



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Estabilización de suelos aplicando yeso reciclado  
y fibras de yute en un camino carrozable.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor**

Bach. Falen Puicon Cristian Antonio

<https://orcid.org/0000-0003-3390-7496>

**Asesor:**

**Dr. Tepe Atoche Víctor Manuel**

<https://orcid.org/0000-0002-1546-6212>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la  
industria en un contexto de sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y tecnificación en ciencia de los materiales, diseño e  
infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2023**



Universidad  
Señor de Sipán

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de la escuela profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE.**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Falen Puicon, Cristian Antonio	DNI: 46183139	
--------------------------------	---------------	--

Pimentel, 20 de octubre de 2023

## REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE**

AUTOR

**Cristian Antonio Falen Puicon**

RECuento DE PALABRAS

**18350 Words**

RECuento DE CARACTERES

**85640 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**134 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 30, 2023 5:07 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 30, 2023 5:08 PM GMT-5**

### ● 22% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 18% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Cross
- 18% Base de datos de trabajos entregados

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE.**

**Aprobación del jurado:**

---

**MG. CHÁVEZ COTRINA CARLOS OVIDIO**

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

**MG. MEDRANO LIZARSABURU YVAN EITHEL**

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

**MG. REINOSO TORRES JORGE JEREMY**

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres José y María, por estar siempre presentes en todo este periodo de mi formación, y sobre todo por mostrarme que con esfuerzo, dedicación y perseverancia se puede alcanzar lo que uno se propone en la vida.

## **Agradecimientos**

A Dios, por ser la fuerza que me acompañaba día a día para seguir adelante, aún en los momentos más difíciles.

A mis padres José y María, por mostrarme siempre que el camino del estudio es la mejor forma de hacerle frente a la vida.

A mi hermano José y mi sobrino Paolo, por enseñarme que la fe y la perseverancia, son el camino que debemos de seguir para poder superar cualquier adversidad.

A mis tíos y tías, quienes apoyaron en mi formación personal y profesional de una manera desinteresada y con todo el cariño del mundo.

A mis amigos, aquellos que extendieron su mano cuando los necesitaba y permitieron concluir esta investigación de la mejor manera.

## Índice

Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	V
Índice.....	VI
Resumen.....	XVI
Abstract.....	XVII
I. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 Realidad Problemática .....	18
1.2 Formulación de Problema .....	23
1.3 Hipótesis .....	23
1.4 Objetivos.....	23
1.5 Teorías relacionadas al tema.....	24
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	32
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	32
2.2 Variables, Operacionalización .....	32
2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	35
2.4 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos, validez y confiabilidad.....	37
2.5 Procedimiento de análisis de datos.....	38
2.6 Criterios éticos.....	50
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
3.1 Resultados.....	51
3.2 Discusión .....	147
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
4.1 Conclusiones.....	148
4.2 Recomendaciones .....	149
REFERENCIAS.....	150
ANEXOS.....	155

## Índice de tablas

<b>Tabla I.</b> Cantidad de calicatas necesarias para la investigación.....	26
<b>Tabla II.</b> Tipos de suelos.....	30
<b>Tabla III.</b> Clases de Sub rasante.....	31
<b>Tabla IV.</b> Operacionalización de variable dependiente.....	33
<b>Tabla V.</b> Operacionalización de variable independiente.....	34
<b>Tabla VI.</b> Coordenadas UTM de calicatas exploradas.....	35
<b>Tabla VII.</b> Número de ensayos realizados.....	36
<b>Tabla VIII.</b> Normatividad empleada en la investigación.....	37
<b>Tabla IX.</b> Clases de suelos según el Índice de Plasticidad.....	48
<b>Tabla X.</b> Análisis de IMDA.....	52
<b>Tabla XI.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 1.....	53
<b>Tabla XII.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 1.....	54
<b>Tabla XIII.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 01 - calicata 01.....	55
<b>Tabla XIV.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 1.....	55
<b>Tabla XV.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 1.....	56
<b>Tabla XVI.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 1.....	57
<b>Tabla XVII.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 1.....	58
<b>Tabla XVIII.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 1.....	58
<b>Tabla XIX.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 2.....	59
<b>Tabla XX.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 2.....	60
<b>Tabla XXI.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 2.....	61
<b>Tabla XXII.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 2.....	61
<b>Tabla XXIII.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 2.....	62
<b>Tabla XXIV.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 2.....	63
<b>Tabla XXV.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 2.....	64
<b>Tabla XXVI.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 2.....	64
<b>Tabla XXVII.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 3.....	65
<b>Tabla XXVIII.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 3.....	66
<b>Tabla XXIX.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 3.....	67
<b>Tabla XXX.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 3.....	67
<b>Tabla XXXI.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 3.....	68
<b>Tabla XXXII.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 3.....	69
<b>Tabla XXXIII.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 3.....	70
<b>Tabla XXXIV.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 3.....	70
<b>Tabla XXXV.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 4.....	71
<b>Tabla XXXVI.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 4.....	72

