadir el 3% de aditivo la parroquia con mayor porcentaje de humedad óptima es Montalvo con 14.36%, mientras que al añadir el 6% de aditivo la parroquia que alcanza la humedad Óptima más alta es Izamba con un 13.43%. Finalmente, al aumentar el 9% y 12% de partículas de caucho la humedad óptima más elevada pertenece a la Parroquia Montalvo con 13.07% y 11.98% de forma respectiva. Sin embargo, como se mencionó anteriormente la muestra que posee el porcentaje de Humedad Óptima más elevado es el que contiene el 0% de aditivo el cual pertenece a la Parroquia Montalvo con un 15.13%.

b. Análisis general de la Densidad Seca Máxima vs. % Partículas de caucho

Figura 52: Densidad Seca Máxima Vs % Partículas de caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Tabla 29: Valor de Densidad seca máxima más alta

% de las partículas de caucho	Densidad seca máx. mas alta yd (g/cm³)	Parroquia
0	1,643	Montalvo
3	1,613	Juan Benigno Vela
6	1,591	Juan Benigno Vela
9	1,578	Juan Benigno Vela- Montalvo
12	1,558	Juan Benigno Vela

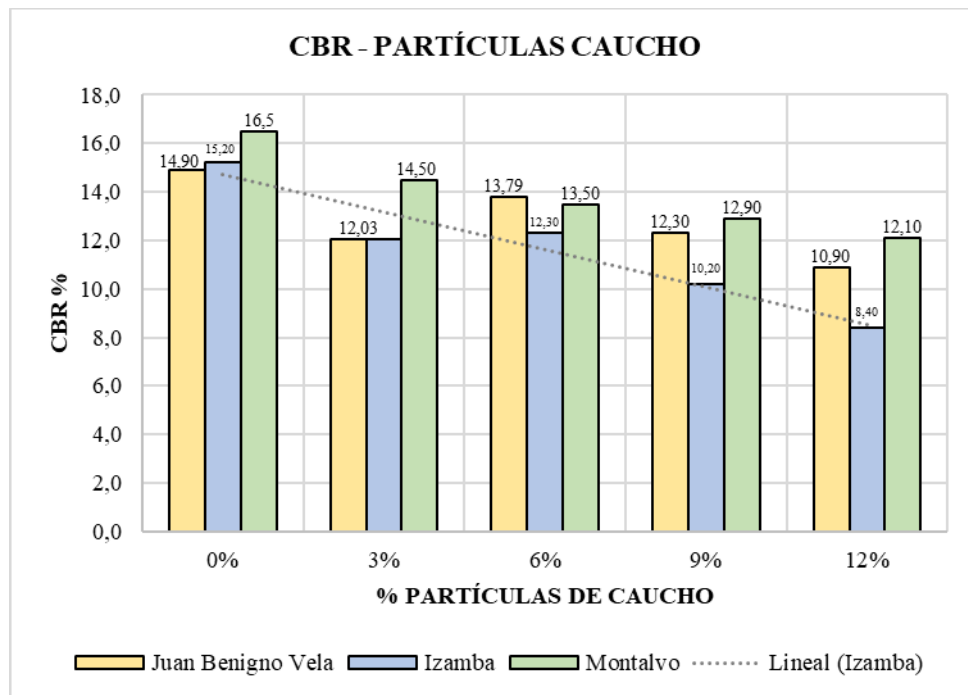
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 52 y tabla 29 se detalla la Densidad Seca Máxima que obtiene cada parroquia con el respectivo porcentaje de partículas de caucho. Pues de esta manera se puede observar que al agregar el 3%, 6%, 9% y 12% de aditivo la parroquia con mayor

valor de Densidad seca máxima es Juan Benigno Vela con 1.643 g/cm³, 1.591 g/cm³, 1.578 g/cm³, 1.558 g/cm³ respectivamente. También se puede apreciar que al añadir el 9% de aditivo la parroquia que tiene una densidad seca máxima es Montalvo con 1.578%. Sin embargo, como se mencionó anteriormente la muestra que posee el valor de Densidad Seca Máxima más elevado es el que contiene el 0% de aditivo el cual pertenece a la Parroquia Montalvo con un 1.643.

c. Análisis general de CBR vs. % Partículas de caucho

Figura 53: CBR vs. %Partículas de Caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Tabla 30: Valor del Porcentaje de CBR más alta

% De las partículas de caucho	Porcentaje del CBR mas Alto	Parroquia
0	16,50	Montalvo
3	14,50	Montalvo
6	13,79	Juan Benigno Vela
9	12,90	Montalvo
12	12,10	Montalvo

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

En la Figura 53 y tabla 30 se detalla el porcentaje de CBR que obtiene cada parroquia con el respectivo porcentaje de partículas de caucho. Pues de esta manera se puede observar que al agregar el 3% de aditivo la parroquia con mayor porcentaje de CBR es Montalvo con 14.50%, al igual que al añadir el 6% de aditivo la parroquia que alcanza el porcentaje de CBR más alto es Juan Benigno Vela con un 13.79%. Finalmente, al aumentar el 9% y 12% de partículas de caucho el porcentaje de CBR más elevada pertenece a la Parroquia Montalvo con 12.90% y 12.10% de forma respectiva. Sin embargo, como se mencionó anteriormente la muestra que posee el porcentaje de Humedad Óptima más elevado es el que contiene el 0% de aditivo el cual pertenece a la Parroquia Montalvo con un 16.50%.

3.2. Verificación de hipótesis

Al concluir el proceso de investigación realizados en tres suelos granulares de las parroquias Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo y por medio de gráficos y cuadros comparativos se verifica que efectivamente las muestras sufren alteraciones en sus propiedades físico –mecánicas. En todas las muestras los resultados óptimos pertenecen a los especímenes con la muestra no alterada, esto significa que al agregar los porcentajes de partículas de caucho las propiedades mecánicas del suelo granular disminuyen paulatinamente tanto en los valores de Proctor Modificado como CBR. Pero ninguno de estos valores se encuentra fuera del rango de clasificación de suelo regular para uso de subbase como lo establece el Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil de Bowles [26].

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Al determinar los contenidos de humedad de las muestras obtenidas en las Parroquias Juan Benigno Vela (27.15%), Izamba (4.39%) y Montalvo (3.65%) se pudo concluir que el suelo con mayor contenido de agua pertenece a la Parroquia Juan Benigno Vela con 27.15%.
- A través del ensayo de granulometría se pudo determinar la clasificación SUCS en las muestras representativas de las Parroquias Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo, la cual indica que los especímenes pertenecen a un suelo de grano grueso y se encuentra dentro de la clasificación de las Arenas (SM) obteniendo finalmente como resultado una mezcla entre arena y limo (Arenas limosas)
- Por medio de los resultados obtenidos en los ensayos de granulometría y Límites de Atterberg (Límite líquido e Índice Plástico) se determinó que las muestras patrón de las tres parroquias en análisis pertenecen al Grupo A-2 y al subgrupo A-2-4, según la clasificación AASHTO.
- Los resultados del ensayo de Gravedad Específica arrojan que las muestras representativas de las Parroquias Juan Benigno Vela, Izamba y Montalvo pertenecen a la clasificación de suelos granulares con material orgánico.
- Al analizar los estados de consistencia en los especímenes con partículas de caucho se puede concluir que al agregar más del 3% de aditivo en la muestra patrón esta tiende a cambiar su consistencia con respecto al suelo natural, es decir las muestras con el 6%, 9% y 12% de partículas de caucho pierden su estado plástico. Por lo tanto, estos especímenes actúan como arenas ya que han perdido su plasticidad.
- En esta investigación se utilizó arenas limosas, por consiguiente, al agregar más del 3% de aditivo en las muestras patrón, las diferentes partículas de la mezcla

“suelo + caucho” no trabajan homogéneamente y no comparten las mismas propiedades, disminuyendo la compacidad del suelo y haciendo que los mismos actúen más como arenas.

- La primera alteración en las propiedades físicas ocurre en la humedad óptima y la densidad seca máxima del Proctor Modificado conforme se va añadiendo las partículas de caucho menores a 1 mm (3%, 6%, 9% y 12%). La densidad seca disminuye al agregar el aditivo con respecto a la muestra en estado natural debido a que la densidad del caucho es menor que la del suelo. Esto provoca que los valores de la humedad Optima también desciendan.
- Al realizar los ensayos de CBR en las muestras patrón representativas de las tres parroquias se obtuvo los siguientes resultados: CBR Juan benigno Vela= 14.90%; CBR Izamba= 15.20%; CBR Montalvo= 16.50%.
- Al realizar los ensayos de CBR con diferentes porcentajes de partículas de caucho (3%, 6%, 9% y 12%), los resultados decrecen con respecto al valor de CBR de la muestra patrón. La Parroquia que más ha perdido su resistencia al corte fue Izamba con un porcentaje de 44.74%, mientras que la resistencia a corte de Montalvo y Juan benigno vela ha descendido únicamente un 26.67% y 26.85% respectivamente.
- Los valores más altos obtenidos de CBR en muestras con partículas de caucho son los siguientes: Juan Benigno Vela con un CBR de 13.83% a un porcentaje de 6.1% de partículas de caucho. Izamba posee un CBR= 12.40% a un porcentaje de 5.71 % de partículas de caucho, finalmente Montalvo con un CBR= 12.12% a un porcentaje de 3% de partículas de caucho.
- El caucho al poseer una densidad menor no logra cohesionarse de forma óptima con el suelo, lo que produce durante el ensayo CBR que, al introducir el molde de la muestra alterada en el agua para saturarla, las partículas de caucho son propensas a flotar creando la aparición de vacíos en el espécimen. El agua llega a ocupar esos

espacios, dando como consecuencia la pérdida de densidad y resistencia en el suelo + caucho, con respecto a la muestra natural.

- Al ejecutar los ensayos de Proctor Modificado y CBR las muestras suelo + caucho tienen dificultad de compactarse, evitando que no trabajen como una mezcla. Es por esto que a partir del 9% al 12% de partículas de caucho, la muestra de suelo más aditivo tiende a disgregarse.
- En los resultados obtenidos del ensayo CBR se puede observar que los valores de las muestras suelo + caucho, en la mayoría de los porcentajes superan el 10%, valor mínimo recomendado por la AASHTO para uso en subrasantes.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda analizar y explorar previamente el lugar de extracción de las muestras, teniendo en cuenta que el suelo no sea de relleno y que no haya sido manipulado anteriormente, ya que esto garantiza la obtención de resultados representativos del suelo natural, al realizar los ensayos tanto de campo como de laboratorio.
- Para iniciar con los ensayos de campo y laboratorio se recomienda aplicar de forma correcta las normas establecidas que estén en vigencia, ya que una mala interpretación de estas puede producir resultados y conclusiones erróneas.
- Es recomendable conservar las muestras extraídas en un lugar que no esté a la intemperie y libre de humedad, para mantener en lo posible las características naturales del suelo.
- Antes de iniciar con los ensayos de las muestras + caucho se recomienda que las partículas de caucho se encuentren previamente secas al ambiente y tamizadas para la realización adecuada de los ensayos planteados.
- Para entender con claridad y realizar una buena interpretación de los resultados obtenidos tanto de la muestra patrón como de la muestra + caucho se recomienda realizar un análisis comparativo que permita distinguir correctamente los distintos valores que arrojan los ensayos.
- Para una futura investigación se recomienda utilizar partículas de caucho con diámetros menores a 1 mm, para analizar si este tipo de aditivos mejoran o no las propiedades físico-mecánicas de los suelos granulares.
- Se puede recomendar la adición de partículas de caucho en este tipo de suelos granulares, con el objetivo únicamente de reciclaje de este tipo de material, considerando utilizar porcentajes bajos para no alterar significativamente los valores de densidad, humedad y capacidad de soporte.

Referencia Bibliografía

- [1] Er. Jagtar Singh and Er. Jasvir Singh Rattan, "Soil Stabilization of Clayey Soil using Shredded Rubber Tyre," *Int. J. Eng. Res.*, vol. V6, no. 9, pp. 246–249, 2017, doi: 10.17577/ijertv6is090113.
- [2] J. J. Patiño Ycaza, "Estabilización del Suelo mediante adiciones de caucho reciclado.," Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2017.
- [3] C. A. Franco and K. W. Lee, "Improved California Bearing Ratio Test Procedure.," *Transp. Res. Rec.*, pp. 91–97, 1987.
- [4] E. Güneyisi, M. Gesoğlu, and Kas, "Experimental investigation on durability performance of rubberized concrete," *Adv. Concr. Constr.*, vol. 2, no. 3, p. 193, 2014, doi: 10.12989/acc.2014.2.3.187.
- [5] W. H. Yung, L. C. Yung, and L. H. Hua, "A study of the durability properties of waste tire rubber applied to self-compacting concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 41, pp. 665–672, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.019.
- [6] Á. Pérez, "Nuevos productos nacen del reciclaje de llantas," *El telegrafo*, Ambato, p. 1, Jun. 25, 2018.
- [7] N. Oikonomou and S. Mavridou, "Improvement of chloride ion penetration resistance in cement mortars modified with rubber from worn automobile tires," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 31, no. 6, pp. 403–407, 2009, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2009.04.004.
- [8] L. Bañón Blásquez and J. F. Beviá García, *Construcción y Mantenimiento*, Ortiz e Hi. 2000.
- [9] F. J. Sánchez Romero, "Clasificación de suelos granulares," 2019. .
- [10] G. Fadda, "Morfología del Suelo," 2017.
- [11] C. E. Duque Escobar, Gonzalo and Escobar P., *Geotecnia*. 2016.
- [12] G. B. Sowers and G. F. Sowers, *Introducción a la mecánica de suelos y cimentación*, Tercera. México: Editorial Limusa-Wiley, 1972.
- [13] G. Duque and C. Escobar, *Mecánica de los suelos*. 2002.
- [14] Eddyhrbs, "Cálculo del índice de grupo AASHTO," 2015. <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/04/calculo-del-indice-de-grupo.html> (accessed Aug. 25, 2020).
- [15] A. Oldecop, "Comportamiento de Materiales Granulares a Bajas y Altas Tensiones," p. 40, 2001.
- [16] R. Barberly Sánchez, *Mecánica de suelos*, Segunda. Ciudad de La habana: Edutorial Pueblo y Educación, 1990.

- [17] E. Ocaña and A. Pittaluga, *Propiedades de los Suelos*. 2016.
- [18] R. Giménez, “Física del suelo,” San Miguel, 2013.
- [19] R. E. Abarzúa, “Texto guía para la cátedra de mecánica de suelos,” Villarrica, 2004.
- [20] R. Peck, W. Hanson, and T. Thornburn, *Ingeniería de Cimentaciones*, Segunda. México: Editores Limusa Noriega, 2001.
- [21] A. Rico Rodríguez, *La ingeniería de los suelos en las vías terrestres*. México: Limusa, 2005.
- [22] R. C. Medrano Castillo, “Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica Instituto Tecnológico de Tehuacán Libro : Mecánica de Suelos II,” pp. 1–171, 2008.
- [23] GeotecniaMx, *Mecánica de suelos básica*. México, 2019.
- [24] L. VALLEJO, L. I. G.; FERRER, M.; ORTUÑO, *Ingeniería Geológica*. Madrid: PERSON EDUCACIÓN, 2002.
- [25] M. Braja Das, *Ingeniería Geotécnica*, Cuarta. México: CENGAGE Learning, 2001.
- [26] J. E. Bowles, *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*, vol. 91, no. 5. McGRAW-HILL, 2012.
- [27] G. Mazzini, N., Flax, E., Rodríguez, *Polímeros*. Buenos Aires, 2010.
- [28] F. López, *Fundamentos de Polímeros*, 2004th ed., no. May. Mérida: Smart Service C.A, 2007.
- [29] Chile Puntaje Nacional, *Clasificación de los polímeros*. Chile, 2007.
- [30] S. Asare, “Failure of Rubber Components under Fatigue,” no. July, p. 200, 2013.
- [31] T. I. Butler, “Blown Film Processing,” *Handb. Ind. Polyethyl. Technol.*, pp. 381–410, 2016, doi: 10.1002/9781119159797.ch12.
- [32] G. Castro, “Materiales y compuestos para la industria del neumático,” 2008. [Online]. Available: http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf.
- [33] E. Cano, L. Cerezo, and M. Urbina, “Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso,” Madrid.
- [34] D. Juárez, R. Balart, S. Ferrándiz, and D. García, “Estudio y análisis de los polímeros derivados del estireno-Butadieno,” *3ciencias*, p. 17, 2013.
- [35] G. Castro, “Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos,” p. 60, 2007.

ANEXOS

C.1. Ensayos



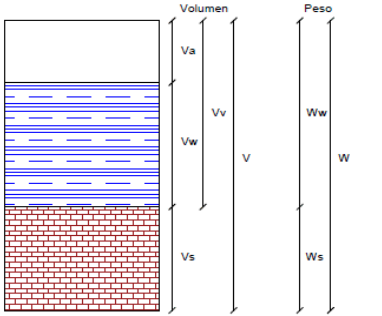
C.1.1. Parroquia Juan Benigno Vela

Anexo 1: Contenido de Humedad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto:		EFEECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	1		
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa		
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68		
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Muestra	W. REC. (gr)	W. HÚM (gr)	W seco (gr)	% W nat.	% W PROM.
1	33,1	122,9	104	26,66	27,15
2	26,5	90	76,4	27,25	
3	31,1	98,4	83,8	27,70	
4	24,8	108,6	90,8	26,97	



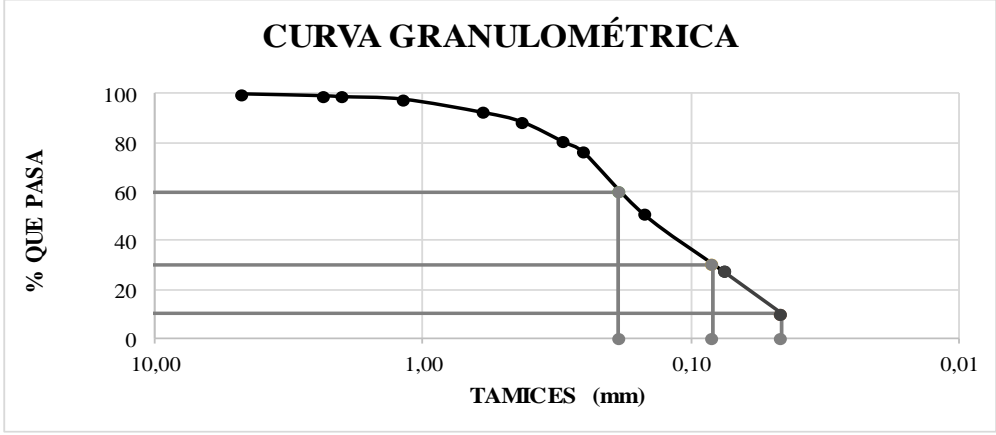
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 2: Densidad Cono y Arena

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	1		
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa		
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68		
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO O PESO DE LA MASA (Wm)			Unidades		
Peso de la masa del suelo + funda	(W _{m+Rec})	2322	gr		
Peso de la funda	(Rec)	4,1	gr		
Peso de la masa del suelo	(W _m =W _{m+Rec} -Rec)	2317,9	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA MASA (Vm)			Unidad		
Peso inicial frasco +cono +arena		7045	gr		
Peso final frasco + cono + arena		3046	gr		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		1608	gr		
Peso arena en la perforación		2391	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,582	gr/cm ³		
Volumen de la perforación V _m		1511,38	cm ³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			Unidad		
Número de recipiente		1	2	3	-
Peso húmedo + recipiente	W _{m+rec}	108	90	98,4	gr
Peso seco + recipiente	W _{s+rec}	90,8	76,4	83,8	gr
Peso recipiente	rec	24,8	26,5	31,1	gr
Peso del agua	W _w	17,2	13,6	14,6	gr
Peso de los sólidos	W _s	66	49,9	52,7	gr
Contenido de humedad	w%	26,06	27,25	27,70	%
Contenido de humedad promedio	w% prom	27,01			%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
			Volúmenes (cm ³)	Peso (gr)	
		V _v =	24,92	-	
		V _a =	7,72	0,00	=W _a
		V _w =	17,2	17,2	=W _w
		V _s =	18,83	49,9	=W _s
V _m =	43,75	67,10			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO ANALIZADO					Unidades
Peso volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1,534	gr/cm ³		
Densidad seca (γ_d)		1,208	gr/cm ³		
Contenido de humedad w%		27,01	%		
Relación de vacíos $e=V_v/V_s$		1,32	Natural		
Porosidad $n%=V_v/V_m*100$		56,96	%		
Grado de Saturación de agua $G_w%=V_w/V_v*100$		69,02	%		
Grado de Saturación de aire $G_a%$		30,98	%		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
*El valor de la densidad seca in situ es de 1,208 gr/cm ³ y la densidad húmeda es de 1,534 gr/cm ³ .					



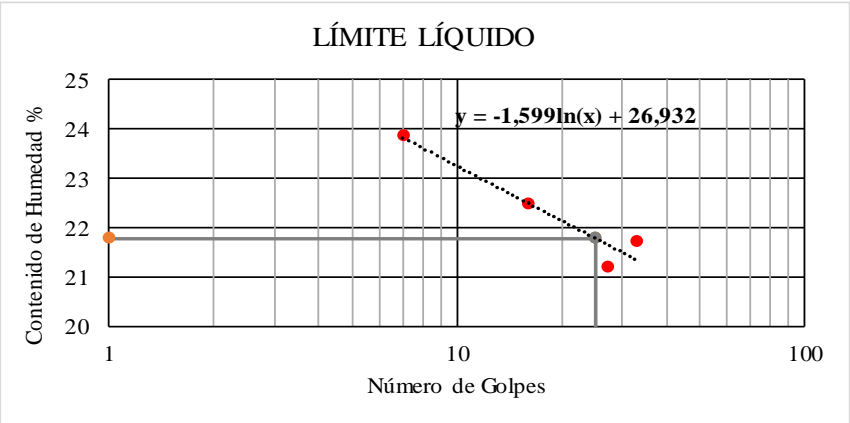
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 3: Granulometría

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto:		EFEECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.				
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68			
Peso inicial:	700 gr	Apoyo:	LDMS laboratorios			
GRANULOMETRÍA						
# Tamiz	Abertura (mm)	W retenido	% W retenido	W ret. Acumulado	% ret. Acumulado	% Pasa
4	4,75	0,6	0,09%	0,60	0,09%	99,91
8	2,36	5,2	0,74%	5,80	0,83%	99,17
10	2,00	2,9	0,41%	8,70	1,24%	98,76
16	1,18	7,1	1,02%	15,80	2,26%	97,74
30	0,595	37,8	5,41%	53,60	7,67%	92,33
40	0,425	27	3,86%	80,60	11,53%	88,47
50	0,297	57,5	8,22%	138,10	19,75%	80,25
60	0,25	29,9	4,28%	168,00	24,03%	75,97
100	0,149	176,3	25,21%	344,30	49,24%	50,76
200	0,075	163,1	23,33%	507,40	72,57%	27,43
PASA #200	0,03	191,8	27,43%	699,20	100,00%	
Peso total (gr)		699,2	100,00%			
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
COEFICIENTES DEL SUELO						
D10 (mm)	0,046	Cu = D60 / D10		4,043		
D30 (mm)	0,083	Cc = (D30 ²)/(D60*D10)		0,805		
D60 (mm)	0,186	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0,425		
FRACCIONES DE PARTÍCULAS						
Grava		Arena		Finos		
0,09		72,48		27,43		



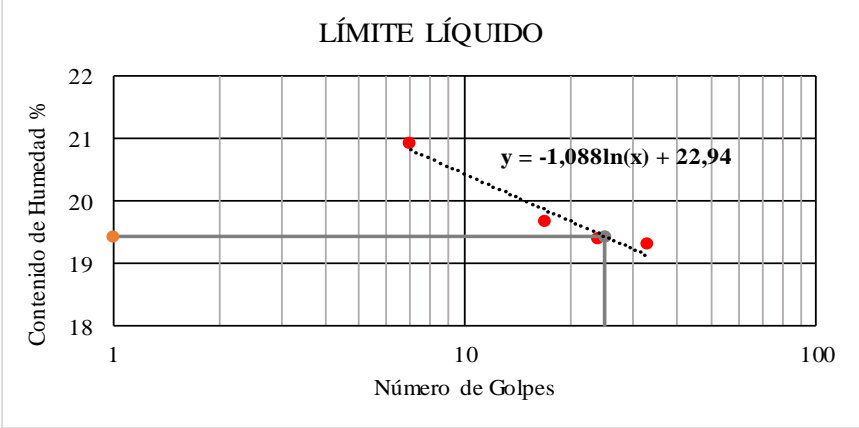
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 4: Límites de Atterberg (Clasificación del suelo)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	1			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68			
Apoyo:	LDMS laboratorios					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	7	11	28,60	25,20	23,94	23,88
		17,8	33,40	30,40	23,81	
10-20	16	11,4	24,70	22,20	23,15	22,50
		11,3	25,80	23,20	21,85	
20-30	27	11,5	24,70	22,40	21,10	21,21
		17,7	34,20	31,30	21,32	
30-40	33	10,9	20,90	19,00	23,46	21,73
		11,3	22,70	20,80	20,00	
LÍMITE LÍQUIDO:						21,79
LÍMITE LÍQUIDO 						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	4,24	6,34	5,99	20,00		
#2	5,38	7,19	6,89	19,87		
#3	5,67	7,69	7,36	19,53		
#4	5,23	7,09	6,79	19,23		
#5	4,21	6,33	5,98	19,77		
PROMEDIO W% (LP)				19,68		
RESULTADOS						
LÍMITES DE ATTERBERG			Clasificación del suelo			
LÍMITE LÍQUIDO	LL	21,79	AASHTO	A-2-4		
LÍMITE PLÁSTICO	LP	19,68				
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	2,11	SUCS	SM		



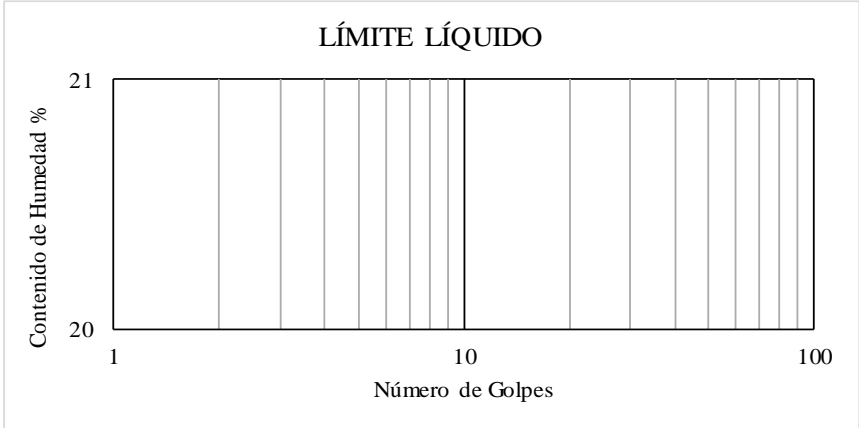
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 5: Límites de Atterberg con 3% de partículas de caucho (Estado de consistencia)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
						
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68			
Apoyo:	LDMS laboratorios					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	7	11,3	21,88	19,99	21,75	20,92
		11,5	22,80	20,91	20,09	
10-20	17	11	21,60	19,83	20,05	19,68
		11	22,18	20,37	19,32	
20-30	24	10,9	19,23	17,95	18,16	19,39
		11,4	18,77	17,51	20,62	
30-40	33	11	18,96	17,74	18,10	19,31
		11	19,34	17,92	20,52	
LÍMITE LÍQUIDO:						19,44
						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	6,21	7,43	7,26	16,19		
#2	6,68	7,95	7,76	17,51		
#3	6,30	7,58	7,38	18,52		
#4	6,03	7,25	7,07	17,31		
#5	6,12	7,35	7,16	18,27		
PROMEDIO W% (LP)					17,56	
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO	LL	19,44				
LÍMITE PLÁSTICO	LP	17,56				
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	1,88				



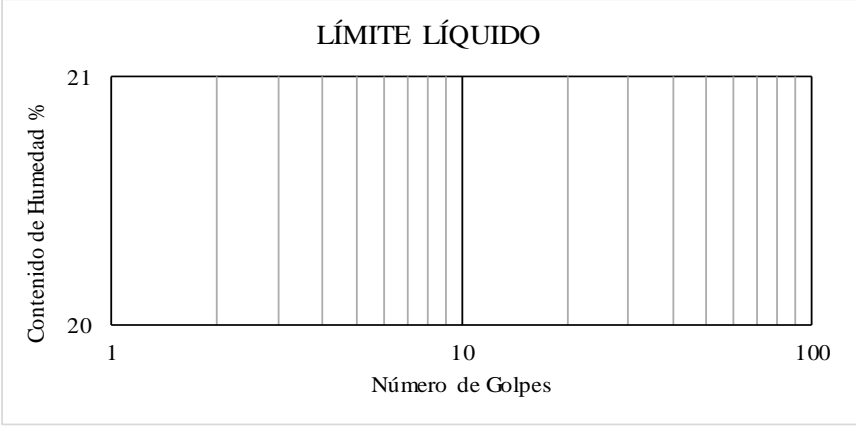
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 6: Límites de Atterberg con 6% de partículas de caucho (Estado de consistencia)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto:							EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	1				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
LÍMITE LÍQUIDO							
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM	
1-10	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
10-20	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
20-30	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
30-40	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
LÍMITE LÍQUIDO:						-	
							
LÍMITE PLÁSTICO							
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w			
#1	-	-	-	-			
#2	-	-	-	-			
#3	-	-	-	-			
#4	-	-	-	-			
#5	-	-	-	-			
PROMEDIO W % (LP)				-			
LÍMITES DE ATTERBERG							
LÍMITE LÍQUIDO	LL	-					
LÍMITE PLÁSTICO	LP	-					
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	-					



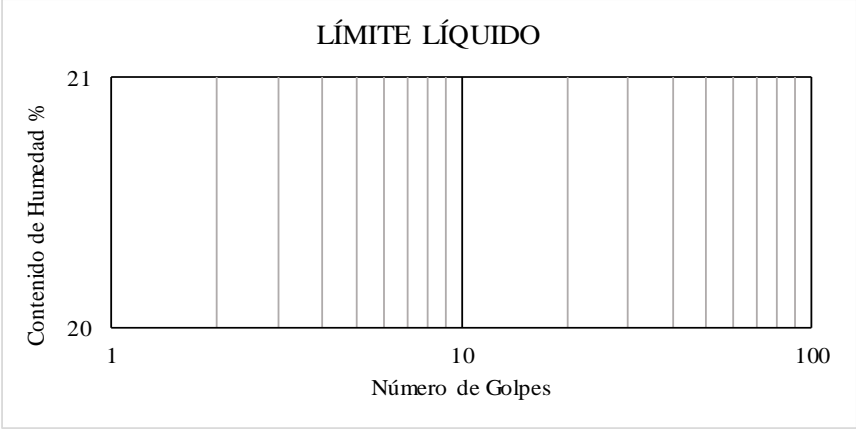
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 7: Límites de Atterberg con 9% de partículas de caucho (Estado de consistencia)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto:							EFEECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	1				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
LÍMITE LÍQUIDO							
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM	
1-10	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
10-20	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
20-30	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
30-40	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
LÍMITE LÍQUIDO:						-	
LÍMITE LÍQUIDO							
							
LÍMITE PLÁSTICO							
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w			
#1	-	-	-	-			
#2	-	-	-	-			
#3	-	-	-	-			
#4	-	-	-	-			
#5	-	-	-	-			
PROMEDIO W % (LP)						-	
LÍMITES DE ATTERBERG							
LÍMITE LÍQUIDO	LL	-					
LÍMITE PLÁSTICO	LP	-					
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	-					



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

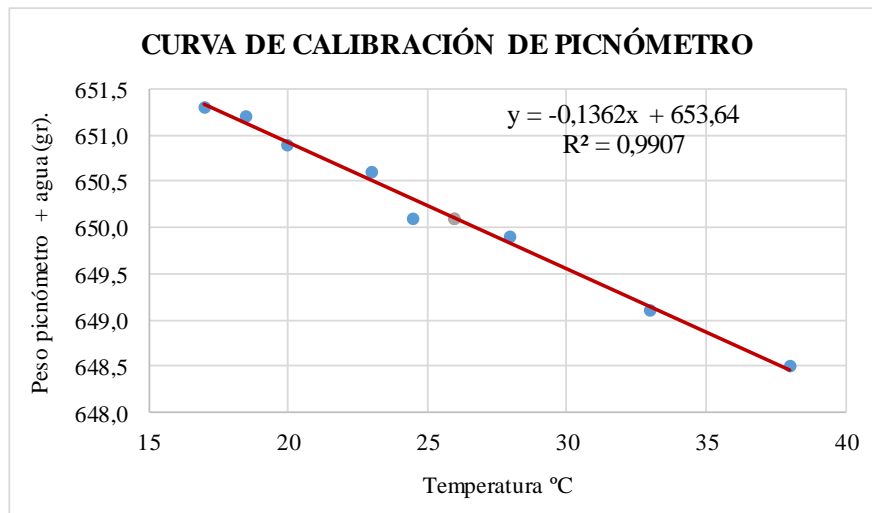
Anexo 8: Límites de Atterberg con 12% de partículas de caucho (Estado de consistencia)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.							
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	1				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluiza				
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
LÍMITE LÍQUIDO							
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM	
1-10	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
10-20	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
20-30	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
30-40	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-		
LÍMITE LÍQUIDO:							-
LÍMITE LÍQUIDO 							
LÍMITE PLÁSTICO							
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w			
#1	-	-	-	-			
#2	-	-	-	-			
#3	-	-	-	-			
#4	-	-	-	-			
#5	-	-	-	-			
PROMEDIO W % (LP)					-		
LÍMITES DE ATTERBERG							
LÍMITE LÍQUIDO		LL	-				
LÍMITE PLÁSTICO		LP	-				
ÍNDICE PLÁSTICO		IP = LL-LP	-				

Fuente: Gricelda Guanoluiza



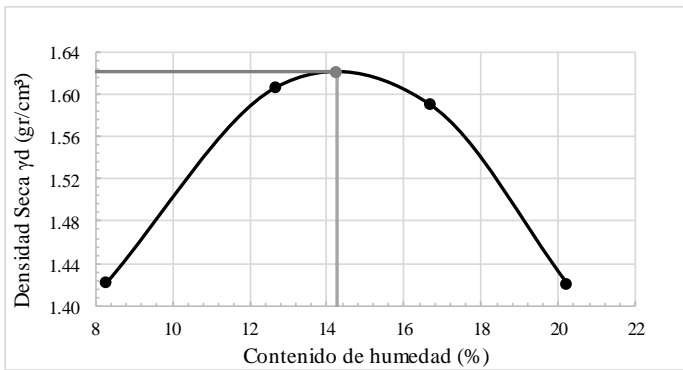
Anexo 9: Gravedad Específica

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Juan Benigno Vela Profundidad: 0,6 m	N° Muestra: 1 Ensayado por: Gricelda Guanoluisa Revisado por: Ing. Favio Portilla Coordenadas: 17 M, 756563.26 ; 9855080.68		
GRAVEDAD ESPECÍFICA			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Temperatura del agua + suelo		26	°C
Peso del recipiente + suelo seco		303,7	gr
Peso del recipiente	Wsec	254,1	gr
Peso del suelo seco	Ws	49,6	gr
Peso picnómetro + agua	Wbw	650,10	gr
Peso del suelo seco + (Peso picnómetro + agua)	Ws+Wbw	699,70	gr
Peso picnómetro + agua + suelo	Wbws	680,6	gr
Deslizamiento del agua	(Ws + Wbw) - Wbws	19,10	gr
Factor de correlación por temperatura	K	0,9907	gr
Gravedad específica	Gs	2,57	-
OBSERVACIONES			
En la curva de calibración tenemos que a 26 °C, el peso del picnómetro más agua es de 650,1 gr.			





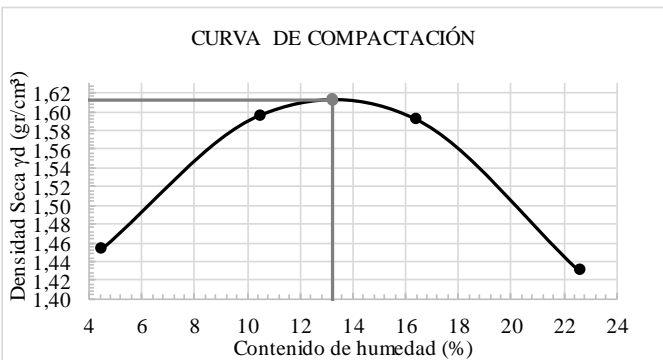
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 10: Proctor Modificado con 0% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15.2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12.6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	9122	9671	9765	9466				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3142	3691	3785	3486				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.539	1.808	1.854	1.708				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	A	B	I	T10	T34	T08	T29	T14
P. del recipiente (Wrec)	11.98	12.11	12.10	11.44	12.16	12.11	11.76	11.95
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	42.06	46.14	45.24	45.50	45.33	44.02	49.60	50.55
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	39.75	43.54	41.56	41.63	40.56	39.49	43.29	44.00
Peso sólidos (Ws)	27.77	31.43	29.46	30.19	28.40	27.38	31.53	32.05
Peso del agua (Ww)	2.31	2.60	3.68	3.87	4.77	4.53	6.31	6.55
Cont. Humedad (w%)	8.32	8.27	12.49	12.82	16.80	16.54	20.01	20.44
Cont. Humedad promedio (w%)	8.30		12.66		16.67		20.22	
P. Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.422		1.605		1.590		1.421	
CURVA DE COMPACTACIÓN								
					Contenido de Humedad Óptima $w\%$: 14.26			
					Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm ³): 1.621			
					Grado de Compactación 74.50%			



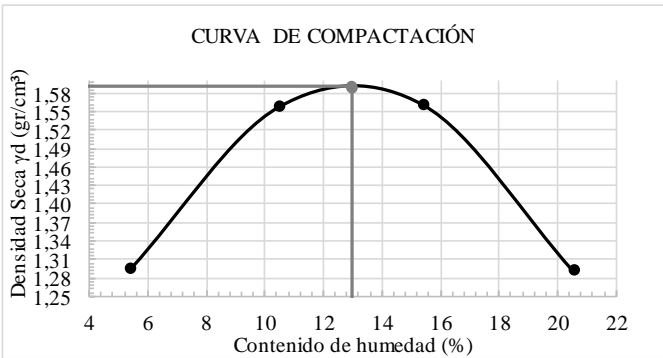
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 11: Proctor Modificado con 3% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980
Peso inicial	6000 gr		
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Número de ensayo	1	2	3
P. molde + suelo húmedo (gr)	9078	9579	9763
P. suelo húmedo Wm (gr)	3098	3599	3783
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,518	1,763	1,854
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	A	B	I
P. del recipiente (Wrec)	12,11	12,00	12,08
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	40,67	46,43	58,28
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	39,43	45,00	53,98
Peso solidos (Ws)	27,32	33,00	41,90
Peso del agua (Ww)	1,24	1,43	4,30
Cont. Humedad (w%)	4,54	4,33	10,26
Cont. Humedad promedio (w%)	4,44		10,45
P. Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,453	1,597	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
 <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>			Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 13,21
			Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,613
			Grado de compactación 74,86%



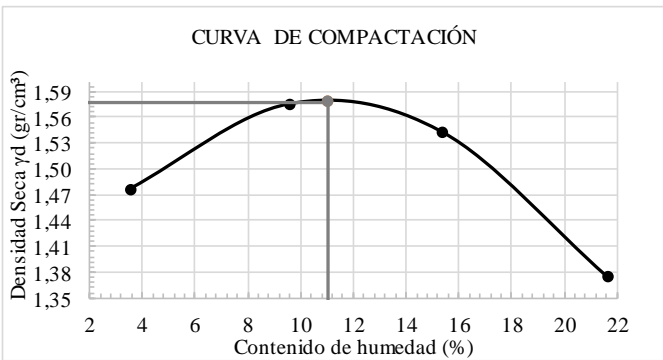
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 12: Proctor Modificado con 6% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8766	9492	9656	9156				
P. suelo húmedo Wm (gr)	2786	3512	3676	3176				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,365	1,721	1,801	1,556				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	A	B	I	T10	T34	T08	T29	T14
P. del recipiente (Wrec)	11,78	11,29	11,98	11,12	12,01	11,44	12,11	12,11
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	61,82	52,29	57,36	61,01	60,93	61,43	61,61	58,64
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	59,33	50,12	52,98	56,36	54,49	54,64	53,26	50,62
Peso solidos (Ws)	47,55	38,83	41,00	45,24	42,48	43,20	41,15	38,51
Peso del agua (Ww)	2,49	2,17	4,38	4,65	6,44	6,79	8,35	8,02
Cont. Humedad (w%)	5,24	5,59	10,68	10,28	15,16	15,72	20,29	20,83
Cont. Humedad promedio (w%)	5,41		10,48		15,44		20,56	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,295		1,557		1,560		1,291	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
				Contenido de Humedad Óptima $w\%$: 12,96				
				Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,591				
				Grado de compactación 75,91%				



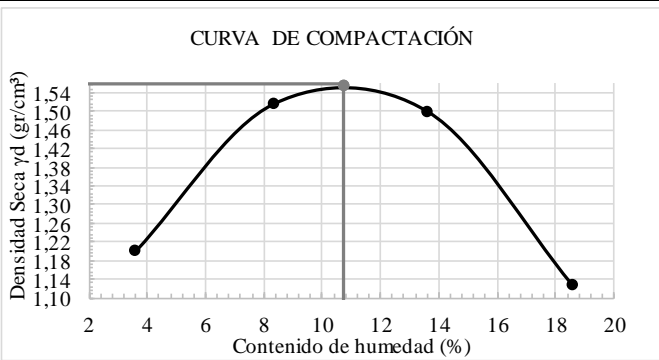
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 13: Proctor Modificado con 9% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
Proyecto:		EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	9099	9502	9612	9392				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3119	3522	3632	3412				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,528	1,726	1,780	1,672				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	A	B	I	T10	T34	T08	T29	T14
P. del recipiente (Wrec)	12,20	16,70	12,01	11,41	18,15	20,14	12,00	12,11
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	47,95	50,60	51,44	54,52	92,90	72,22	80,76	86,45
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	46,68	49,49	47,94	50,81	82,75	65,41	68,63	73,12
Peso solidos (Ws)	34,48	32,79	35,93	39,40	64,60	45,27	56,63	61,01
Peso del agua (Ww)	1,27	1,11	3,50	3,71	10,15	6,81	12,13	13,33
Cont. Humedad (w%)	3,68	3,39	9,74	9,42	15,71	15,04	21,42	21,85
Cont. Humedad promedio (w%)	3,53		9,58		15,38		21,63	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,476		1,575		1,542		1,374	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
				Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 11,02				
				Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,578				
				Grado de Compactación 76,54%				



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 14: Proctor Modificado con 12% de Partículas de caucho