<b>Tabla XXXVII.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 4.....	73
<b>Tabla XXXVIII.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 4.....	73
<b>Tabla XXXIX.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 4.....	74
<b>Tabla XL.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 4.....	75
<b>Tabla XLI.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 4.....	76
<b>Tabla XLII.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 4.....	76
<b>Tabla XLIII.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 5.....	77
<b>Tabla XLIV.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 5.....	78
<b>Tabla XLV.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 5.....	79
<b>Tabla XLVI.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 5.....	79
<b>Tabla XLVII.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 5.....	80
<b>Tabla XLVIII.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 5.....	81
<b>Tabla XLIX.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 5.....	82
<b>Tabla L.</b> .....	82
<b>Tabla LI.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 6.....	83
<b>Tabla LII.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 6.....	84
<b>Tabla LIII.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 6.....	85
<b>Tabla LIV.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 6.....	85
<b>Tabla LV.</b> Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 6.....	86
<b>Tabla LVI.</b> Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 6.....	87
<b>Tabla LVII.</b> Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 6.....	88
<b>Tabla LVIII.</b> Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 6.....	88
<b>Tabla LIX.</b> Resumen de resultados de la clasificación de las muestras.....	89
<b>Tabla LX.</b> Resumen de resultados del análisis de peso específico de suelo natural.....	91
<b>Tabla LXI.</b> Resultados del análisis de densidad del yeso reciclado.....	91
<b>Tabla LXII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural.....	92
<b>Tabla LXIII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del suelo natural.....	93
<b>Tabla LXIV.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% fibras de yute.....	94
<b>Tabla LXV</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% fibras de yute.....	95
<b>Tabla LXVI</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% fibras de yute.....	96
<b>Tabla LXVII</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% fibras de yute.....	97
<b>Tabla LXVIII</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% fibras de yute.....	98
<b>Tabla LXIX</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% fibras de yute.....	99

<b>Tabla LXX</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% fibras de yute.....	100
<b>Tabla LXXI</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% fibras de yute. ....	101
<b>Tabla LXXII</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.5% de yeso reciclado.....	102
<b>Tabla LXXIII</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.5% yeso reciclado.....	103
<b>Tabla LXXIV</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 5.0% de yeso reciclado.....	104
<b>Tabla LXXV</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 5.0% yeso reciclado.....	105
<b>Tabla LXXVI</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 7.5% de yeso reciclado.....	106
<b>Tabla LXXVII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 7.5% yeso reciclado.....	107
<b>Tabla LXXVIII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 10.0% de yeso reciclado.....	108
<b>Tabla LXXIX.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 10.0% yeso reciclado.....	109
<b>Tabla LXXX.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado. ....	110
<b>Tabla LXXXI.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado. ....	111
<b>Tabla LXXXII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado. ....	112
<b>Tabla LXXXIII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado. ....	113
<b>Tabla LXXXIV.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado. ....	114
<b>Tabla LXXXV.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado. ....	115
<b>Tabla LXXXVI.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado. ....	116
<b>Tabla LXXXVII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.....	117
<b>Tabla LXXXVIII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado. ....	118
<b>Tabla LXXXIX.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado. ....	119
<b>Tabla XC.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.....	120
<b>Tabla XCI.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado. ....	121