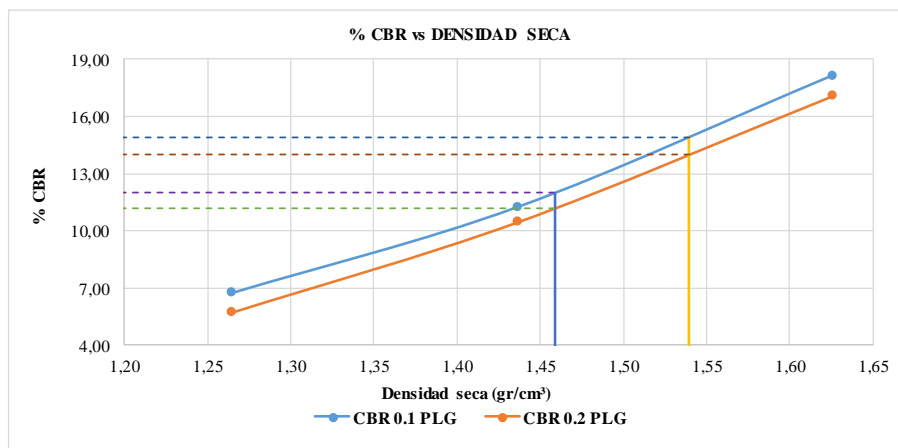
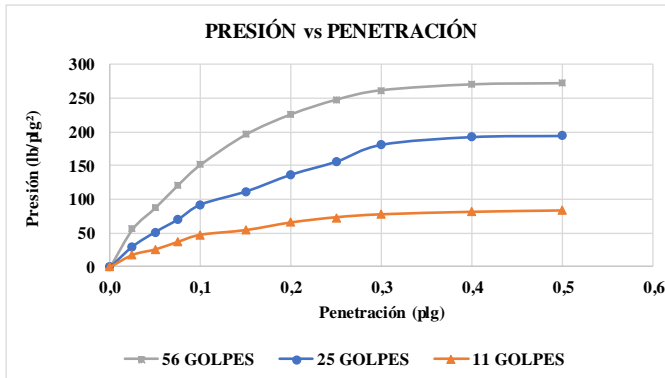
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	1
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980
Peso inicial	6000 gr		
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Número de ensayo	1	2	3
P. molde + suelo húmedo (gr)	8522	9336	9459
P. suelo húmedo Wm (gr)	2542	3356	3479
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,245	1,644	1,705
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	A	B	I
P. del recipiente (Wrec)	11,12	11,44	12,01
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	41,08	43,00	37,91
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	39,96	41,98	35,88
Peso solidos (Ws)	28,84	30,54	23,87
Peso del agua (Ww)	1,12	1,02	2,03
Cont. Humedad (w%)	3,88	3,34	8,50
Cont. Humedad promedio (w%)	3,61		8,36
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,202		1,517
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 10,75
			Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,558
			Grado de Compactación 77,52%

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 15: CBR con 0% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1									
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa									
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla									
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68									
Apoyo:	LDMS laboratorios											
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación								
N° de capas	5	5	5	5	5	5						
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11						
Molde N°	1	2	3	1	2	3						
Volumen del molde	2286	2209	2286	2286	2209	2286						
Peso del molde (gr)	7088	7302	7111	7088	7302	7111						
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11348	10938	10423	11875	11495	11089						
Peso del suelo compactado (gr)	4260	3636	3312	4787	4193	3978						
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,864	1,646	1,449	2,094	1,898	1,740						
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	ML27	B-9	L-23	B-5	M1-2	ML-46	ML-27	ML-21	ML-43	L-23	ML-48	ML-46
Peso del recipiente (gr)	16,06	16,93	19,40	20,40	20,14	20,12	20,12	16,93	16,06	19,40	20,14	20,40
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	97,34	97,56	102,53	107,32	104,82	101,75	96,69	94,57	97,52	113,91	99,50	98,05
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	87,02	87,25	91,99	96,20	94,11	91,32	80,00	77,15	78,62	91,42	79,08	77,17
Peso agua (gr)	10,32	10,31	10,54	11,12	10,71	10,43	16,69	17,42	18,90	22,49	20,42	20,88
Peso muestra seca	70,96	70,32	72,59	75,80	73,97	71,20	59,88	60,22	62,56	72,02	58,94	56,77
Contenido de humedad W(%)	14,54	14,66	14,52	14,67	14,48	14,65	27,87	28,93	30,21	31,23	34,65	36,78
Contenido promedio de humedad W(%)	14,60		14,60		14,56		28,40		30,72		35,71	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,626		1,436		1,265		1,631		1,452		1,282	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°	1		2		3							
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11875		11495		11089							
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11348		10938		10423							
Peso agua absorbida	527		557		666							
Porcentaje de Agua Absorbida	12,37		15,32		20,11							
Ensayo CBR												
Molde N°	1		2		3							
N° de golpes	56		25		11							
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)						
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0						
0,025	169	56,3	92	30,7	54	18,0						
0,050	263	87,7	156	52,0	78	26,0						
0,075	364	121,3	212	70,7	112	37,3						
0,100	455	151,7	278	92,7	143	47,7						
0,150	589	196,3	336	112,0	164	54,7						
0,200	679	226,3	411	137,0	198	66,0						
0,250	744	248,0	469	156,3	221	73,7						
0,300	786	262,0	544	181,3	234	78,0						
0,400	812	270,7	578	192,7	245	81,7						
0,500	817	272,3	583	194,3	251	83,7						



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
1	151,67	18,17	1,626	226,33	17,09	1,626
2	92,67	11,27	1,436	137,00	10,47	1,436
3	47,67	6,77	1,265	66,00	5,73	1,265



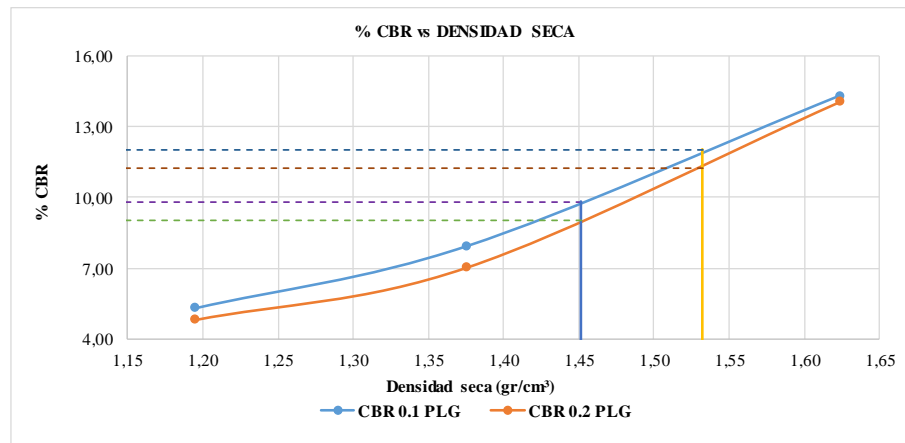
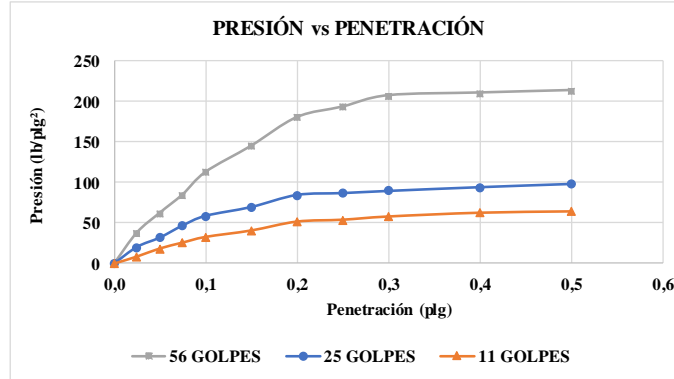
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,621		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,459	12	11,2	12
95%	1,540	14,9	14	14,9

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 16: CBR con 3% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.							
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra		1			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:		Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:		Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas		17 M, 756563.26 ; 9855080.68			
Apoio:	LDMS laboratorios						
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación			
N° de capas	5	5	5	5	5	5	
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11	
Molde N°	D-12	AL-22	G-8	D-12	AL-22	G-8	
Volumen del molde	2366	2286	2286	2366	2286	2286	
Peso del molde (gr)	6518	7088	7028	6518	7088	7028	
Peso del molde + suelo compactado (gr)	10875	10654	10124	11365	11168	10742	
Peso del suelo compactado (gr)	4357	3566	3096	4847	4080	3714	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,842	1,560	1,354	2,049	1,785	1,625	
Contenido de humedad							
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Recipiente N°	ML-7	45	ML-43	C-15	ML-10	C-15	
Peso del recipiente (gr)	18,80	19,80	21,30	18,15	20,14	19,86	
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	69,95	78,24	89,60	76,85	92,14	89,28	
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	64,00	71,21	81,67	69,80	83,78	80,98	
Peso agua (gr)	5,95	7,03	7,93	7,05	8,36	8,30	
Peso muestra seca	45,20	51,41	60,37	51,65	63,64	61,12	
Contenido de humedad W(%)	13,16	13,67	13,14	13,65	13,14	13,58	
Contenido promedio de humedad W(%)	13,42		13,39		13,36		
Densidad Seca (gr/cm³)	1,624		1,376		1,195		
Porcentaje de Agua Absorbida							
Molde N°	D-12		AL-22		G-8		
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11365		11168		10742		
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	10875		10654		10124		
Peso agua absorbida	490		514		618		
Porcentaje de Agua Absorbida	11,25		14,41		19,96		
Ensayo CBR							
Molde N°	D-12		AL-22		G-8		
N° de golpes	56		25		11		
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	
0,025	115	38,3	62	20,7	26	8,7	
0,050	188	62,7	97	32,3	56	18,7	
0,075	256	85,3	142	47,3	78	26,0	
0,100	339	113,0	178	59,3	99	33,0	
0,150	436	145,3	211	70,3	123	41,0	
0,200	542	180,7	256	85,3	156	52,0	
0,250	581	193,7	263	87,7	163	54,3	
0,300	623	207,7	271	90,3	175	58,3	
0,400	633	211,0	285	95,0	189	63,0	
0,500	642	214,0	297	99,0	194	64,7	



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg²)	CBR plg 0,1	Densidad Seca	Presión (lb/plg²)	CBR plg 0,2	Densidad Seca
1	113,00	14,30	1,624	180,67	14,04	1,624
2	59,33	7,93	1,376	85,33	7,02	1,376
3	33,00	5,30	1,195	52,00	4,80	1,195



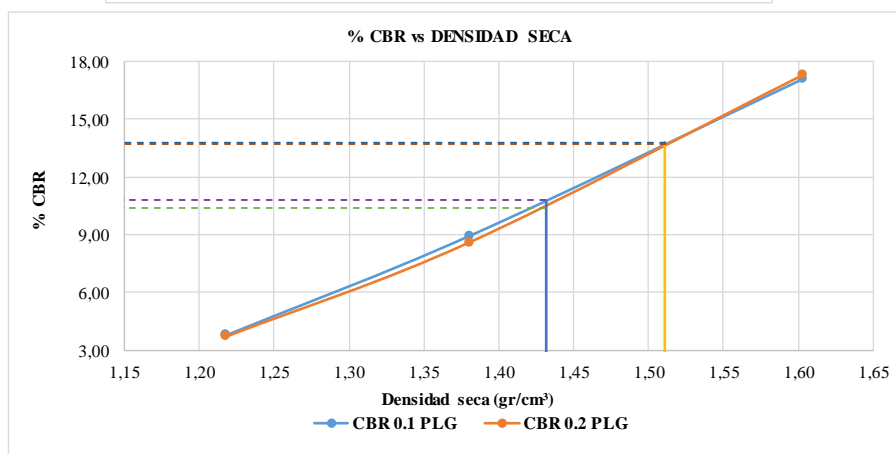
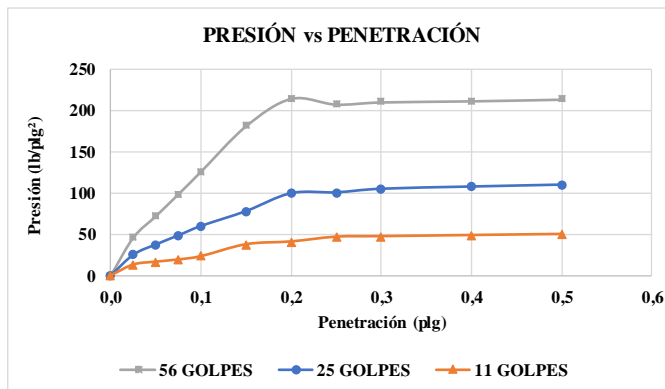
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,613		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,452	9,83	9,02	9,83
95%	1,532	12,03	11,24	12,03

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 17: CBR con 6% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.													
Provincia:	Tungurahua			N° Muestra	1								
Cantón:	Ambato			Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa								
Parroquia:	Juan Benigno Vela			Revisado por:	Ing. Favio Portilla								
Profundidad:	0,6 m			Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68								
Apoio:	LDMS laboratorios												
Descripción		Antes de la Saturación						Después de la Saturación					
N° de capas	5		5		5		5		5		5		
N° de Golpes	56		25		11		56		25		11		
Molde N°	M-4		G-1		G-17		M-4		G-1		G-17		
Volumen del molde	2286		2286		2258		2286		2286		2258		
Peso del molde (gr)	6987		7015		7036		6987		7015		7036		
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11109		10566		10132		11539		11045		10711		
Peso del suelo compactado (gr)	4122		3551		3096		4552		4030		3675		
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,803		1,553		1,371		1,991		1,763		1,628		
Contenido de humedad													
Descripción		Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	WE		QT	2	10	QY-12	XG-1	QT-9	XG-1	2	WE	QY-12	10
Peso del recipiente (gr)	20,08		18,76	19,94	20,87	21,32	20,48	20,87	20,08	18,76	20,48	19,94	21,32
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	84,22		87,68	94,24	89,95	99,48	98,23	84,05	95,10	104,20	103,80	118,95	121,11
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	77,12		80,00	86,01	82,24	90,80	89,49	73,98	83,12	89,39	89,33	99,79	101,67
Peso agua (gr)	7,10		7,68	8,23	7,71	8,68	8,74	10,07	11,98	14,81	14,47	19,16	19,44
Peso muestra seca	57,04		61,24	66,07	61,37	69,48	69,01	53,11	63,04	70,63	68,85	79,85	80,35
Contenido de humedad W(%)	12,45		12,54	12,46	12,56	12,49	12,66	18,96	19,00	20,97	21,02	23,99	24,19
Contenido promedio de humedad W(%)	12,49		12,51		12,58		18,98		20,99		24,09		
Densidad Seca (gr/cm³)	1,603		1,381		1,218		1,674		1,457		1,312		
Porcentaje de Agua Absorbida													
Molde N°					M-4		G-1		G-17				
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación					11539		11045		10711				
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación					11109		10566		10132				
Peso agua absorbida					430		479		579				
Porcentaje de Agua Absorbida					10,43		13,49		18,70				
Ensayo CBR													
Molde N°	M-4				G-1				G-17				
N° de golpes	56				25				11				
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		
0,000	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0		
0,025	138	46,0		75	25,0		39	13,0					
0,050	216	72,0		112	37,3		49	16,3					
0,075	296	98,7		145	48,3		57	19,0					
0,100	378	126,0		179	59,7		69	23,0					
0,150	544	181,3		233	77,7		112	37,3					
0,200	644	214,7		298	99,3		122	40,7					
0,250	623	207,7		301	100,3		139	46,3					
0,300	631	210,3		314	104,7		141	47,0					
0,400	635	211,7		322	107,3		145	48,3					
0,500	641	213,7		329	109,7		149	49,7					



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
1	126,00	17,10	1,603	214,67	17,31	1,603
2	59,67	8,97	1,381	99,33	8,62	1,381
3	23,00	3,80	1,218	40,67	3,71	1,218



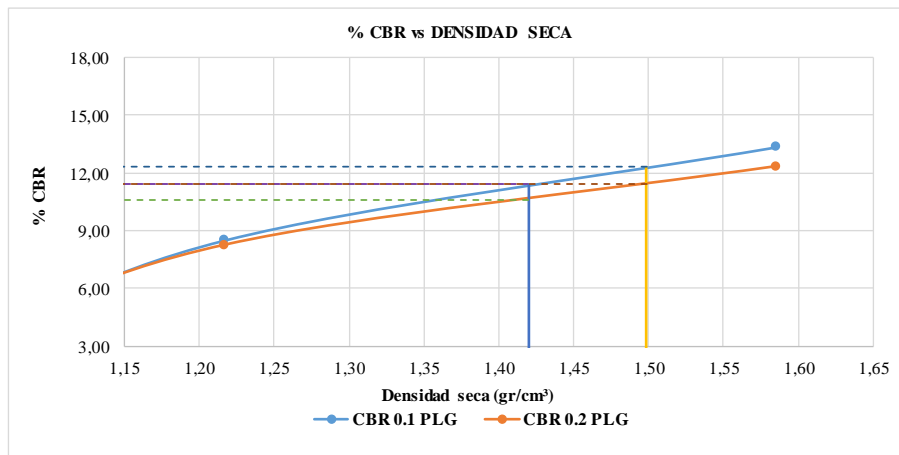
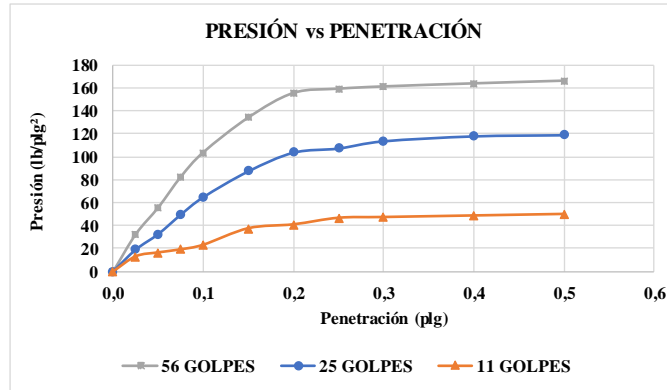
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,591		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,432	10,8	10,4	10,8
95%	1,511	13,79	13,7	13,79

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 18: CBR con 9% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.							
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68				
Apoio:	LDMS laboratorios						
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación			
N° de capas	5	5	5	5	5	5	
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11	
Molde N°	M-6	CM-12	M-11	M-6	CM-12	M-11	
Volumen del molde	2403	2274	2353	2403	2274	2353	
Peso del molde (gr)	7504	6911	8299	7504	6911	8299	
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11741	9989	10978	12105	10286	11342	
Peso del suelo compactado (gr)	4237	3078	2679	4601	3375	3043	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,763	1,354	1,139	1,915	1,484	1,293	
Contenido de humedad							
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Recipiente N°	SD-2	M-3	ML-15	12	ML-12	AB-15	
Peso del recipiente (gr)	20,04	18,55	19,20	21,13	19,40	19,75	
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	99,38	99,18	90,06	96,20	96,48	99,05	
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	91,42	91,00	82,94	88,59	88,78	90,98	
Peso agua (gr)	7,96	8,18	7,12	7,61	7,70	8,07	
Peso muestra seca	71,38	72,45	63,74	67,46	69,38	71,23	
Contenido de humedad W(%)	11,15	11,29	11,17	11,28	11,10	11,33	
Contenido promedio de humedad W(%)	11,22		11,23		11,21		
Densidad Seca (gr/cm³)	1,585		1,217		1,024		
Porcentaje de Agua Absorbida							
Molde N°			M-6		CM-12		
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación			12105		10286		
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación			11741		9989		
Peso agua absorbida			364		297		
Porcentaje de Agua Absorbida			8,59		9,65		
Ensayo CBR							
Molde N°	M-6		CM-12		M-11		
N° de golpes	56		25		11		
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	
0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	
0,025	97	32,3	57	19,0	39	13,0	
0,050	167	55,7	98	32,7	49	16,3	
0,075	247	82,3	149	49,7	57	19,0	
0,100	311	103,7	195	65,0	69	23,0	
0,150	402	134,0	263	87,7	112	37,3	
0,200	466	155,3	312	104,0	122	40,7	
0,250	477	159,0	323	107,7	139	46,3	
0,300	483	161,0	342	114,0	141	47,0	
0,400	491	163,7	355	118,3	145	48,3	
0,500	498	166,0	358	119,3	149	49,7	



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
1	103,67	13,37	1,585	155,33	12,36	1,585
2	65,00	8,50	1,217	104,00	8,27	1,217
3	23,00	2,30	1,024	40,67	2,71	1,024



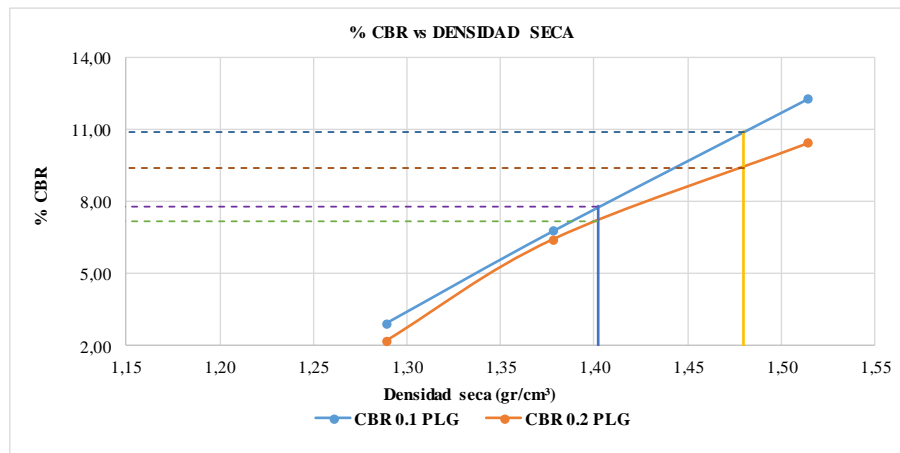
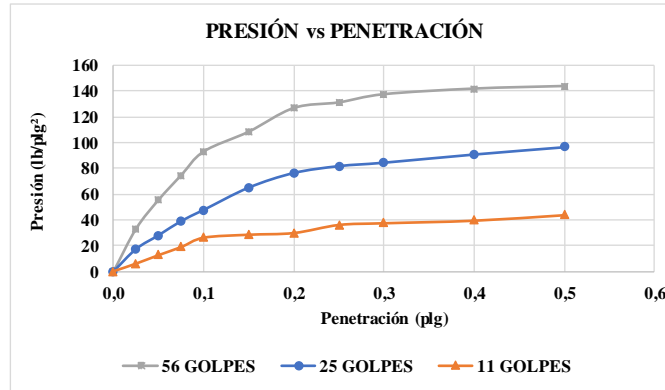
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,578		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,420	11,4	10,6	11,4
95%	1,499	12,3	11,4	12,3

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 19: CBR con 12% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1									
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa									
Parroquia:	Juan Benigno Vela	Revisado por:	Ing. Favio Portilla									
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 756563.26 ; 9855080.68									
Apoio:	LDMS laboratorios											
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación								
N° de capas	5	5	5	5	5	5						
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11						
Molde N°	B-55	MJ	SL-12	B-55	MJ	SL-12						
Volumen del molde	2336	2263	2270	2336	2263	2270						
Peso del molde (gr)	7340	6982	7110	7340	6982	7110						
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11682	10804	10698	12274	12235	12706						
Peso del suelo compactado (gr)	4342	3822	3588	4934	5253	5596						
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,859	1,689	1,581	2,112	2,321	2,465						
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	R-7	CDP	4	QR-9	OR-7	A	A	OR-7	R-7	CDP	OR-9	R-7
Peso del recipiente (gr)	21,24	19,81	19,07	18,65	20,09	20,41	20,41	20,09	21,24	19,81	18,65	21,24
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	77,63	79,57	93,02	99,08	100,92	104,00	87,50	83,86	101,81	102,47	97,63	101,06
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	67,22	68,44	79,30	84,39	86,12	88,46	72,52	69,17	81,12	80,25	75,57	78,22
Peso agua (gr)	10,41	11,13	13,72	14,69	14,80	15,54	14,98	14,69	20,69	22,22	22,06	22,84
Peso muestra seca	45,98	48,63	60,23	65,74	66,03	68,05	52,11	49,08	59,88	60,44	56,92	56,98
Contenido de humedad W(%)	22,64	22,89	22,78	22,35	22,41	22,84	28,75	29,93	34,55	36,76	38,76	40,08
Contenido promedio de humedad W(%)	22,76		22,56		22,63		29,34		35,66		39,42	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,514		1,378		1,289		1,633		1,711		1,768	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°	B-55		MJ		SL-12							
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	12274		12235		12706							
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11682		10804		10698							
Peso agua absorbida	592		1431		2008							
Porcentaje de Agua Absorbida	13,63		37,44		55,96							
Ensayo CBR												
Molde N°	B-55		MJ		SL-12							
N° de golpes	56		25		11							
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)						
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0						
0,025	99	33,0	52	17,3	18	6,0						
0,050	166	55,3	84	28,0	38	12,7						
0,075	223	74,3	117	39,0	57	19,0						
0,100	278	92,7	143	47,7	79	26,3						
0,150	324	108,0	195	65,0	86	28,7						
0,200	379	126,3	229	76,3	90	30,0						
0,250	392	130,7	245	81,7	109	36,3						
0,300	411	137,0	253	84,3	113	37,7						
0,400	424	141,3	272	90,7	119	39,7						
0,500	430	143,3	289	96,3	132	44,0						

Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
1	92,67	12,27	1,514	126,33	10,42	1,514
2	47,67	6,77	1,378	76,33	6,42	1,378
3	26,33	2,93	1,289	30,00	2,20	1,289





DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,558		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,402	7,8	7,2	7,8
95%	1,480	10,9	9,4	10,9

Fuente: Gricelda Guanoluisa.