<b>Tabla XCII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado. ....	122
<b>Tabla XCIII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado. ....	123
<b>Tabla XCIV.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado. ....	124
<b>Tabla XCV.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado. ....	125
<b>Tabla XCVI.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado. ....	126
<b>Tabla XCVII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado. ....	127
<b>Tabla XCVIII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado. ....	128
<b>Tabla XCIX.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado. ....	129
<b>Tabla C.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado. ....	130
<b>Tabla CI.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado. ....	131
<b>Tabla CII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado. ....	132
<b>Tabla CIII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado. ....	133
<b>Tabla CIV.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado. ....	134
<b>Tabla CV.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado. ....	135
<b>Tabla CVI.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado. ....	136
<b>Tabla CVII.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado. ....	137
<b>Tabla CVIII.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado. ....	138
<b>Tabla CIX.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado. ....	139
<b>Tabla CX.</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado. ....	140
<b>Tabla CXI.</b> Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado. ....	141
<b>Tabla CXII.</b> Resumen de resultados de CBR. ....	142
<b>Tabla CXIII.</b> Análisis de desviación estándar y coeficiente de variación de las fibras de yute. ....	145
<b>Tabla CXIV.</b> Análisis de desviación estándar y coeficiente de variación del yeso reciclado. ....	146

## Índice de figuras

<b>Fig. 1</b> Fibras de yute.....	29
<b>Fig. 2</b> Diagrama de flujo de procesos para la muestra de suelo. ....	38
<b>Fig. 3</b> Diagrama de flujo de procesos para el yeso reciclado. ....	39
<b>Fig. 4</b> Diagrama de flujo de procesos para las fibras de yute.....	40
<b>Fig. 5</b> Diagrama de flujo de procesos para combinación la muestra de suelo – yeso reciclado y fibras de yute.....	41
<b>Fig. 6</b> Mapa de ubicación del lugar de exploración. ....	42
<b>Fig. 7</b> Clasificación vehicular de camino carrozable – sector La Joyita.....	51
<b>Fig. 8</b> Frecuencia de vehículos diarios en una semana. ....	51
<b>Fig. 9</b> Curva granulométrica muestra 1 – calicata 1.....	54
<b>Fig. 10</b> Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 1.....	55
<b>Fig. 11</b> Curva granulométrica muestra 2 – calicata 1.....	57
<b>Fig. 12</b> Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 1.....	58
<b>Fig. 13</b> Curva granulométrica muestra 1 – calicata 2.....	60
<b>Fig. 14</b> Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 2.....	61
<b>Fig. 15</b> Curva granulométrica muestra 2 – calicata 2.....	63
<b>Fig. 16</b> Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 2. ....	64
<b>Fig. 17</b> Curva granulométrica muestra 1 – calicata 3.....	66
<b>Fig. 18</b> Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 3. ....	67
<b>Fig. 19</b> Curva granulométrica muestra 2 – calicata 3.....	69
<b>Fig. 20</b> Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 3. ....	70
<b>Fig. 21</b> Curva granulométrica muestra 1 – calicata 4.....	72
<b>Fig. 22</b> Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 4. ....	73
<b>Fig. 23</b> Curva granulométrica muestra 2 – calicata 4.....	75
<b>Fig. 24</b> Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 4. ....	76
<b>Fig. 25</b> Curva granulométrica muestra 1 – calicata 5.....	78
<b>Fig. 26</b> Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 5. ....	79
<b>Fig. 27</b> Curva granulométrica muestra 2 – calicata 5.....	81
<b>Fig. 28</b> Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 5. ....	82
<b>Fig. 29</b> Curva granulométrica muestra 1 – calicata 6.....	84
<b>Fig. 30</b> Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 6. ....	85
<b>Fig. 31</b> Curva granulométrica muestra 2 – calicata 6.....	87
<b>Fig. 32</b> Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 6. ....	88
<b>Fig. 33</b> Perfil estratigráfico de las calicatas analizadas.....	90
<b>Fig. 34</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural. ....	92
<b>Fig. 35</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural.....	93
<b>Fig. 36</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% fibras de yute.....	94
<b>Fig. 37</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural - 0.5% fibras de yute....	95
<b>Fig. 38</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% fibras de yute.....	96
<b>Fig. 39</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 1.0% fibras de yute...97	