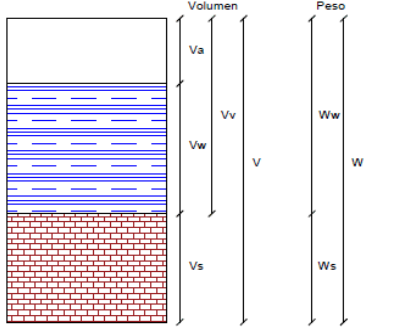
C.1.2. Parroquia Izamba

Anexo 20: Contenido de Humedad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto:		EFFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2		
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa		
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7		
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Muestra	W. REC. (gr)	W. HÚM (gr)	W seco (gr)	% W nat.	% W PROM.
1	33,4	169,7	163,89	4,45	4,39
2	30,5	153,4	148,3	4,33	
3	30,8	158,4	153,1	4,33	
4	32,2	151,8	146,7	4,45	



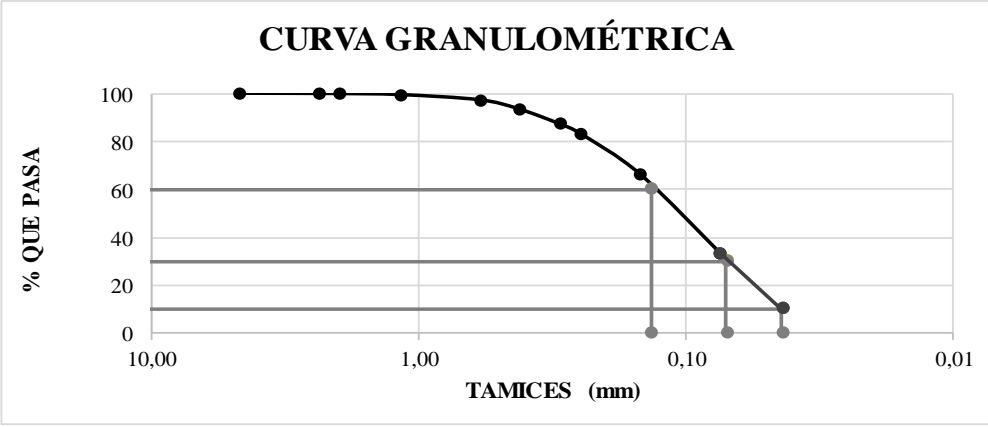
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 21: Densidad Cono y Arena

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	2		
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa		
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7		
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO O PESO DE LA MASA (Wm)			Unidades		
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)	2599	gr		
Peso de la funda	(Rec)	4,1	gr		
Peso de la masa del suelo	(Wm=Wm+Rec-Rec)	2594,9	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA MASA (Vm)			Unidad		
Peso inicial frasco +cono +arena		7080	gr		
Peso final frasco + cono + arena		2620	gr		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		1608	gr		
Peso arena en la perforación		2852	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,582	gr/cm³		
Volumen de la perforación Vm		1802,78	cm³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			Unidad		
Numero de recipiente		1	2	3	-
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	153,4	158,4	151,8	gr
Peso seco + recipiente	Ws+rec	148,3	153,1	146,7	gr
Peso recipiente	rec	30,5	30,8	32,2	gr
Peso del agua	Ww	5,1	5,3	5,1	gr
Peso de los sólidos	Ws	117,8	122,3	114,5	gr
Contenido de humedad	w%	4,33	4,33	4,45	%
Contenido de humedad promedio	w% prom	4,37			%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
			Volúmenes (cm³)	Peso (gr)	
	Vv=	42,50	-		
	Va=	37,20	0,00	=Wa	
	Vw=	5,3	5,3	=Ww	
	Vs=	46,15	122,3	=Ws	
	Vm=	88,65	127,60		
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO ANALIZADO					Unidades
Peso volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)			1,439	gr/cm³	
Densidad seca (γ_d)			1,379	gr/cm³	
Contenido de humedad w%			4,37	%	
Relación de vacíos $e=V_v/V_s$			0,92	Natural	
Porosidad $n\%=V_v/V_m*100$			47,94	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\%=V_w/V_v*100$			12,47	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$			87,53	%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
*El valor de la densidad seca in situ es de 1,379 gr/cm3 y la densidad húmeda es de 1,439 gr/cm3.					



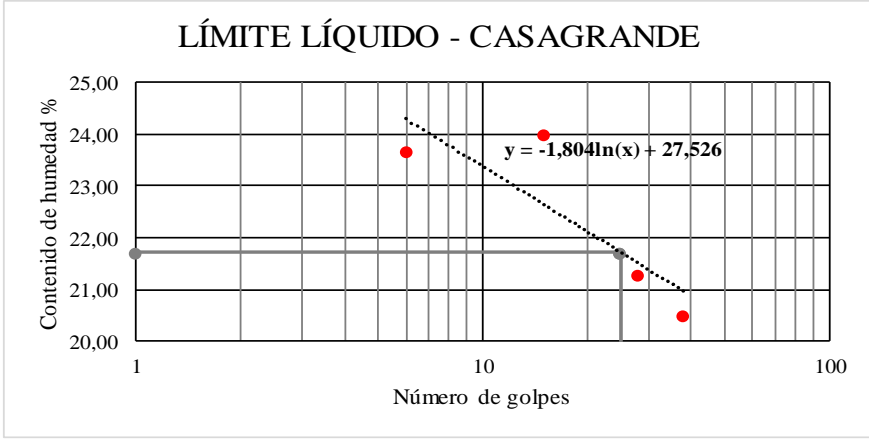
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 22: Granulometría

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7			
Peso inicial:	700 gr	Apoyo:	LDMS laboratorios			
GRANULOMETRÍA						
# Tamiz	Abertura (mm)	W retenido	% W retenido	W ret. Acumulado	% ret. Acumulado	% Pasa
4	4,75	0	0,00%	0,00	0,00%	100,00
8	2,36	0,6	0,09%	0,60	0,09%	99,91
10	2,00	0,4	0,06%	1,00	0,14%	99,86
16	1,18	2,9	0,42%	3,90	0,56%	99,44
30	0,595	15,2	2,18%	19,10	2,73%	97,27
40	0,425	26,3	3,77%	45,40	6,50%	93,50
50	0,297	44,5	6,37%	89,90	12,87%	87,13
60	0,25	27,3	3,91%	117,20	16,78%	83,22
100	0,149	119,2	17,07%	236,40	33,84%	66,16
200	0,075	229,4	32,84%	465,80	66,69%	33,31
PASA #200	0,03	232,7	33,31%	698,50	100,00%	
Peso total (gr)		698,5	100,00%			
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
COEFICIENTES DEL SUELO						
D10 (mm)	0,044	Cu = D60 / D10			3,068	
D30 (mm)	0,071	Cc = (D30 ²)/(D60*D10)			0,849	
D60 (mm)	0,135	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm			0,425	
FRACCIONES DE PARTÍCULAS						
Grava		Arena		Finos		
0,00		66,69		33,31		



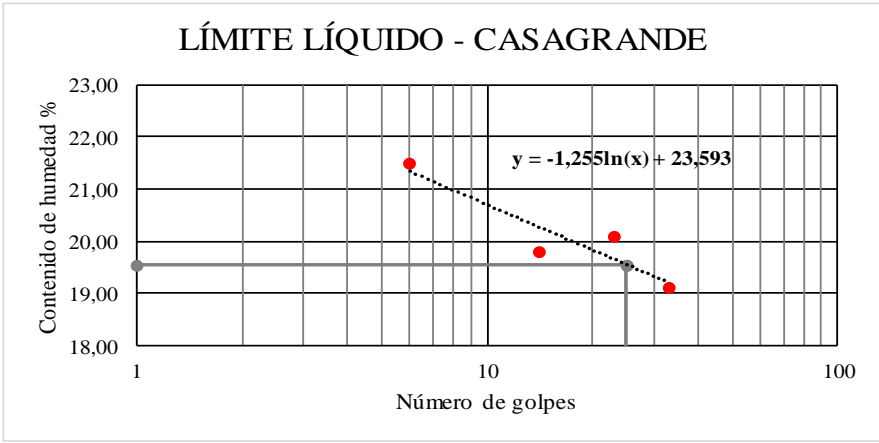
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 23: Límites de Atterberg (Clasificación del suelo)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	2			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7			
Apoyo:	LDMS laboratorios					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	6	11,1	19,30	17,70	24,24	23,66
		11,5	19,50	18,00	23,08	
10-20	15	11	18,80	17,40	21,88	23,98
		11	16,80	15,60	26,09	
20-30	28	11,1	20,20	18,60	21,33	21,27
		11,2	19,20	17,80	21,21	
30-40	38	10,9	20,00	18,40	21,33	20,50
		11,4	18,70	17,50	19,67	
LÍMITE LÍQUIDO:					21,71	
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	7,09	8,31	8,12	18,45		
#2	6,92	8,21	8,01	18,35		
#3	8,34	9,65	9,45	18,02		
#4	7,14	8,36	8,17	18,45		
#5	7,06	8,27	8,08	18,63		
PROMEDIO W% (LP)				18,38		
RESULTADOS						
LÍMITES DE ATTERBERG			Clasificación del suelo			
LÍMITE LÍQUIDO	LL	21,71	AASHTO	A-2-4		
LÍMITE PLÁSTICO	LP	18,38				
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	3,34	SUCS	SM		



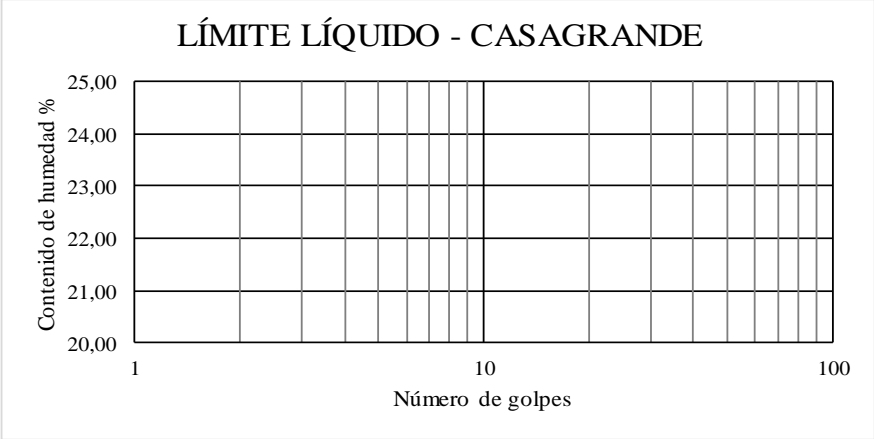
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 24: Límites de Atterberg con 3% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
						
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7			
Apoyo:	LDMS laboratorios					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	6	11	23,17	21,30	18,16	21,49
		17,8	26,50	24,77	24,82	
10-20	14	11,4	26,80	24,30	19,38	19,81
		11,3	27,40	24,69	20,24	
20-30	23	11,5	29,33	26,39	19,74	20,09
		17,7	25,30	24,01	20,44	
30-40	33	10,9	22,15	20,31	19,55	19,09
		11,3	24,67	22,57	18,63	
LÍMITE LÍQUIDO:						19,55
<h3>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</h3> 						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	6,58	7,89	7,71	16,44		
#2	6,84	7,99	7,82	17,35		
#3	6,18	7,33	7,17	16,16		
#4	6,04	7,34	7,14	17,66		
#5	6,12	7,42	7,23	17,05		
PROMEDIO W% (LP)				16,93		
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE PLÁSTICO	LL	19,55				
LÍMITES DE ATTERBERG	LP	16,93				
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	2,61				



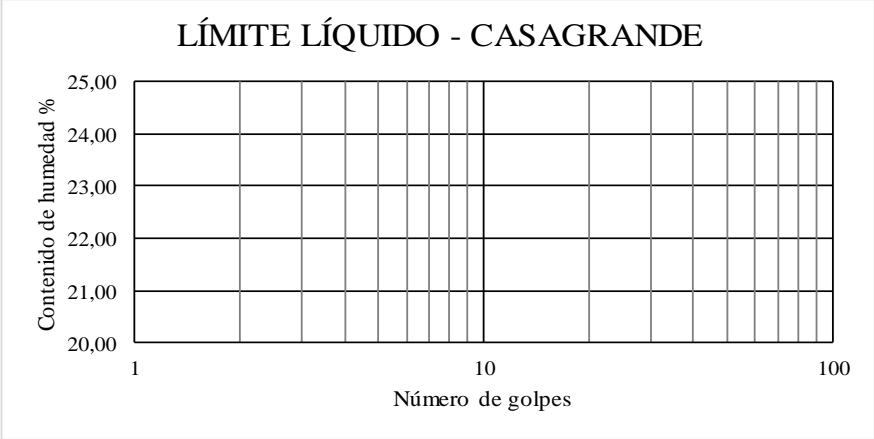
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 25: Límites de Atterberg con 6% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Izamba Profundidad: 0,6 m Apoyo: LDMS laboratorios	Nº Muestra: 2 Ensayado por: Gricelda Guanoluisa Revisado por: Ing. Favio Portilla Coordenadas: 17 M, 769836.03 ; 9865167.7					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	-	-	-	-	-	-
10-20	-	-	-	-	-	-
20-30	-	-	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-	-	-
LÍMITE LÍQUIDO:						-
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	-	-	-	-		
#2	-	-	-	-		
#3	-	-	-	-		
#4	-	-	-	-		
#5	-	-	-	-		
PROMEDIO W % (LP)						-
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE PLÁSTICO	LL	-				
LÍMITES DE ATTERBERG	LP	-				
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	-				



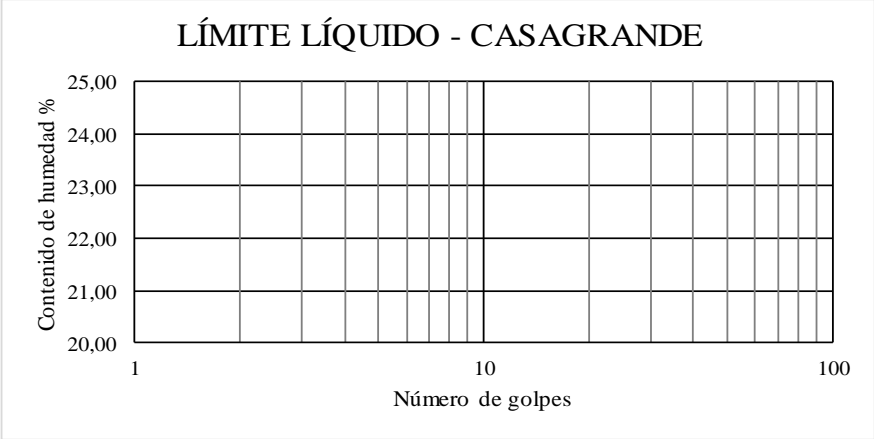
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 26: Límites de Atterberg con 9% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto:		EFFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
LÍMITE LÍQUIDO							
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM	
1-10	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
10-20	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
20-30	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
30-40	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
LÍMITE LÍQUIDO:						-	
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE							
							
LÍMITE PLÁSTICO							
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w			
#1	-	-	-	-			
#2	-	-	-	-			
#3	-	-	-	-			
#4	-	-	-	-			
#5	-	-	-	-			
PROMEDIO W % (LP)				-			
LÍMITES DE ATTERBERG							
LÍMITE PLÁSTICO	LL	-					
LÍMITES DE ATTERBERG	LP	-					
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	-					



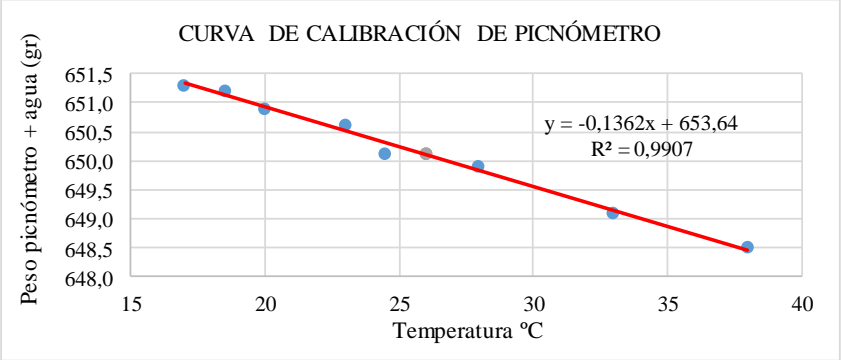
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 27: Límites de Atterberg con 12% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto:		EFFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
LÍMITE LÍQUIDO							
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM	
1-10	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
10-20	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
20-30	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
30-40	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	
LÍMITE LÍQUIDO:							-
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE							
							
LÍMITE PLÁSTICO							
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w			
#1	-	-	-	-			
#2	-	-	-	-			
#3	-	-	-	-			
#4	-	-	-	-			
#5	-	-	-	-			
PROMEDIO W % (LP)				-			
LÍMITES DE ATTERBERG							
LÍMITE PLÁSTICO	LL	-					
LÍMITES DE ATTERBERG	LP	-					
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	-					



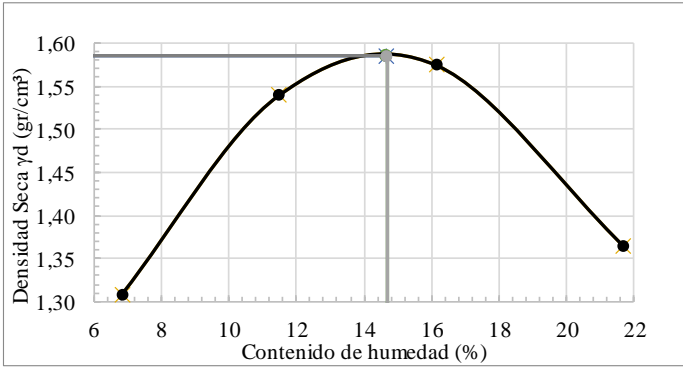
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 28: Gravedad Específica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7
GRAVEDAD ESPECÍFICA			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Temperatura del agua + suelo		26	°C
Peso del recipiente + suelo seco		306,2	gr
Peso del recipiente	Wsec	256,3	gr
Peso del suelo seco	Ws	49,9	gr
Peso picnómetro + agua	Wbw	650,10	gr
Peso del suelo seco + (Peso picnómetro + agua)	Ws+Wbw	700,00	gr
Peso picnómetro + agua + suelo	Wbws	679,8	gr
Deslizamiento del agua	(Ws + Wbw) - Wbws	20,20	gr
Factor de correlación por temperatura	K	0,9907	gr
Gravedad específica	Gs	2,45	-
			
OBSERVACIONES			
En la curva de calibración tenemos que a 26 °C, el peso del picnómetro más agua es de 650,1 gr.			



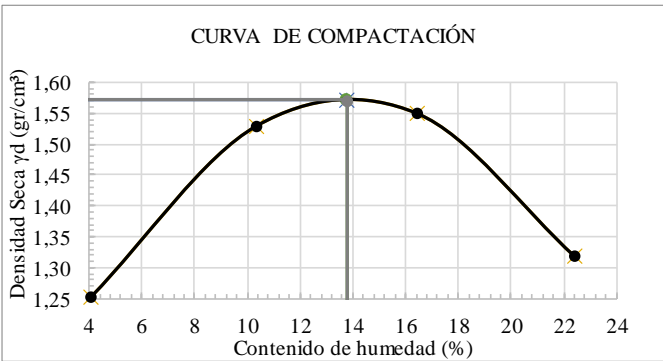
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 29: Proctor Modificado con 0% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8833	9481	9712	9366				
P. suelo húmedo Wm (gr)	2853	3501	3732	3386				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,398	1,715	1,829	1,659				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	30	87	97	89	3	81	6	10
P. del recipiente (Wrec)	12,01	12,11	12,15	11,96	12,15	12,16	11,79	11,12
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	48,51	45,45	41,90	49,98	49,56	49,13	64,10	57,33
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	46,19	43,29	38,89	46,00	44,34	44,00	54,88	49,00
Peso sólidos (Ws)	34,18	31,18	26,74	34,04	32,19	31,84	43,09	37,88
Peso del agua (Ww)	2,32	2,16	3,01	3,98	5,22	5,13	9,22	8,33
Cont. Humedad (w%)	6,79	6,93	11,26	11,69	16,22	16,11	21,40	21,99
Cont. Humedad promedio (w%)	6,86		11,47		16,16		21,69	
P. Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,308		1,539		1,574		1,363	
CURVA DE COMPACTACIÓN								
					Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: <div style="text-align: center;">14,69</div>			
					Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm ³): <div style="text-align: center;">1,585</div>			
					Grado de Compactación <div style="text-align: center;">87,03%</div>			



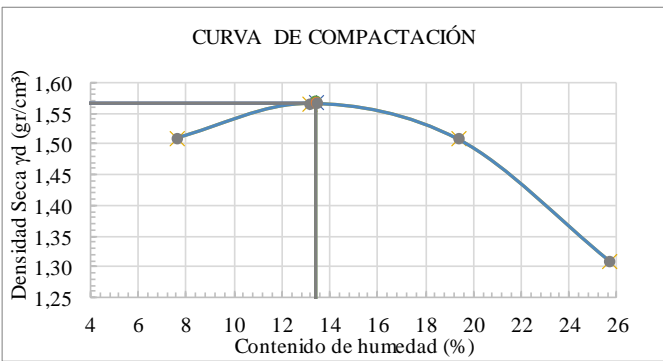
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 30: Proctor Modificado con 3% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8642	9424	9661	9271				
P. suelo húmedo Wm (gr)	2662	3444	3681	3291				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,304	1,687	1,804	1,612				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	30	87	97	89	3	81	6	10
P. del recipiente (Wrec)	12,13	13,29	16,93	16,69	16,70	12,00	13,39	11,99
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	59,85	45,26	46,48	45,54	56,70	66,89	65,20	66,09
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	57,99	44,00	43,65	42,89	50,96	59,29	55,59	56,31
Peso solidos (Ws)	45,86	30,71	26,72	26,20	34,26	47,29	42,20	44,32
Peso del agua (Ww)	1,86	1,26	2,83	2,65	5,74	7,60	9,61	9,78
Cont. Humedad (w%)	4,06	4,10	10,59	10,11	16,75	16,07	22,77	22,07
Cont. Humedad promedio (w%)	4,08		10,35		16,41		22,42	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,253		1,529		1,549		1,317	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>					Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 13,78			
					Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,571			
					Grado de compactación 87,80%			



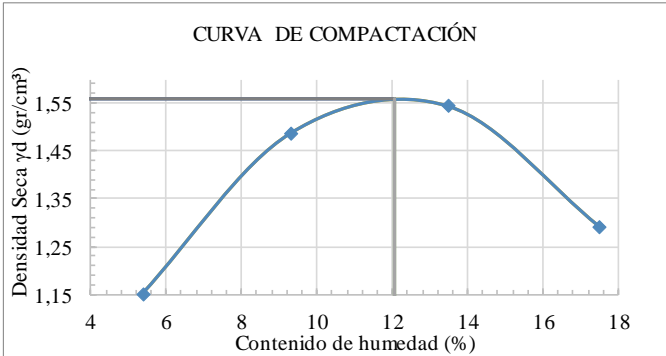
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 31: Proctor Modificado con 6% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	9298	9598	9655	9342				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3318	3618	3675	3362				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,626	1,773	1,801	1,647				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	30	87	97	89	3	81	6	10
P. del recipiente (Wrec)	12,10	12,10	11,98	12,24	11,44	12,10	12,20	12,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	50,18	45,50	43,65	46,49	55,29	58,04	55,66	58,55
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	47,59	43,04	39,98	42,49	48,11	50,63	46,81	49,00
Peso solidos (Ws)	35,49	30,94	28,00	30,25	36,67	38,53	34,61	37,00
Peso del agua (Ww)	2,59	2,46	3,67	4,00	7,18	7,41	8,85	9,55
Cont. Humedad (w%)	7,30	7,95	13,11	13,22	19,58	19,23	25,57	25,81
Cont. Humedad promedio (w%)	7,62		13,17		19,41		25,69	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,511		1,566		1,508		1,311	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
					Contenido de Humedad Óptima $w\%$: 13,43			
					Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,568			
					Grado de compactación 87,96%			



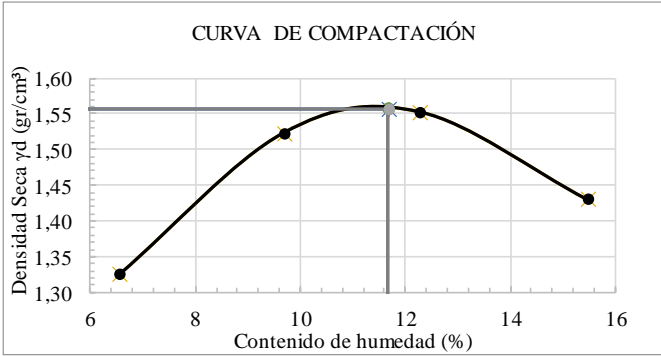
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 32: Proctor Modificado con 9% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	1					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8455	9297	9554	9077				
P. suelo húmedo Wm (gr)	2475	3317	3574	3097				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,213	1,625	1,751	1,517				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	30	87	97	89	3	81	6	10
P. del recipiente (Wrec)	12,15	12,11	12,08	12,15	12,14	11,98	12,02	11,93
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	45,79	52,16	51,69	52,68	49,49	46,11	61,44	57,22
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	43,98	50,23	48,42	49,12	44,95	42,15	53,99	50,56
Peso solidos (Ws)	31,83	38,12	36,34	36,97	32,81	30,17	41,97	38,63
Peso del agua (Ww)	1,81	1,93	3,27	3,56	4,54	3,96	7,45	6,66
Cont. Humedad (w%)	5,69	5,06	9,00	9,63	13,84	13,13	17,75	17,24
Cont. Humedad promedio (w%)	5,37		9,31		13,48		17,50	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,151		1,487		1,543		1,291	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
				Contenido de Humedad Óptima w%: 12,08				
				Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,559				
				Grado de Compactación 88,48%				



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 33: Proctor Modificado con 12% de Partículas de caucho

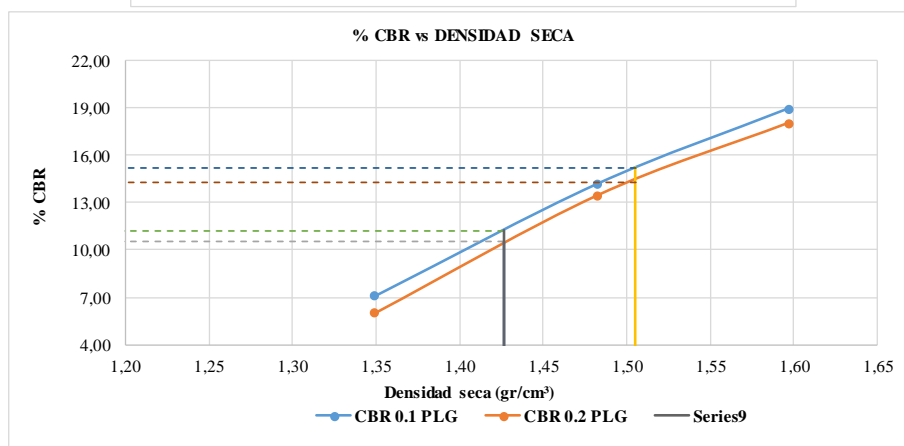
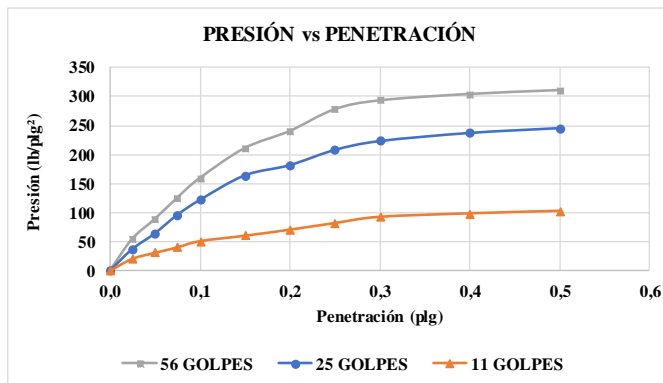
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	2					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8863	9388	9536	9349				
P. suelo húmedo Wm (gr)	2883	3408	3556	3369				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,413	1,670	1,742	1,651				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	30	87	97	89	3	81	6	10
P. del recipiente (Wrec)	12,11	11,78	11,78	11,97	12,14	12,02	12,10	12,08
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	41,37	42,38	40,75	43,48	46,86	46,44	50,17	42,55
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	39,64	40,42	38,12	40,78	42,96	42,78	44,96	38,56
Peso solidos (Ws)	27,53	28,64	26,34	28,81	30,82	30,76	32,86	26,48
Peso del agua (Ww)	1,73	1,96	2,63	2,70	3,90	3,66	5,21	3,99
Cont. Humedad (w%)	6,28	6,84	9,98	9,37	12,65	11,90	15,86	15,07
Cont. Humedad promedio (w%)	6,56		9,68		12,28		15,46	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,326		1,522		1,552		1,430	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>					Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 11,67			
					Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,556			
					Grado de Compactación 88,62%			

Fuente: Gricelda Guanoluisa

Anexo 34: CBR con 0% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2									
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa									
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla									
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7									
Apoyo:	LDMS laboratorios											
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación								
N° de capas	5	5	5	5	5	5						
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11						
Molde N°	SL-8	SL-20	CM-3	SL-8	SL-20	CM-3						
Volumen del molde	2234	2285	2288	2234	2285	2288						
Peso del molde (gr)	7215	6998	7120	7215	6998	7120						
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11323	10898	10677	11657	11712	11671						
Peso del suelo compactado (gr)	4108	3900	3557	4442	4714	4551						
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,839	1,707	1,555	1,988	2,063	1,989						
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	ML3	B-28	L-2	B-6	M1-2	ML-46	ML-27	ML-21	ML-43	L-23	ML-48	ML-46
Peso del recipiente (gr)	19,80	16,69	21,80	17,20	19,56	20,30	19,80	19,56	19,80	20,30	21,80	16,69
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	87,72	87,50	96,29	98,41	93,08	100,41	95,87	99,23	105,41	104,14	102,83	98,26
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	78,86	78,12	86,53	87,69	83,44	89,76	79,80	81,80	83,56	82,69	78,89	74,00
Peso agua (gr)	8,86	9,38	9,76	10,72	9,64	10,65	16,07	17,43	21,85	21,45	23,94	24,26
Peso muestra seca	59,06	61,43	64,73	70,49	63,88	69,46	60,00	62,24	63,76	62,39	57,09	57,31
Contenido de humedad W(%)	15,00	15,27	15,08	15,21	15,09	15,33	26,78	28,00	34,27	34,38	41,93	42,33
Contenido promedio de humedad W(%)	15,14		15,14		15,21		27,39		34,32		42,13	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,597		1,482		1,349		1,561		1,536		1,399	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°	SL-8		SL-20		CM-3							
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11657		11712		11671							
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11323		10898		10677							
Peso agua absorbida	334		814		994							
Porcentaje de Agua Absorbida	8,13		20,87		27,94							
Ensayo CBR												
Molde N°	SL-8		SL-20		CM-3							
N° de golpes	56		25		11							
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)						
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0						
0,025	165	55,0	112	37,3	62	20,7						
0,050	267	89,0	193	64,3	93	31,0						
0,075	377	125,7	288	96,0	121	40,3						
0,100	478	159,3	365	121,7	153	51,0						
0,150	633	211,0	492	164,0	181	60,3						
0,200	721	240,3	545	181,7	212	70,7						
0,250	833	277,7	623	207,7	246	82,0						
0,300	879	293,0	669	223,0	278	92,7						
0,400	912	304,0	711	237,0	296	98,7						
0,500	932	310,7	736	245,3	309	103,0						



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
SL-8	159,33	18,93	1,597	240,33	18,02	1,597
SL-20	121,67	14,17	1,482	181,67	13,44	1,482
CM-3	51,00	7,10	1,349	70,67	6,04	1,349



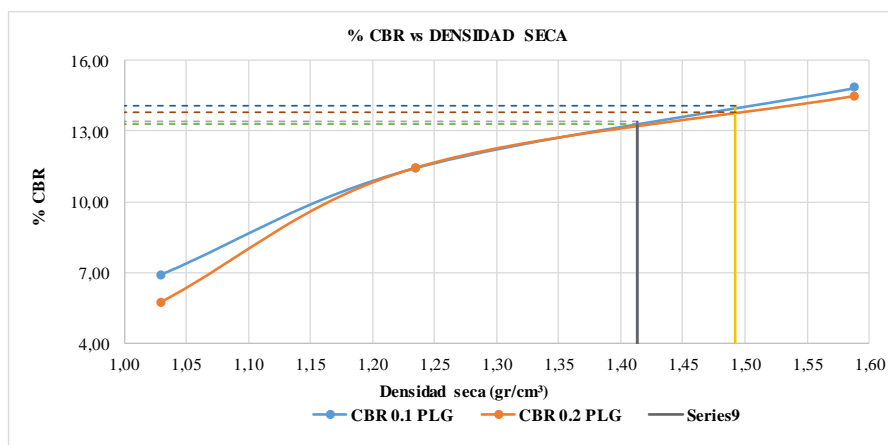
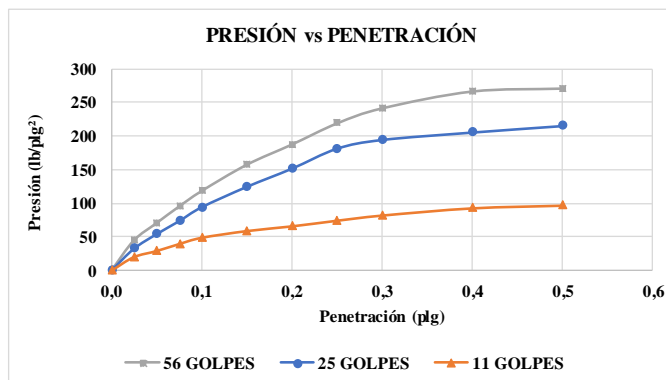
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,585		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,426	10,5	11,2	11,2
95%	1,505	15,2	14,3	15,2

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 35: CBR con 3% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto:	EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación			
N° de capas	5	5	5	5	5	5	
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11	
Molde N°	G-21	G-16	D-9	G-21	G-16	D-9	
Volumen del molde	2215	2286	2286	2215	2286	2286	
Peso del molde (gr)	7015	7022	6998	7015	7022	6998	
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11012	10233	9678	11312	10788	10345	
Peso del suelo compactado (gr)	3997	3211	2680	4297	3766	3347	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,805	1,405	1,172	1,940	1,647	1,464	
Contenido de humedad							
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Recipiente N°	ML3	B-28	L-2	B-6	ML-2	ML-46	
Peso del recipiente (gr)	14,40	22,12	20,10	19,40	18,70	19,20	
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	73,55	83,91	96,05	99,53	88,29	94,03	
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	66,51	76,46	86,92	89,81	79,92	84,85	
Peso agua (gr)	7,04	7,45	9,13	9,72	8,37	9,18	
Peso muestra seca	52,11	54,34	66,82	70,41	61,22	65,65	
Contenido de humedad W(%)	13,51	13,71	13,66	13,80	13,67	13,98	
Contenido promedio de humedad W(%)	13,61		13,73		13,83		
Densidad Seca (gr/cm³)	1,588		1,235		1,030		
Porcentaje de Agua Absorbida							
Molde N°	G-21		G-16		D-9		
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11312		10788		10345		
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11012		10233		9678		
Peso agua absorbida	300		555		667		
Porcentaje de Agua Absorbida	7,51		17,28		24,89		
Ensayo CBR							
Molde N°	G-21		G-16		D-9		
N° de golpes	56		25		11		
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	
0,025	135	45,0	98	32,7	61	20,3	
0,050	212	70,7	163	54,3	88	29,3	
0,075	286	95,3	221	73,7	119	39,7	
0,100	355	118,3	283	94,3	147	49,0	
0,150	472	157,3	374	124,7	177	59,0	
0,200	562	187,3	455	151,7	198	66,0	
0,250	656	218,7	544	181,3	223	74,3	
0,300	723	241,0	583	194,3	246	82,0	
0,400	798	266,0	616	205,3	278	92,7	
0,500	811	270,3	645	215,0	290	96,7	



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
G-21	118,33	14,83	1,588	187,33	14,49	1,588
G-16	94,33	11,43	1,235	151,67	11,44	1,235
D-9	49,00	6,90	1,030	66,00	5,73	1,030



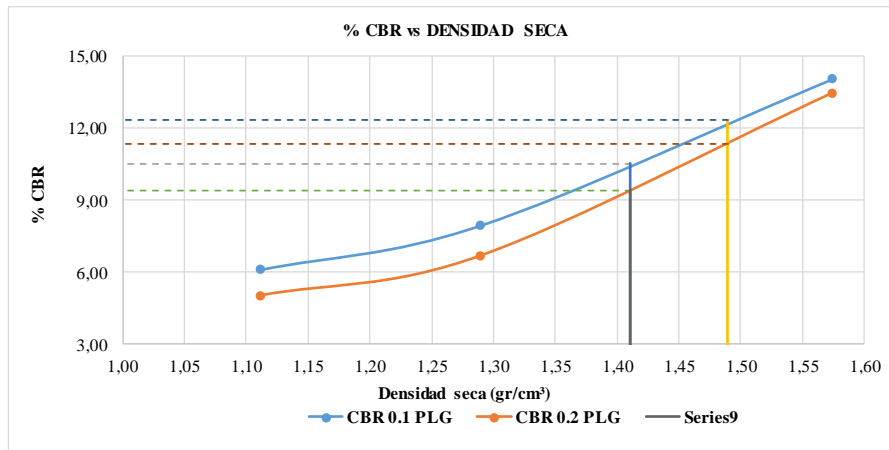
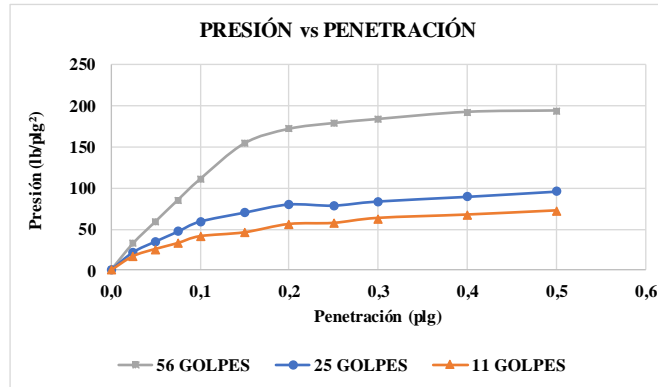
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,571	
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
90%	1,414	13,4	13,4
95%	1,492	14,07	14,07

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 36: CBR con 6% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2									
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa									
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla									
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7									
Apoyo:	LDMS laboratorios											
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación								
N° de capas	5	5	5	5	5	5						
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11						
Molde N°	D-11	G-5	G-2	D-11	G-5	G-2						
Volumen del molde	2323	2286	2205	2323	2286	2205						
Peso del molde (gr)	7670	6998	7005	7670	6998	7005						
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11821	10345	9789	12098	10875	10329						
Peso del suelo compactado (gr)	4151	3347	2784	4428	3877	3324						
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,787	1,464	1,263	1,906	1,696	1,507						
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo		
Recipiente N°	C-17	23	P-11	8	ML-2	W-5	8	W-5	23	C-17	P-11	C-17
Peso del recipiente (gr)	20,16	20,12	21,08	20,00	20,40	20,14	20,00	20,14	20,12	20,16	21,08	20,16
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	75,76	78,37	86,34	88,45	94,17	95,82	94,84	98,67	100,51	103,86	109,48	110,34
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	69,23	71,35	78,65	80,15	85,46	86,64	82,68	85,78	85,98	87,93	92,02	92,11
Peso agua (gr)	6,53	7,02	7,69	8,30	8,71	9,18	12,16	12,89	14,53	15,93	17,46	18,23
Peso muestra seca	49,07	51,23	57,57	60,15	65,06	66,50	62,68	65,64	65,86	67,77	70,94	71,95
Contenido de humedad W(%)	13,31	13,70	13,36	13,80	13,39	13,80	19,40	19,64	22,06	23,51	24,61	25,34
Contenido promedio de humedad W(%)	13,51		13,58		13,60		19,52		22,78		24,97	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,574		1,289		1,111		1,595		1,381		1,206	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°	D-11		G-5		G-2							
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	12098		10875		10329							
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11821		10345		9789							
Peso agua absorbida	277		530		540							
Porcentaje de Agua Absorbida	6,67		15,84		19,40							
Ensayo CBR												
Molde N°	D-11		G-5		G-2							
N° de golpes	56		25		11							
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)						
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0						
0,025	98	32,7	66	22,0	51	17,0						
0,050	177	59,0	105	35,0	77	25,7						
0,075	255	85,0	141	47,0	98	32,7						
0,100	331	110,3	178	59,3	123	41,0						
0,150	462	154,0	211	70,3	137	45,7						
0,200	515	171,7	241	80,3	167	55,7						
0,250	536	178,7	237	79,0	171	57,0						
0,300	551	183,7	252	84,0	189	63,0						
0,400	577	192,3	269	89,7	201	67,0						
0,500	582	194,0	288	96,0	216	72,0						