<b>Fig. 40</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% fibras de yute.....	98
<b>Fig. 41</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 1.5% fibras de yute...99	99
<b>Fig. 42</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% fibras de yute.....	100
<b>Fig. 43</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 2.0% fibras de yute.101	101
<b>Fig. 44</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.5% de yeso reciclado.....	102
<b>Fig. 45</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 2.5% fibras de yute.103	103
<b>Fig. 46</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 5.0% de yeso reciclado.....	104
<b>Fig. 47</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 5.0% yeso reciclado. ....	105
<b>Fig. 48</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 7.5% de yeso reciclado.....	106
<b>Fig. 49</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 7.5% yeso reciclado. ....	107
<b>Fig. 50</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 10% de yeso reciclado.....	108
<b>Fig. 51</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 10.0% yeso reciclado. ....	109
<b>Fig. 52</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado. ....	110
<b>Fig. 53</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.....	111
<b>Fig. 54</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado. ....	112
<b>Fig. 55</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.....	113
<b>Fig. 56</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado. ....	114
<b>Fig. 57</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.....	115
<b>Fig. 58</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado. ....	116
<b>Fig. 59</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado. ....	117
<b>Fig. 60</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado. ....	118
<b>Fig. 61</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.....	119
<b>Fig. 62</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado. ....	120
<b>Fig. 63</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.....	121

<b>Fig. 64</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.....	122
<b>Fig. 65</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.....	123
<b>Fig. 66</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.....	124
<b>Fig. 67</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado. ....	125
<b>Fig. 68</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.....	126
<b>Fig. 69</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.....	127
<b>Fig. 70</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.....	128
<b>Fig. 71</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.....	129
<b>Fig. 72</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.....	130
<b>Fig. 73</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.....	131
<b>Fig. 74</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.....	132
<b>Fig. 75</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado. ....	133
<b>Fig. 76</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.....	134
<b>Fig. 77</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.....	135
<b>Fig. 78</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.....	136
<b>Fig. 79</b> Resultados de CBR – suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.....	137
<b>Fig. 80</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.....	138
<b>Fig. 81</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.....	139
<b>Fig. 82</b> Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.....	140
<b>Fig. 83</b> Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado. ....	141
<b>Fig. 84</b> Resultados de CBR al 95% de una muestra de suelo con adición de fibras de yute.....	143
<b>Fig. 85</b> Resultados de CBR al 95% de una muestra de suelo con adición de yeso reciclado.....	143