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde Nº	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
D-11	110,33	14,03	1,574	171,67	13,44	1,574
G-5	59,33	7,93	1,289	80,33	6,69	1,289
G-2	41,00	6,10	1,111	55,67	5,04	1,111



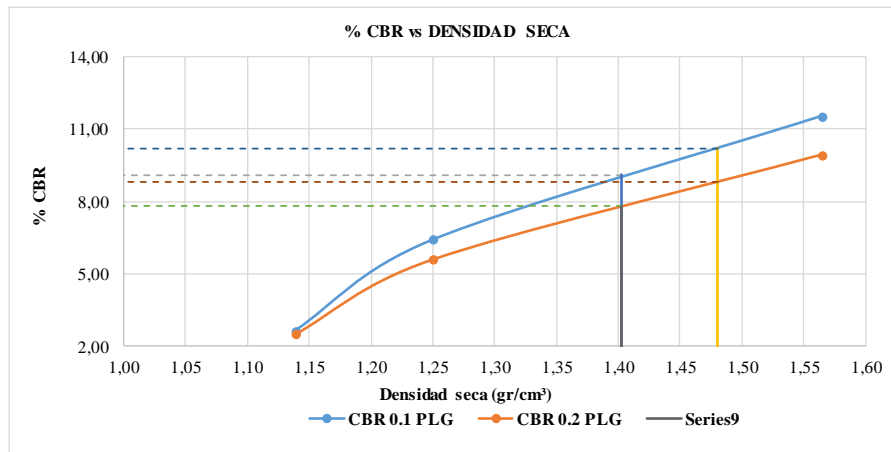
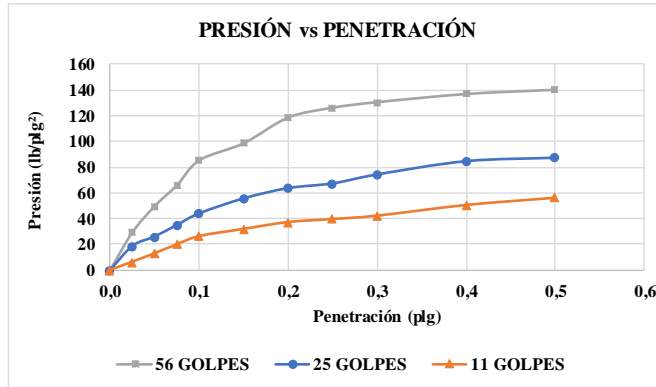
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,568		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,411	10,51	9,4	10,51
95%	1,489	12,3	11,3	12,3

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 37: CBR con 9% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	2									
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa									
Parroquia:	Izamba	Revisado por:	Ing. Favio Portilla									
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 769836.03 ; 9865167.7									
Apoyo:	LDMS laboratorios											
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación								
N° de capas	5	5	5	5	5	5						
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11						
Molde N°	B-6	G-7	AC-28	B-6	G-7	AC-28						
Volumen del molde	2286	2223	2294	2286	2223	2294						
Peso del molde (gr)	6998	7105	7092	6998	7105	7092						
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11012	10223	10024	11245	10564	10452						
Peso del suelo compactado (gr)	4014	3118	2932	4247	3459	3360						
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,756	1,403	1,278	1,858	1,556	1,465						
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo		
Recipiente N°	ML-20	AS-5	QT-9	ML-17	C-20	ML-20	ML-16	ML-17	AS-5	QT-9	ML-20	C-20
Peso del recipiente (gr)	18,50	20,40	18,76	19,50	16,70	20,20	20,20	19,50	20,40	18,76	18,50	16,70
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	91,70	91,74	92,92	91,34	99,54	99,89	98,23	98,79	101,49	102,16	119,85	110,23
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	83,75	83,95	84,88	83,49	90,56	91,15	87,02	87,32	88,08	88,25	101,45	93,00
Peso agua (gr)	7,95	7,79	8,04	7,85	8,98	8,74	11,21	11,47	13,41	13,91	18,40	17,23
Peso muestra seca	65,25	63,55	66,12	63,99	73,86	70,95	66,82	67,82	67,68	69,49	82,95	76,30
Contenido de humedad W(%)	12,18	12,26	12,16	12,27	12,16	12,32	16,78	16,91	19,81	20,02	22,18	22,58
Contenido promedio de humedad W(%)	12,22		12,21		12,24		16,84		19,92		22,38	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,565		1,250		1,139		1,590		1,298		1,197	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°	B-6		G-7		AC-28							
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11245		10564		10452							
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11012		10223		10024							
Peso agua absorbida	233		341		428							
Porcentaje de Agua Absorbida	5,80		10,94		14,60							
Ensayo CBR												
Molde N°	B-6		G-7		AC-28							
N° de golpes	56		25		11							
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)						
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0						
0,025	88	29,3	56	18,7	19	6,3						
0,050	149	49,7	78	26,0	39	13,0						
0,075	198	66,0	105	35,0	60	20,0						
0,100	256	85,3	132	44,0	79	26,3						
0,150	296	98,7	167	55,7	96	32,0						
0,200	356	118,7	191	63,7	112	37,3						
0,250	379	126,3	202	67,3	119	39,7						
0,300	392	130,7	223	74,3	127	42,3						
0,400	411	137,0	254	84,7	152	50,7						
0,500	421	140,3	262	87,3	169	56,3						



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde Nº	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
B-6	85,33	11,53	1,565	118,67	9,91	1,565
G-7	44,00	6,40	1,250	63,67	5,58	1,250
AC-28	26,33	2,63	1,139	37,33	2,49	1,139



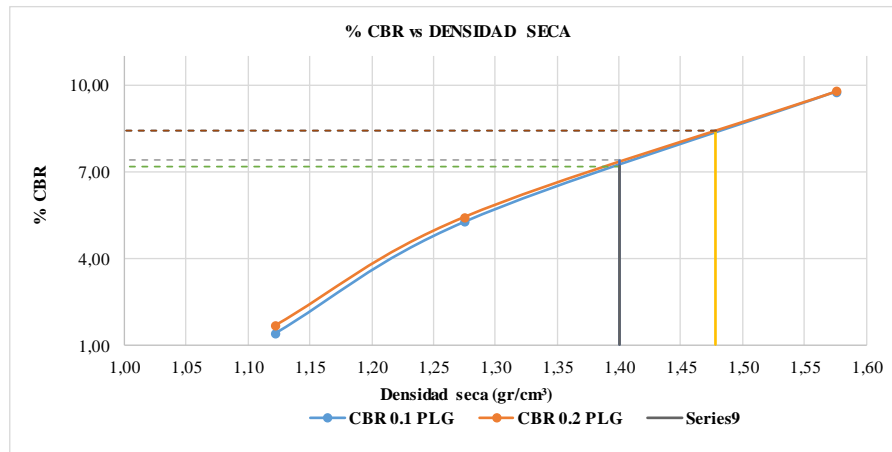
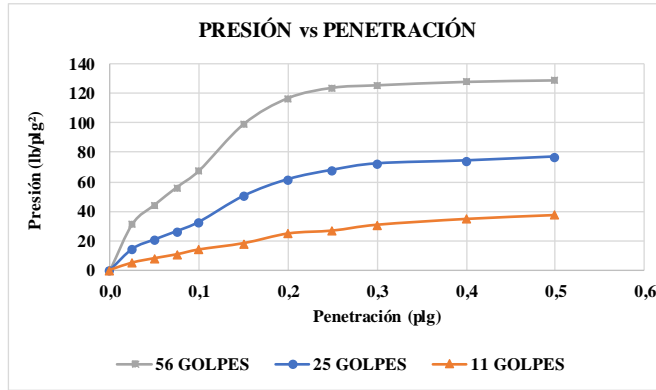
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,559		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,403	9,1	7,8	9,1
95%	1,481	10,2	8,8	10,2

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 38: CBR con 12% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.							
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra		2			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:		Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Izamba	Revisado por:		Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas		17 M, 769836.03 ; 9865167.7			
Apoyo:	LDMS laboratorios						
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación			
N° de capas	5	5	5	5	5	5	
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11	
Molde N°	SL-11	G-19	G-6	SL-11	G-19	G-6	
Volumen del molde	2226	2215	2205	2226	2215	2205	
Peso del molde (gr)	6996	6875	6896	6996	6875	6896	
Peso del molde + suelo compactado (gr)	10911	10024	9656	11132	10324	10042	
Peso del suelo compactado (gr)	3915	3149	2760	4136	3449	3146	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,759	1,422	1,252	1,858	1,557	1,427	
Contenido de humedad							
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Recipiente N°	ML-8	ML-D	DS-1	ML-29	AS	ML-30	
Peso del recipiente (gr)	19,10	20,40	19,44	19,10	20,50	20,40	
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	97,65	97,19	104,44	101,89	101,75	103,13	
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	89,56	89,12	95,81	93,20	93,36	94,42	
Peso agua (gr)	8,09	8,07	8,63	8,69	8,39	8,71	
Peso muestra seca	70,46	68,72	76,37	74,10	72,86	74,02	
Contenido de humedad W(%)	11,48	11,74	11,30	11,73	11,52	11,77	
Contenido promedio de humedad W(%)	11,61		11,51		11,64		
Densidad Seca (gr/cm³)	1,576		1,275		1,121		
Porcentaje de Agua Absorbida							
Molde N°	SL-11		G-19		G-6		
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11132		10324		10042		
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	10911		10024		9656		
Peso agua absorbida	221		300		386		
Porcentaje de Agua Absorbida	5,64		9,53		13,99		
Ensayo CBR							
Molde N°	SL-11		G-19		G-6		
N° de golpes	56		25		11		
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	
0,025	94	31,3	43	14,3	15	5,0	
0,050	133	44,3	62	20,7	24	8,0	
0,075	169	56,3	79	26,3	32	10,7	
0,100	203	67,7	98	32,7	42	14,0	
0,150	298	99,3	151	50,3	55	18,3	
0,200	351	117,0	185	61,7	75	25,0	
0,250	372	124,0	204	68,0	81	27,0	
0,300	377	125,7	217	72,3	93	31,0	
0,400	384	128,0	223	74,3	105	35,0	
0,500	387	129,0	231	77,0	113	37,7	

Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde Nº	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
SL-11	67,67	9,77	1,576	117,00	9,80	1,576
G-19	32,67	5,27	1,275	61,67	5,44	1,275
G-6	14,00	1,40	1,121	25,00	1,67	1,121





DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,556		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,401	7,4	7,2	7,4
95%	1,478	8,4	8,4	8,4

Fuente: Gricelda Guanoluisa.



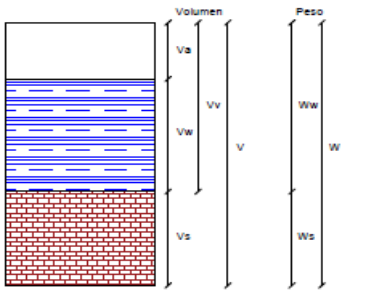
C.1.3. Parroquia Montalvo

Anexo 39: Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3		
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa		
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29		
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Muestra	W. REC. (gr)	W. HÚM (gr)	W seco (gr)	% W nat.	% W PROM.
1	29,9	130,9	127,4	3,59	3,65
2	32,2	144,3	140,4	3,60	
3	32,2	141,1	137,1	3,81	
4	33,4	137,3	133,7	3,59	



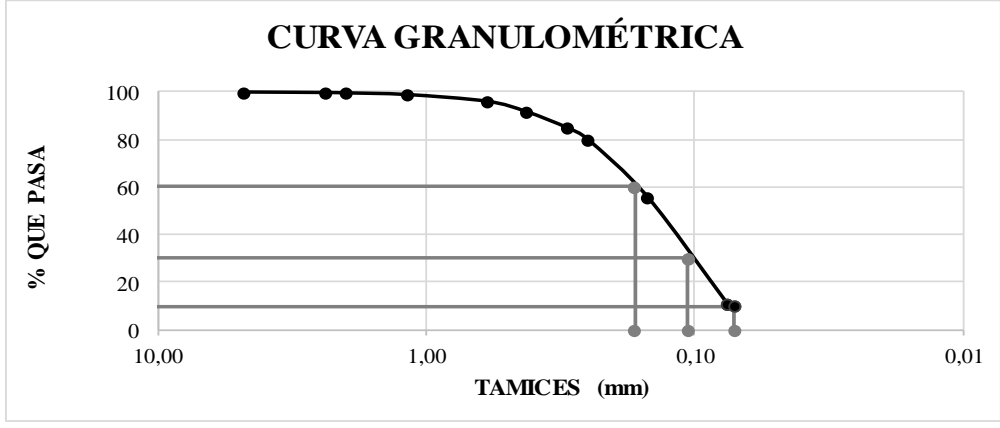
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 40: Densidad Cono y Arena

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	3		
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa		
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla		
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29		
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO O PESO DE LA MASA (Wm)			Unidades		
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)	2507	gr		
Peso de la funda	(Rec)	4,1	gr		
Peso de la masa del suelo	(Wm=Wm+Rec-Rec)	2502,9	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA MASA (Vm)			Unidad		
Peso inicial frasco +cono +arena		7085	gr		
Peso final frasco + cono + arena		2626	gr		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		1608	gr		
Peso arena en la perforación		2851	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1,582	gr/cm³		
Volumen de la perforación Vm		1802,15	cm³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			Unidad		
Numero de recipiente		1	2	3	-
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	137	144,3	141,1	gr
Peso seco + recipiente	Ws+rec	133,7	140,4	137,1	gr
Peso recipiente	rec	33,4	32,2	32,2	gr
Peso del agua	Ww	3,3	3,9	4	gr
Peso de los sólidos	Ws	100,3	108,2	104,9	gr
Contenido de humedad	w%	3,29	3,60	3,81	%
Contenido de humedad promedio	w% prom	3,57			%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
			Volúmenes (cm³)	Peso (gr)	
		Vv=	39,96	-	
		Va=	35,96	0,00	=Wa
		Vw=	4	4	=Ww
		Vs=	40,83	108,2	=Ws
Vm=	80,79	112,20			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO ANALIZADO					Unidades
Peso volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)			1,389	gr/cm³	
Densidad seca (γ_d)			1,341	gr/cm³	
Contenido de humedad w%			3,57	%	
Relación de vacíos $e=V_v/V_s$			0,98	Natural	
Porosidad $n\%=V_v/V_m*100$			49,46	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\%=V_w/V_v*100$			10,01	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$			89,99	%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
*El valor de la densidad seca in situ es de 1,341 gr/cm3 y la densidad húmeda es de 1,389 gr/cm3.					



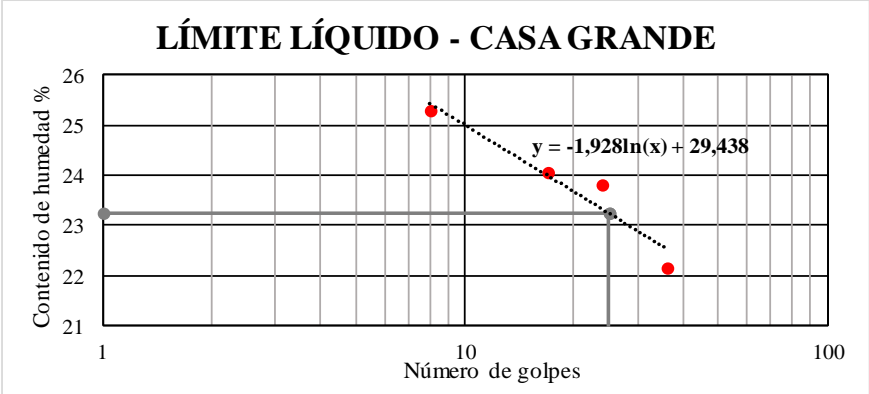
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 41: Granulometría

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.						
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29			
Peso inicial:	700 gr	Apoyo:	LDMS laboratorios			
GRANULOMETRÍA						
# Tamiz	Abertura (mm)	W retenido	% W retenido	W ret. Acumulado	% ret. Acumulado	% Pasa
4	4,75	0,40	0,06%	0,40	0,06%	99,94
8	2,36	1,40	0,20%	1,80	0,26%	99,74
10	2,00	1,10	0,16%	2,90	0,42%	99,58
16	1,18	4,90	0,70%	7,80	1,12%	98,88
30	0,595	19,60	2,81%	27,40	3,93%	96,07
40	0,425	30,00	4,30%	57,40	8,22%	91,78
50	0,297	48,30	6,92%	105,70	15,14%	84,86
60	0,25	33,60	4,81%	139,30	19,96%	80,04
100	0,149	170,50	24,43%	309,80	44,38%	55,62
200	0,075	313,40	44,90%	623,20	89,28%	10,72
PASA #200		74,80	10,72%	698,00	100,00%	
Peso total (gr)		698,00	100,00%			
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
COFICIENTES DEL SUELO						
D10 (mm)	0,071	Cu = D60 / D10		2,352		
D30 (mm)	0,106	Cc = (D30 ²)/(D60*D10)		0,948		
D60 (mm)	0,167	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0,425		
FRACCIONES DE PARTÍCULAS						
Grava		Arena		Finos		
0,06		89,23		10,72		



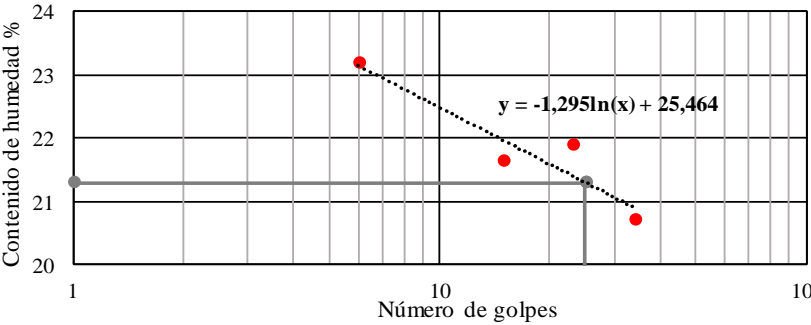
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 42: Límites de Atterberg (Clasificación del suelo)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto:							EFEECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	3				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
LÍMITE LÍQUIDO							
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM	
1-10	8	17,7	25,70	24,10	25,00	25,27	
		17,7	23,60	22,40	25,53		
10-20	17	11,3	18,50	17,10	24,14	24,04	
		11,5	20,30	18,60	23,94		
20-30	24	11,4	21,00	19,20	23,08	23,80	
		10,9	17,50	16,20	24,53		
30-40	36	10,9	17,50	16,30	22,22	22,14	
		11,3	19,60	18,10	22,06		
LÍMITE LÍQUIDO:						23,23	
LÍMITE LÍQUIDO - CASA GRANDE							
							
LÍMITE PLÁSTICO							
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w			
#1	6,06	7,21	7,05	16,16			
#2	6,13	7,37	7,20	15,89			
#3	6,64	7,77	7,61	16,49			
#4	6,06	7,25	7,09	15,53			
#5	6,64	7,81	7,63	18,18			
PROMEDIO W% (LP)				16,45			
RESULTADOS							
LÍMITES DE ATTERBERG			Clasificación del suelo				
LÍMITE LÍQUIDO	LL	23,23	AASHTO	A-2-4			
LÍMITE PLÁSTICO	LP	16,45					
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	6,78	SUCS	SM			



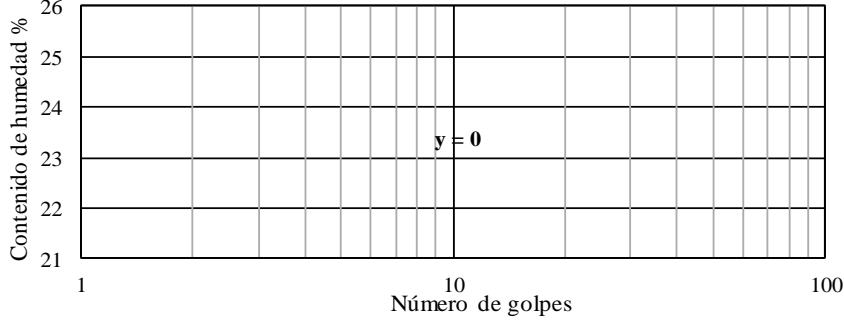
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 43: Límites de Atterberg con 3% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
						
Proyecto:	EFFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	3			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29			
Apoyo:	LDMS laboratorios					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	6	11,1	21,56	19,61	22,91	23,19
		11,5	22,97	20,79	23,47	
10-20	15	11	24,53	22,13	21,56	21,63
		11	23,17	21,00	21,70	
20-30	23	11,1	19,81	18,22	22,33	21,88
		11,2	17,32	16,24	21,43	
30-40	34	10,9	20,44	18,81	20,61	20,70
		11,4	18,08	16,93	20,80	
LÍMITE LÍQUIDO:						21,30
LÍMITE LÍQUIDO - CASA GRANDE						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	4,92	6,31	6,12	15,83		
#2	4,76	6,85	6,58	14,84		
#3	5,36	8,12	7,72	16,95		
#4	4,93	6,33	6,14	15,70		
#5	5,34	8,09	7,69	17,02		
PROMEDIO W% (LP)				16,07		
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO	LL	21,30				
LÍMITE PLÁSTICO	LP	16,07				
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	5,23				



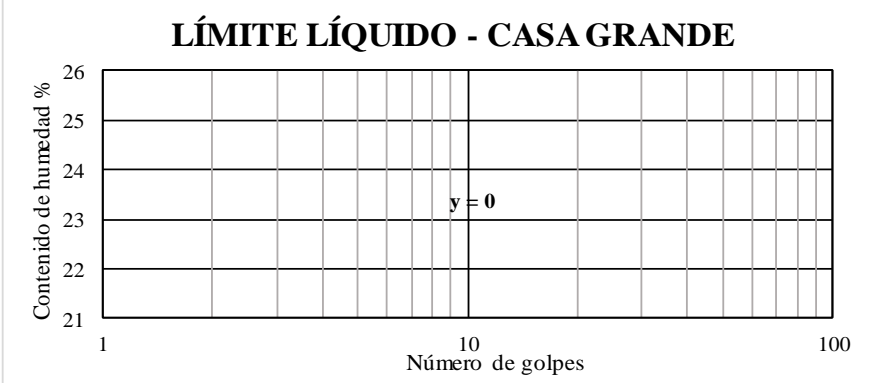
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 44: Límites de Atterberg con 6% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
	Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	3			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29			
Apoyo:	LDMS laboratorios					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	-	-	-	-	-	-
10-20	-	-	-	-	-	-
20-30	-	-	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-	-	-
LÍMITE LÍQUIDO:						-
LÍMITE LÍQUIDO - CASA GRANDE						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	-	-	-	-		
#2	-	-	-	-		
#3	-	-	-	-		
#4	-	-	-	-		
#5	-	-	-	-		
PROMEDIO W % (LP)					-	
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO	LL		-			
LÍMITE PLÁSTICO	LP		-			
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP		-			