<b>Fig. 86</b> Resultados de CBR al 95% de una muestra de suelo con adición de fibras de yute y yeso reciclado. ....	144
<b>Fig. 87</b> Grafica de la desviación estándar y coeficiente de variación de las fibras de yute. ....	145
<b>Fig. 88</b> Grafica de la desviación estándar y coeficiente de variación del yeso reciclado. ....	146
<b>Fotografía 1</b> Obtención de las fibras de yute. ....	246
<b>Fotografía 2</b> Corte de las fibras de yute. ....	246
<b>Fotografía 3</b> Obtención del yeso reciclado (Drywall). ....	247
<b>Fotografía 4</b> Pulverizado de las planchas de yeso reciclado. ....	247
<b>Fotografía 5</b> Adquisición de moldes para ensayo CBR. ....	248
<b>Fotografía 6</b> Estratos de la calicata 1. ....	248
<b>Fotografía 7</b> Verificación de la calicata 1. ....	249
<b>Fotografía 8</b> Muestras extraídas de la Calicata 1. ....	249
<b>Fotografía 9</b> Estratos de la calicata 2. ....	250
<b>Fotografía 10</b> Verificación de la calicata 2. ....	250
<b>Fotografía 11</b> Muestras extraídas de la Calicata 2. ....	251
<b>Fotografía 12</b> Estratos de la calicata 3. ....	251
<b>Fotografía 13</b> Verificación de la calicata 3. ....	252
<b>Fotografía 14</b> Muestras extraídas de la Calicata 3. ....	252
<b>Fotografía 15</b> Estratos de la calicata 4. ....	253
<b>Fotografía 16</b> Verificación de la calicata 4. ....	253
<b>Fotografía 17</b> Verificación de calicata 5. ....	254
<b>Fotografía 18</b> Muestras extraídas de la Calicata 5. ....	254
<b>Fotografía 19</b> Estratos de la calicata 6. ....	255
<b>Fotografía 20</b> Muestras extraídas de la Calicata 6. ....	255
<b>Fotografía 21</b> Secado de las muestras extraídas. ....	256
<b>Fotografía 22</b> Muestras de suelo secas. ....	256
<b>Fotografía 23</b> Ensayo de contenido de humedad. ....	257
<b>Fotografía 24</b> Ensayo de granulometría. ....	257
<b>Fotografía 25</b> Ensayo de límite líquido. ....	258
<b>Fotografía 26</b> Ensayo de límite plástico. ....	258
<b>Fotografía 27</b> Muestras secas para los ensayos de límite líquido y plástico. ....	259
<b>Fotografía 28</b> Análisis de peso específico. ....	259
<b>Fotografía 29</b> Tamizado del material extraído. ....	260
<b>Fotografía 30</b> Calibración de moldes para ensayo CBR. ....	260
<b>Fotografía 31</b> Saturación del material para ensayo de proctor modificado. ....	261
<b>Fotografía 32</b> Ensayo de Proctor modificado. ....	261
<b>Fotografía 33</b> Pesaje de la muestra. ....	262
<b>Fotografía 34</b> Combinación de suelo natural con yeso reciclado. ....	262
<b>Fotografía 35</b> Ensayo de CBR en una muestra de suelo natural. ....	263
<b>Fotografía 36</b> Combinación de suelo natural con fibras de yute. ....	263
<b>Fotografía 37</b> Ejemplar de una muestra de suelo con la adición de fibras de yute. ....	264

<b>Fotografía 38</b> Combinación de yeso reciclado y fibras de yute a una muestra de suelo natural. ....	264
<b>Fotografía 39</b> Distribución de yeso reciclado y fibra de yute en la muestra de suelo. ....	265
<b>Fotografía 40</b> Llenado de molde de CBR con la muestra. ....	265
<b>Fotografía 41</b> Enrasado de molde para realizar el pesado. ....	266
<b>Fotografía 42</b> Ensayo de CBR en un suelo con adición de yeso reciclado y fibras. ....	266

# ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE.

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar el contenido óptimo de yeso reciclado y fibras de yute para estabilizar un suelo con propiedades mecánicas deficientes; dado que actualmente es cada vez más difícil encontrar suelos que cumplan con las características adecuadas para ejecutar un proyecto de ingeniería, especialmente cuando se desea construir un camino carrozable; asimismo se considera que existe un inadecuado manejo de residuos sólidos como las placas de yeso, que son utilizadas como paredes en edificaciones, pero que lentamente se convierten en una nueva fuente de contaminación a nivel mundial. De igual forma se viene estudiando materiales eco amigables como las fibras de yute, que permitan mejorar la resistencia de un suelo blando. Para el estudio se realizó la toma de muestras en el camino carrozable que une la vía de evitamiento con la urbanización la Arboleda, ubicada en el sector La Joyita en el distrito de Pimentel.

Se analizaron porcentajes de fibras de yute en un rango de 0.5% y 2.0%, y de yeso reciclado entre 2.5% y 10%. Para comprobar la resistencia mecánica de cada combinación se realizó el ensayo de CBR; de la prueba se determinó que la adición de 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado fue la más favorable, con la cual se incrementó en 173% el valor de CBR al 95%. Concluyendo que la adición de ambos materiales mejora significativamente las características geotécnicas de un suelo arcilloso, siendo una propuesta valiosa para la gestión de residuos sólidos.