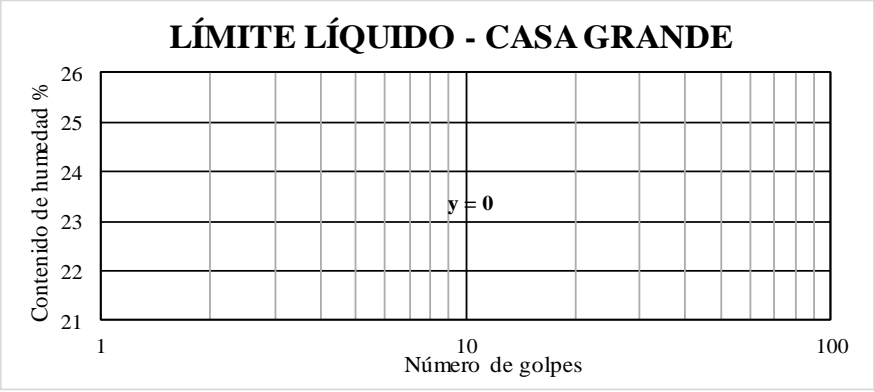
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 45: Límites de Atterberg con 9% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
	Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	3			
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla			
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29			
Apoyo:	LDMS laboratorios					
LÍMITE LÍQUIDO						
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM
1-10	-	-	-	-	-	-
10-20	-	-	-	-	-	-
20-30	-	-	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-	-	-
LÍMITE LÍQUIDO:						-
LÍMITE LÍQUIDO - CASA GRANDE						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w		
#1	-	-	-	-		
#2	-	-	-	-		
#3	-	-	-	-		
#4	-	-	-	-		
#5	-	-	-	-		
PROMEDIO W % (LP)					-	
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO	LL	-				
LÍMITE PLÁSTICO	LP	-				
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	-				



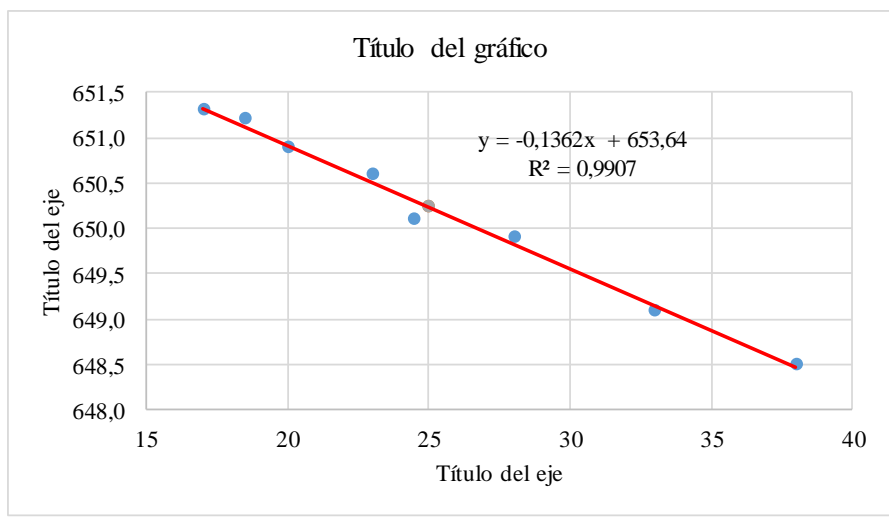
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 46: Límites de Atterberg con 12% de Partículas de caucho (Estado de Consistencia)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto:		EFFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.					
Provincia:	Tungurahua	Nº Muestra	3				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
LÍMITE LÍQUIDO							
RANGO	#GOLPES	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w	% W PROM	
1-10	-	-	-	-	-	-	
10-20	-	-	-	-	-	-	
20-30	-	-	-	-	-	-	
30-40	-	-	-	-	-	-	
LÍMITE LÍQUIDO:						-	
LÍMITE LÍQUIDO - CASA GRANDE							
							
LÍMITE PLÁSTICO							
Identificación	W REC. (gr)	W HÚM. (gr)	W SECO (gr)	% w			
#1	-	-	-	-			
#2	-	-	-	-			
#3	-	-	-	-			
#4	-	-	-	-			
#5	-	-	-	-			
PROMEDIO W % (LP)				-			
LÍMITES DE ATTERBERG							
LÍMITE LÍQUIDO	LL	-					
LÍMITE PLÁSTICO	LP	-					
ÍNDICE PLÁSTICO	IP = LL-LP	-					



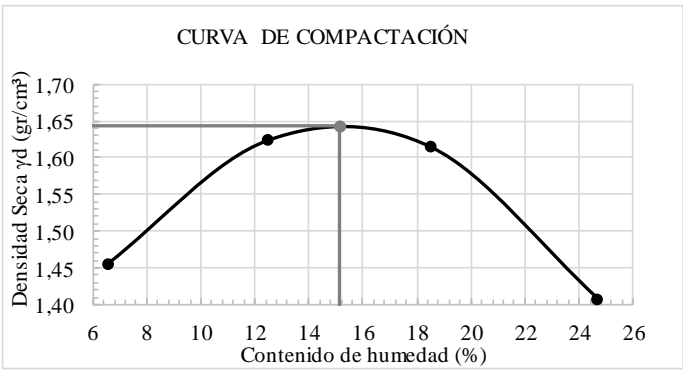
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 47: Gravedad Específica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla
Profundidad:	0,6 m <	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29
GRAVEDAD ESPECÍFICA			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Temperatura del agua + suelo		25	°C
Peso del recipiente + suelo seco		306,9	gr
Peso del recipiente	Wsec	256,8	gr
Peso del suelo seco	Ws	50,1	gr
Peso picnómetro + agua	Wbw	650,24	gr
Peso del suelo seco + (Peso picnómetro + agua)	Ws+Wbw	700,34	gr
Peso picnómetro + agua + suelo	Wbws	681,1	gr
Deslizamiento del agua	(Ws + Wbw) - Wbws	19,24	gr
Factor de correlación por temperatura	K	0,9907	gr
Gravedad específica	Gs	2,58	-
			
OBSERVACIONES			
En la curva de calibración tenemos que a 25 °C, el peso del picnómetro más agua es de 650,24 gr.			



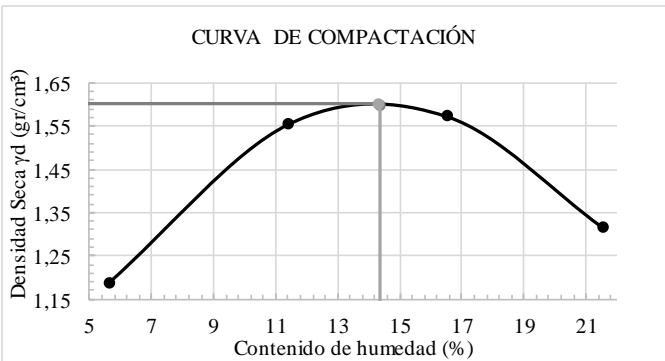
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 48: Proctor Modificado con 0% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2041			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³)	55986	Peso del Molde (gr)	5980	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	9145	9707	9885	9562				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3165	3727	3905	3582				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,551	1,826	1,913	1,755				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	99	9	A	B	T08	T34	T11A	T07
P. del recipiente (Wrec)	11,96	12,11	11,78	11,29	12,01	12,14	12,16	12,24
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	60,34	49,82	54,72	48,65	56,29	63,93	94,04	85,63
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	57,45	47,42	49,91	44,54	49,33	55,88	77,95	70,98
Peso solidos (Ws)	45,49	35,31	38,13	33,25	37,32	43,74	65,79	58,74
Peso del agua (Ww)	2,89	2,40	4,81	4,11	6,96	8,05	16,09	14,65
Cont. Humedad (w%)	6,35	6,80	12,61	12,36	18,65	18,40	24,46	24,94
Cont. Humedad promedio (w%)	6,57		12,49		18,53		24,70	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,455		1,623		1,614		1,407	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
				Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 15,13				
				Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm ³): 1,643				
				Grado de compactación 81,64%				



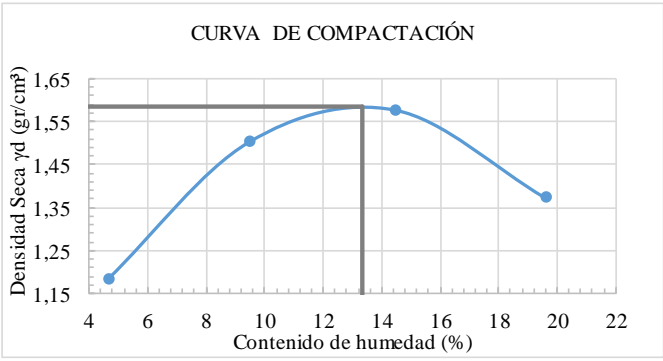
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 49: Proctor Modificado con 3% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2133			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	6457	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	9134	10151	10366	9865				
P. suelo húmedo Wm (gr)	2677	3694	3909	3408				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,255	1,732	1,833	1,598				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	99	9	A	B	T08	T34	T11A	T07
P. del recipiente (Wrec)	12,15	12,11	12,08	12,15	12,14	11,98	12,02	11,93
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	45,79	52,16	51,69	52,68	49,49	46,11	61,44	57,22
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	44,00	50,00	47,57	48,59	44,23	41,22	52,56	49,29
Peso solidos (Ws)	31,85	37,89	35,49	36,44	32,09	29,24	40,54	37,36
Peso del agua (Ww)	1,79	2,16	4,12	4,09	5,26	4,89	8,88	7,93
Cont. Humedad (w%)	5,62	5,70	11,61	11,22	16,39	16,72	21,90	21,23
Cont. Humedad promedio (w%)	5,66		11,42		16,56		21,57	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,188		1,554		1,572		1,314	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
					Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 14,36			
					Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,600			
					Grado de compactación 83,80%			



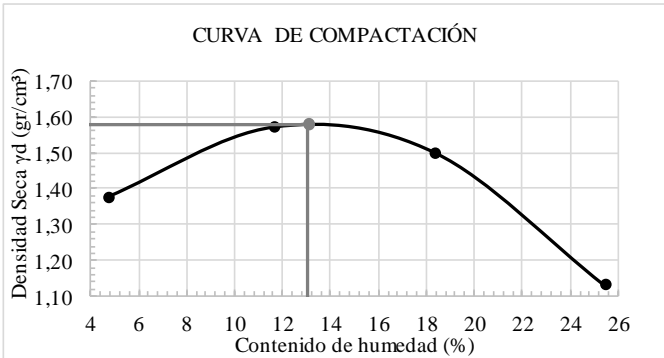
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 50: Proctor Modificado con 6% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2133			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	6457	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	9098	9967	10311	9962				
P. suelo húmedo Wm (gr)	2641	3510	3854	3505				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,238	1,646	1,807	1,643				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	99	9	A	B	T08	T34	T11A	T07
P. del recipiente (Wrec)	12,11	11,78	11,78	11,97	12,14	12,02	12,10	12,08
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	56,12	47,63	43,56	47,62	57,98	67,42	67,14	72,13
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	54,23	45,99	40,88	44,46	52,24	60,36	57,99	62,43
Peso solidos (Ws)	42,12	34,21	29,10	32,49	40,10	48,34	45,89	50,35
Peso del agua (Ww)	1,89	1,64	2,68	3,16	5,74	7,06	9,15	9,70
Cont. Humedad (w%)	4,49	4,79	9,21	9,73	14,31	14,60	19,94	19,27
Cont. Humedad promedio (w%)	4,64		9,47		14,46		19,60	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,183		1,503		1,579		1,374	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">CURVA DE COMPACTACIÓN</p>						Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 13,33		
						Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,584		
						Grado de compactación 84,66%		



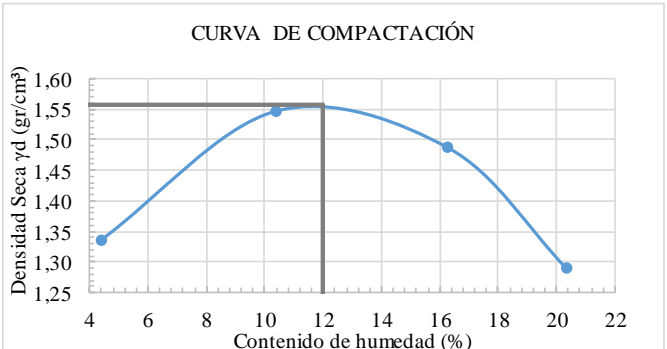
Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 51: Proctor Modificado con 9% de Partículas de caucho

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.								
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3					
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa					
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla					
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29					
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR								
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in	Volumen del molde	2133			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Diámetro interno	15,2			
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	6457	Altura	12,6			
Peso inicial	6000 gr							
PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Número de ensayo	1	2	3	4				
P. molde + suelo húmedo (gr)	9532	10195	10242	9488				
P. suelo húmedo Wm (gr)	3075	3738	3785	3031				
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,442	1,752	1,774	1,421				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Identificación del recipiente	99	9	A	B	T08	T34	T11A	T07
P. del recipiente (Wrec)	12,10	12,10	11,98	12,24	11,44	12,10	12,20	12,00
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	50,18	45,50	43,65	46,49	55,29	58,04	55,66	58,55
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	48,52	43,95	40,42	42,84	48,38	51,02	46,76	49,19
Peso solidos (Ws)	36,42	31,85	28,44	30,60	36,94	38,92	34,56	37,19
Peso del agua (Ww)	1,66	1,55	3,23	3,65	6,91	7,02	8,90	9,36
Cont. Humedad (w%)	4,56	4,87	11,36	11,93	18,71	18,04	25,75	25,17
Cont. Humedad promedio (w%)	4,71		11,64		18,37		25,46	
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,377		1,570		1,499		1,133	
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
					Contenido de Humedad Óptima $\omega\%$: 13,07			
					Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,578			
					Grado de Compactación 84,98%			



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 52: Proctor Modificado con 12% de Partículas de caucho

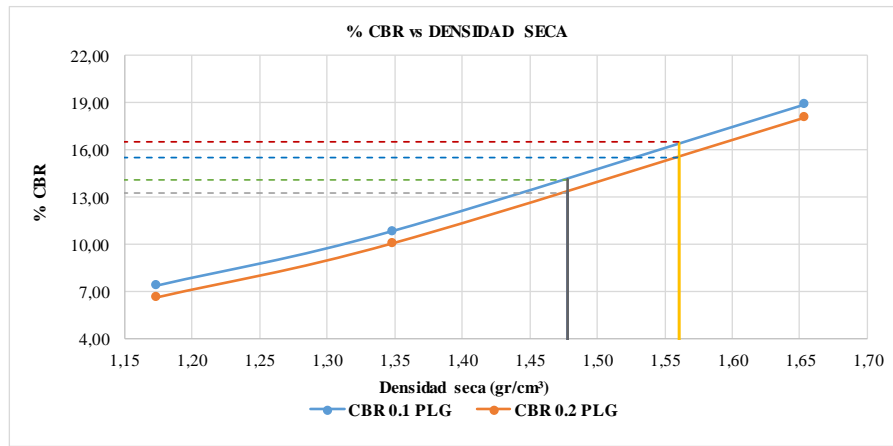
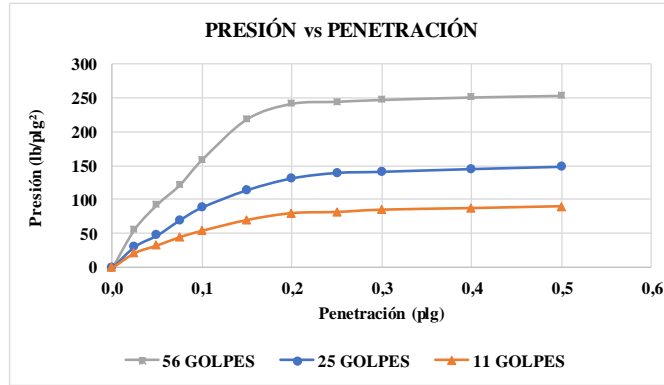
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.			
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes	56	Altura de caída	18 in
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación (lb*ft/ft³)	55986	Peso del Molde (gr)	6457
Peso inicial	6000 gr		
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Número de ensayo	1	2	3
P. molde + suelo húmedo (gr)	9434	10099	10144
P. suelo húmedo Wm (gr)	2977	3642	3687
P. unitario húmedo γ_m (gr/cm³)	1,396	1,707	1,729
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	99	9	A
P. del recipiente (Wrec)	12,11	12,00	12,08
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	40,67	46,43	58,28
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	39,54	44,89	53,98
Peso solidos (Ws)	27,43	32,89	41,90
Peso del agua (Ww)	1,13	1,54	4,30
Cont. Humedad (w%)	4,12	4,68	10,26
Cont. Humedad promedio (w%)	4,40		10,38
P.Volumétrico Seco γ_d (gr/cm³)	1,337		1,547
GRÁFICO DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			Contenido de Humedad Óptima $w\%$: 11,98
			Densidad Seca Máxima γ_d (gr/cm³): 1,557
			Grado de Compactación 86,13%

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 53: CBR con 0% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia: Tungurahua			N° Muestra: 2									
Cantón: Ambato			Ensayado por: Gricelda Guanoluisa									
Parroquia: Montalvo			Revisado por: Ing. Favio Portilla									
Profundidad: 0,6 m			Coordenadas: 17 M, 764601.12 ; 9852888.29									
Apoio: LDMS laboratorios												
Descripción		Antes de la Saturación			Después de la Saturación							
N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11	56	25	11			
Molde N°	SL-11	B-6	G-6	SL-11	B-6	G-6	SL-11	B-6	G-6			
Volumen del molde	2226	2286	2205	2226	2286	2205	2226	2286	2205			
Peso del molde (gr)	6996	6998	6896	6996	6998	6896	6996	6998	6896			
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11212	10523	9855	11698	11297	10669	11698	11297	10669			
Peso del suelo compactado (gr)	4216	3525	2959	4702	4299	3773	4702	4299	3773			
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,894	1,542	1,342	2,112	1,881	1,711	2,112	1,881	1,711			
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo		
Recipiente N°	22	AS-5	12	22	W5	C-17	AS-5	C-17	C-14	12	W5	C-14
Peso del recipiente (gr)	18,70	20,40	20,14	20,16	19,20	21,13	21,13	18,70	20,40	20,16	20,14	19,20
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	93,37	93,96	93,06	94,59	99,16	95,88	96,11	97,44	93,23	102,54	105,36	103,07
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	83,98	84,56	84,00	85,16	89,23	86,43	80,63	81,03	76,39	83,21	83,64	81,59
Peso agua (gr)	9,39	9,40	9,06	9,43	9,93	9,45	15,48	16,41	16,84	19,33	21,72	21,48
Peso muestra seca	65,28	64,16	63,86	65,00	70,03	65,30	59,50	62,33	55,99	63,05	63,50	62,39
Contenido de humedad W(%)	14,38	14,65	14,19	14,51	14,18	14,47	26,02	26,33	30,08	30,66	34,20	34,43
Contenido promedio de humedad W(%)	14,52		14,35		14,33		26,17		30,37		34,32	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,654		1,349		1,174		1,674		1,443		1,274	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°	SL-11			B-6			G-6					
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11698			11297			10669					
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11212			10523			9855					
Peso agua absorbida	486			774			814					
Porcentaje de Agua Absorbida	11,53			21,96			27,51					
Ensayo CBR												
Molde N°	SL-11			B-6			G-6					
N° de golpes	56			25			11					
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)				
0,000	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0				
0,025	171	57,0		93	31,0		65	21,7				
0,050	279	93,0		143	47,7		98	32,7				
0,075	365	121,7		209	69,7		134	44,7				
0,100	477	159,0		266	88,7		162	54,0				
0,150	656	218,7		342	114,0		209	69,7				
0,200	724	241,3		394	131,3		239	79,7				
0,250	733	244,3		418	139,3		244	81,3				
0,300	741	247,0		423	141,0		254	84,7				
0,400	752	250,7		435	145,0		261	87,0				
0,500	759	253,0		445	148,3		269	89,7				



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
SL-11	159,00	18,90	1,654	241,33	18,09	1,654
B-6	88,67	10,87	1,349	131,33	10,09	1,349
G-6	54,00	7,40	1,174	79,67	6,64	1,174



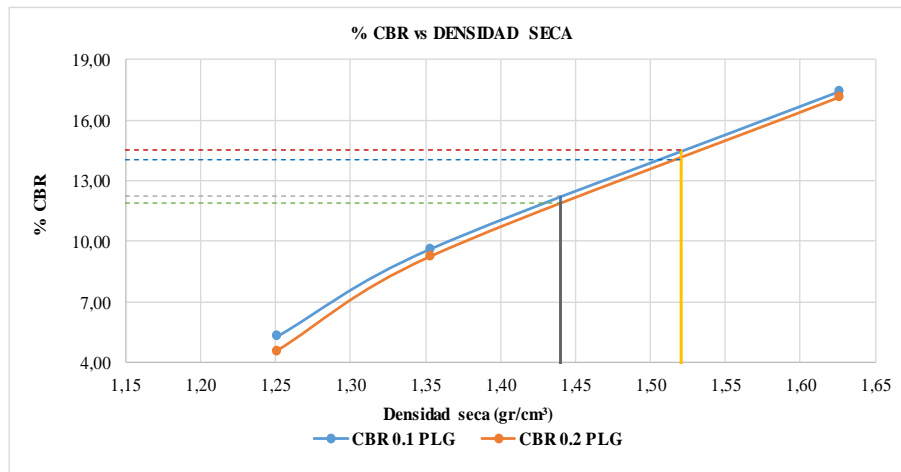
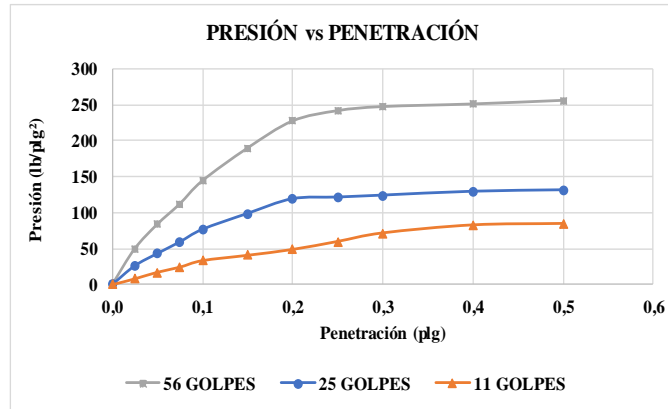
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,643		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,478	13,3	14,1	14,1
95%	1,560	16,5	15,5	16,5

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 54: CBR con 3% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua			N° Muestra	3			Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa			
Cantón:	Ambato			Revisado por:	Ing. Favio Portilla			Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29			
Parroquia:	Montalvo			Apoyo:	LDMS laboratorios							
Profundidad:	0,6 m											
Descripción	Antes de la Saturación						Después de la Saturación					
N° de capas	5		5		5		5		5		5	
N° de Golpes	56		25		11		56		25		11	
Molde N°	G-7		LL-22		D-12		G-7		LL-22		D-12	
Volumen del molde	2223		2286		2366		2223		2286		2366	
Peso del molde (gr)	7105		7088		6518		7105		7088		6518	
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11245		10633		9909		11642		11321		10732	
Peso del suelo compactado (gr)	4140		3545		3391		4537		4233		4214	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,862		1,551		1,433		2,041		1,852		1,781	
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	ML-32	SD2	B-28	ML-35	ML-8	ML-35	ML-32	ML-8	QT-9	B-28	QT-9	SD-2
Peso del recipiente (gr)	14,40	20,04	19,10	10,50	18,76	16,69	16,69	10,50	14,40	19,10	18,76	20,04
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	93,17	92,27	95,95	95,13	96,55	94,09	102,33	87,08	101,86	101,36	101,59	104,04
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	83,24	83,02	86,22	84,31	86,69	84,21	87,98	74,12	83,95	84,45	83,05	85,12
Peso agua (gr)	9,93	9,25	9,73	10,82	9,86	9,88	14,35	12,96	17,91	16,91	18,54	18,92
Peso muestra seca	68,84	62,98	67,12	73,81	67,93	67,52	71,29	63,62	69,55	65,35	64,29	65,08
Contenido de humedad W(%)	14,42	14,69	14,50	14,66	14,51	14,63	20,13	20,37	25,75	25,88	28,84	29,07
Contenido promedio de humedad W(%)	14,56		14,58		14,57		20,25		25,81		28,95	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,626		1,353		1,251		1,697		1,472		1,381	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°					G-7		LL-22			D-12		
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación					11642		11321			10732		
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación					11245		10633			9909		
Peso agua absorbida					397		688			823		
Porcentaje de Agua Absorbida					9,59		19,41			24,27		
Ensayo CBR												
Molde N°	G-7				LL-22				D-12			
N° de golpes	56				25				11			
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)	
0,000	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,00		0,00	0,0	
0,025	149	49,7		78	26,0		24	8,0		24	8,0	
0,050	251	83,7		129	43,0		51	17,0		51	17,0	
0,075	336	112,0		177	59,0		72	24,0		72	24,0	
0,100	432	144,0		229	76,3		99	33,0		99	33,0	
0,150	568	189,3		295	98,3		121	40,3		121	40,3	
0,200	681	227,0		356	118,7		145	48,3		145	48,3	
0,250	724	241,3		363	121,0		178	59,3		178	59,3	
0,300	741	247,0		371	123,7		213	71,0		213	71,0	
0,400	752	250,7		387	129,0		246	82,0		246	82,0	
0,500	767	255,7		393	131,0		252	84,0		252	84,0	



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
G-7	144,00	17,40	1,626	227,00	17,13	1,626
LL-22	76,33	9,63	1,353	118,67	9,24	1,353
D-12	33,00	5,30	1,251	48,33	4,56	1,251



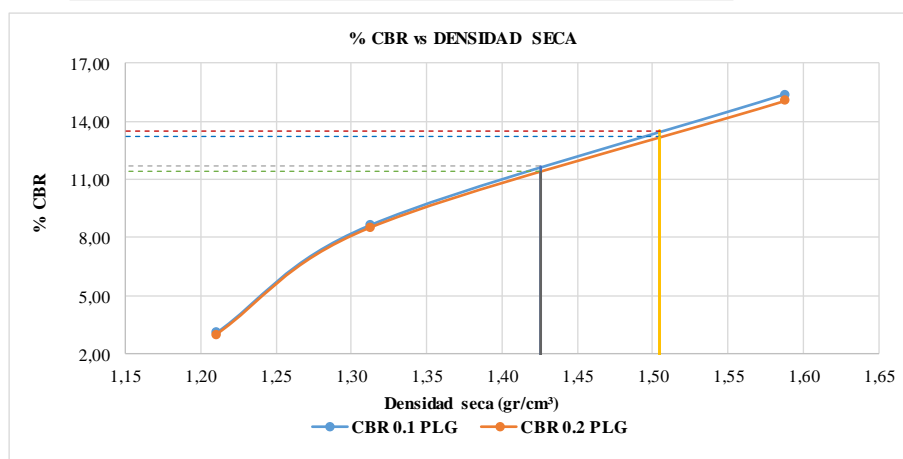
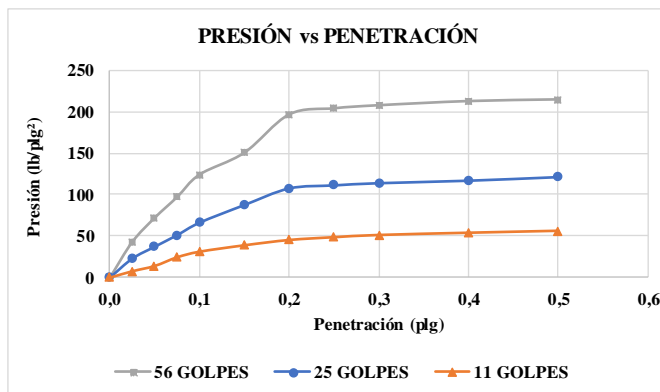
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,600		
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MA YOR
90%	1,440	12,2	11,9	12,2
95%	1,520	14,5	14	14,5

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 55: CBR con 6% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua			N° Muestra	3							
Cantón:	Ambato			Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa							
Parroquia:	Montalvo			Revisado por:	Ing. Favio Portilla							
Profundidad:	0,6 m			Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29							
Apoyo:	LDMS laboratorios											
Descripción		Antes de la Saturación			Después de la Saturación							
N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11	56	25	11	56	25	
Molde N°	AC-28	G-19	AL-22	AC-28	G-19	AL-22	AC-28	G-19	AL-22	AC-28	G-19	
Volumen del molde	2294	2215	2286	2294	2215	2286	2294	2215	2286	2294	2215	
Peso del molde (gr)	7092	6875	7088	7092	6875	7088	7092	6875	7088	7092	6875	
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11233	10179	10233	11532	10789	10942	11532	10789	10942	11532	10789	
Peso del suelo compactado (gr)	4141	3304	3145	4440	3914	3854	4440	3914	3854	4440	3914	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,805	1,492	1,376	1,935	1,767	1,686	1,935	1,767	1,686	1,935	1,767	
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	ML-32	SD2	B-28	ML-35	ML-8	ML-35	ML-32	ML-8	QT-9	B-28	QT-9	SD-2
Peso del recipiente (gr)	20,40	19,50	18,80	19,40	19,44	20,20	19,44	20,20	20,40	19,40	18,80	19,50
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	75,07	94,00	97,13	89,09	93,94	92,98	89,77	91,78	99,05	97,63	101,70	102,96
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	68,52	85,00	87,74	80,65	85,00	84,21	78,42	80,00	85,16	83,74	84,92	86,00
Peso agua (gr)	6,55	9,00	9,39	8,44	8,94	8,77	11,35	11,78	13,89	13,89	16,78	16,96
Peso muestra seca	48,12	65,50	68,94	61,25	65,56	64,01	58,98	59,80	64,76	64,34	66,12	66,50
Contenido de humedad W(%)	13,61	13,74	13,62	13,78	13,64	13,70	19,24	19,70	21,45	21,59	25,38	25,50
Contenido promedio de humedad W(%)	13,68		13,70		13,67		19,47		21,52		25,44	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,588		1,312		1,210		1,620		1,454		1,344	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°	AC-28			G-19			AL-22					
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación	11532			10789			10942					
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación	11233			10179			10233					
Peso agua absorbida	299			610			709					
Porcentaje de Agua Absorbida	7,22			18,46			22,54					
Ensayo CBR												
Molde N°	AC-28			G-19			AL-22					
N° de golpes	56			25			11					
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)				
0,000	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0				
0,025	129	43,0		69	23,0		23	7,7				
0,050	216	72,0		112	37,3		42	14,0				
0,075	291	97,0		154	51,3		73	24,3				
0,100	372	124,0		199	66,3		93	31,0				
0,150	451	150,3		263	87,7		116	38,7				
0,200	589	196,3		323	107,7		135	45,0				
0,250	611	203,7		334	111,3		145	48,3				
0,300	622	207,3		342	114,0		153	51,0				
0,400	637	212,3		351	117,0		161	53,7				
0,500	643	214,3		364	121,3		168	56,0				



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
AC-28	124,00	15,40	1,588	196,33	15,09	1,588
G-19	66,33	8,63	1,312	107,67	8,51	1,312
AL-22	31,00	3,10	1,210	45,00	3,00	1,210



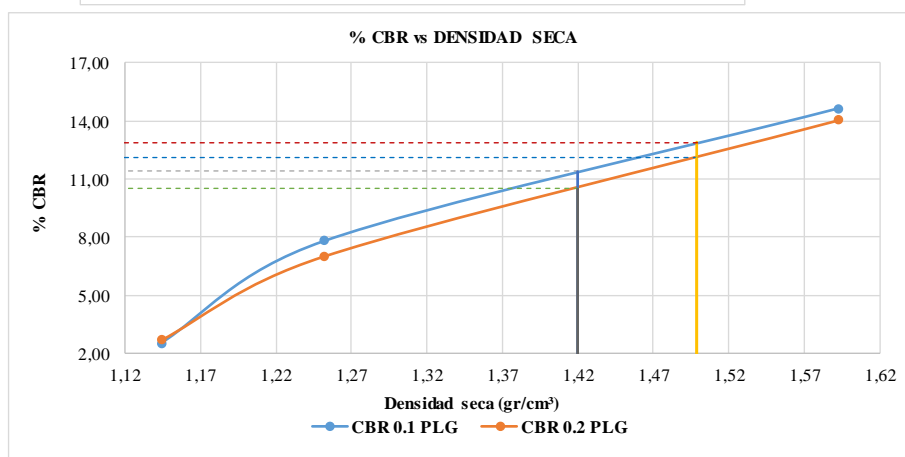
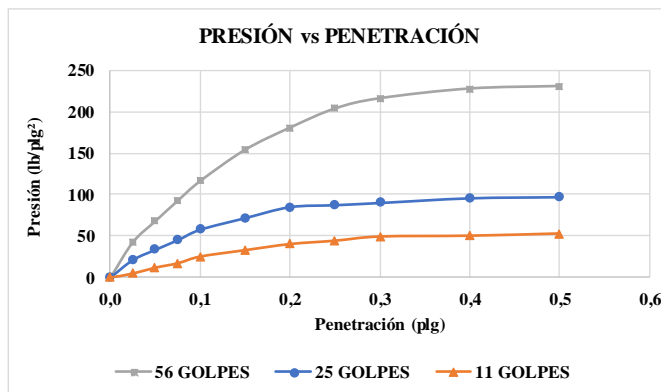
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,584		
DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR	
90%	1,426	11,7	11,4	11,7
95%	1,505	13,5	13,2	13,5

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 56: CBR con 9% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.							
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3				
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa				
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla				
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29				
Apoyo:	LDMS laboratorios						
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación			
N° de capas	5	5	5	5	5	5	
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11	
Molde N°	SL-23	M-4	G-17	SL-23	M-4	G-17	
Volumen del molde	2209	2286	2258	2209	2286	2258	
Peso del molde (gr)	7302	6987	7036	7302	6987	7036	
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11288	10233	9962	11495	10589	10456	
Peso del suelo compactado (gr)	3986	3246	2926	4193	3602	3420	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,804	1,420	1,296	1,898	1,576	1,515	
Contenido de humedad							
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	
Recipiente N°	ML-29	C-20	B-11	DS-7	AS	B-6	
Peso del recipiente (gr)	19,10	16,70	16,79	21,80	20,50	17,20	
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	86,72	95,38	96,70	93,46	96,51	95,31	
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	78,89	86,00	87,46	84,78	87,73	86,00	
Peso agua (gr)	7,83	9,38	9,24	8,68	8,78	9,31	
Peso muestra seca	59,79	69,30	70,67	62,98	67,23	68,80	
Contenido de humedad W(%)	13,10	13,54	13,07	13,78	13,06	13,53	
Contenido promedio de humedad W(%)	13,32		13,43		13,30		
Densidad Seca (gr/cm³)	1,592		1,252		1,144		
Porcentaje de Agua Absorbida							
Molde N°			SL-23		M-4		
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación			11495		10589		
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación			11288		10233		
Peso agua absorbida			207		356		
Porcentaje de Agua Absorbida			5,19		10,97		
Ensayo CBR							
Molde N°	SL-23		M-4		G-17		
N° de golpes	56		25		11		
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	Dial	Presión (lb/plg²)	
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	
0,025	128	42,7	64	21,3	15	5,0	
0,050	204	68,0	101	33,7	36	12,0	
0,075	278	92,7	136	45,3	52	17,3	
0,100	349	116,3	174	58,0	76	25,3	
0,150	462	154,0	216	72,0	99	33,0	
0,200	542	180,7	256	85,3	121	40,3	
0,250	611	203,7	263	87,7	133	44,3	
0,300	648	216,0	271	90,3	148	49,3	
0,400	683	227,7	288	96,0	151	50,3	
0,500	692	230,7	292	97,3	159	53,0	



Porcentajes CBR (Corregidos)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad Seca
SL-23	116,33	14,63	1,592	180,67	14,04	1,592
M-4	58,00	7,80	1,252	85,33	7,02	1,252
G-17	25,33	2,53	1,144	40,33	2,69	1,144



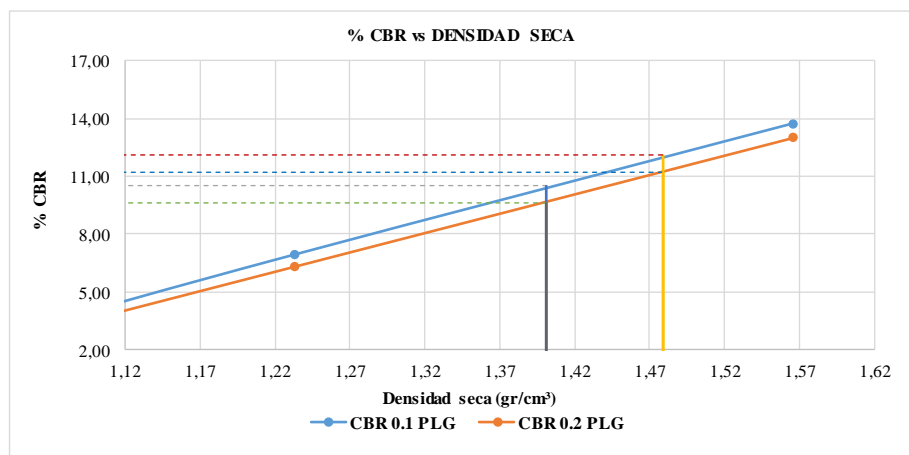
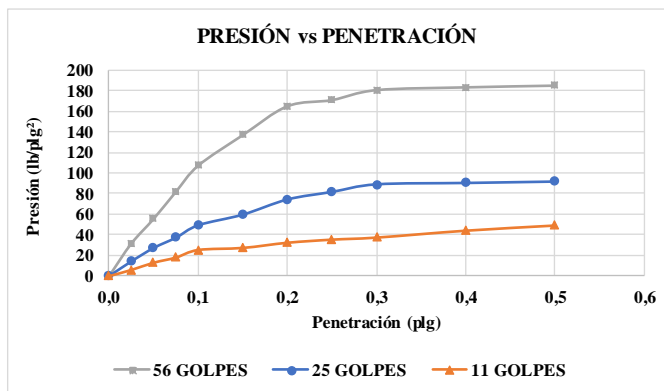
DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,578		
DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	% CBR MAYOR
90%	1,420	11,4	10,5	11,4
95%	1,499	12,9	12,1	12,9

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 57: CBR con 12% de Partículas de caucho

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
Proyecto: EFECTO DE LA ADICIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE SUELOS GRANULARES.												
Provincia:	Tungurahua	N° Muestra	3									
Cantón:	Ambato	Ensayado por:	Gricelda Guanoluisa									
Parroquia:	Montalvo	Revisado por:	Ing. Favio Portilla									
Profundidad:	0,6 m	Coordenadas	17 M, 764601.12 ; 9852888.29									
Apoyo:	LDMS laboratorios											
Descripción	Antes de la Saturación			Después de la Saturación								
N° de capas	5	5	5	5	5	5						
N° de Golpes	56	25	11	56	25	11						
Molde N°	CM-14	M-12	M-6	CM-14	M-12	M-6						
Volumen del molde	2286	2384	2403	2286	2384	2403						
Peso del molde (gr)	7115	7676	7504	7115	7676	7504						
Peso del molde + suelo compactado (gr)	11123	10965	10268	11298	11233	10679						
Peso del suelo compactado (gr)	4008	3289	2764	4183	3557	3175						
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1,753	1,380	1,150	1,830	1,492	1,321						
Contenido de humedad												
Descripción	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	45	ML-27	JL-2	ML-2	ML-16	ML-30	45	ML-30	ML-27	JL-2	ML-2	ML-16
Peso del recipiente (gr)	19,80	16,06	19,56	19,40	20,20	20,40	19,80	20,40	16,06	19,56	19,40	20,20
Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	102,11	100,23	84,72	91,29	96,73	90,76	77,31	93,64	80,64	87,68	107,88	104,20
Peso muestra seca + Recipiente (gr)	93,39	91,12	77,85	83,56	88,67	83,19	69,23	83,14	70,75	77,05	92,85	89,68
Peso agua (gr)	8,72	9,11	6,87	7,73	8,06	7,57	8,08	10,50	9,89	10,63	15,03	14,52
Peso muestra seca	73,59	75,06	58,29	64,16	68,47	62,79	49,43	62,74	54,69	57,49	73,45	69,48
Contenido de humedad W(%)	11,85	12,14	11,79	12,05	11,77	12,06	16,35	16,74	18,08	18,49	20,46	20,90
Contenido promedio de humedad W(%)	11,99		11,92		11,91		16,54		18,29		20,68	
Densidad Seca (gr/cm³)	1,566		1,233		1,028		1,570		1,261		1,095	
Porcentaje de Agua Absorbida												
Molde N°					CM-14		M-12		M-6			
Peso muestra húmeda + Molde después de saturación					11298		11233		10679			
Peso muestra húmeda + Molde antes de saturación					11123		10965		10268			
Peso agua absorbida					175		268		411			
Porcentaje de Agua Absorbida					4,37		8,15		14,87			
Ensayo CBR												
Molde N°	CM-14		M-12		M-6							
N° de golpes	56		25		11							
Penetración en pulgadas	Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)		Dial	Presión (lb/plg²)				
0,000	0,00	0,0		0,00	0,0		0,00	0,0				
0,025	95	31,7		43	14,3		18	6,0				
0,050	167	55,7		82	27,3		39	13,0				
0,075	246	82,0		112	37,3		54	18,0				
0,100	322	107,3		148	49,3		76	25,3				
0,150	411	137,0		179	59,7		82	27,3				
0,200	495	165,0		223	74,3		97	32,3				
0,250	513	171,0		245	81,7		106	35,3				
0,300	542	180,7		267	89,0		112	37,3				
0,400	550	183,3		271	90,3		132	44,0				
0,500	555	185,0		275	91,7		147	49,0				

Porcentajes CBR (Corregidos)								
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	CBR p/g	0,1	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR p/g	0,2	Densidad Seca
CM-14	107,33	13,73		1,566	165,00	13,00		1,566
M-12	49,33	6,93		1,233	74,33	6,29		1,233
M-6	25,33	2,53		1,028	32,33	2,16		1,028



DENSIDAD SECA MÁXIMA:		1,57	
DSM	% CBR 0.1 p/g	% CBR 0.2 p/g	% CBR MA YOR
90%	1,401	10,5	10,5
95%	1,479	12,1	12,1

Fuente: Gricelda Guanoluisa.

ANEXOS

C.2. Fotografias

Anexo 58: Partículas de Caucho



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 59: Extracción de la capa Vegetal



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 60: Excavación de pozo a cielo abierto



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 61: Medición de pozo a cielo abierto



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 62: Calicata



Fuente: Gricelda Guanoluisa.

Anexo 63: Preparación de Ensayo de Cono y Arena



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Anexo 64: Ensayo Cono y Arena



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Anexo 65: Granulometría (Tamizadora)



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Anexo 66: Ensayo de Gravedad Especifica



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Anexo 67: Ensayo de Limite Liquido



Fuente: Gricelda Guanoluisa

Anexo 68: Ensayo de Proctor Modificado



Fuente: Gricelda Guanoluisa