**Palabras clave:** *Yeso reciclado, fibras de yute, propiedades mecánicas, camino carrozable, CBR.*

## Abstract

The present research aims to determine the optimal content of recycled gypsum and jute fibers to stabilize a soil with poor mechanical properties; given that it is currently increasingly difficult to find soils that meet the appropriate characteristics to execute an engineering project, especially when you want to build a road; It is also considered that there is inadequate management of solid waste such as plasterboard, which is used as walls in buildings, but which is slowly becoming a new source of pollution worldwide. Likewise, eco-friendly materials such as jute fibers are being studied, which allow improving the resistance of a soft floor. For the study, samples were taken on the motorized road that connects the avoidance road with the La Arboleda urbanization, located in the La Joyita sector in the Pimentel district.

Percentages of jute fibers were analyzed in a range of 0.5% and 2.0%, and of recycled gypsum between 2.5% and 10%. To check the mechanical resistance of each combination, the CBR test was carried out; From the test it was determined that the addition of 1.5% jute fibers and 7.5% recycled gypsum was the most favorable, with which the CBR value increased by 173% to 95%. Concluding that the addition of both materials significantly improves the geotechnical characteristics of a clay soil, being a valuable proposal for solid waste management.

**Keywords:** *Recycled plaster, jute fibers, mechanical properties, paved road, CBR.*

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática

Los investigadores [1] mencionan que existe un gran problema cuando las cantidades de arcilla en un suelo no son controladas adecuadamente, puesto que en estado de saturación suelen ablandarse, desintegrarse y eventualmente colapsar, así también [2] sostienen que el nivel freático representa un inconveniente para la ejecución de carreteras, especialmente en áreas pantanosas que contienen vegetación, debido a que el nivel de agua debilita el suelo que soporta las cargas del pavimento y de los vehículos que circulan sobre la carretera. Dicho con palabras de [3] la sensibilidad a la humedad del suelo provoca cambios volumétricos que producen graves daños a la estructura, igualmente [4] consideran que las propiedades ineficientes de un suelo expansivo, son un desafío para todo ingeniero civil que desee diseñar y construir sobre estos.

Desde la posición de [5] los suelos con propiedades deficientes de resistencia mecánica, permeabilidad, comprensibilidad, durabilidad y plasticidad, producen un problema cuando se desea construir una obra. Además, indica que el material más usado para consolidar un suelo es el cemento, pero la elaboración de este insumo emite gases contaminantes que perjudican el planeta.

Por otro lado [6] sostienen que el manejo de residuos sólidos es un problema mundial, sobre todo con las placas de yeso utilizadas como paredes en el sector construcción, las cuales llegan en cantidades exorbitantes a los vertederos de todo el mundo, [7] afirman que la producción de yeso fosforado a nivel internacional es de 280 millones de toneladas por año, donde solo el 15% se recicla en tratamientos de suelos y materiales de construcción, lo restante son evacuados al mar o se almacenan sin ningún fin conocido, [3] revelan que algo similar ocurre en China, donde la producción de yeso fosforado aumenta aceleradamente, con una tasa de 70 millones de toneladas por año, siendo útil solo el 15% del total, ya que se considera un subproducto en la producción de fertilizantes, el porcentaje restante son desechos que generan la contaminación de agua y suelo.

De acuerdo con [8] solo en la unión europea se genera cerca de 855 millones de toneladas durante el año de restos de construcción, pudiendo ser una alternativa interesante el reemplazo de materiales basados en cemento portland por residuos de construcción y fibras naturales para estabilizar un suelo, [9] lamentablemente el

estudio de los suelos estabilizados con fibras ha sido ignorado por investigadores, lo que restringe el uso de estos materiales en los diferentes tipos de obras civiles, estos materiales pueden mejorar las características mecánicas de suelos débiles, buscando una disminución de la fragilidad y aumentando la resistencia.

De igual modo [10] mencionan que las fibras de yute son materiales fácilmente disponibles, ecológicos y rentables, además que su incorporación a un suelo permite mejorar los valores de CBR y reducir el grosor de la capa de pavimento, considerándose una técnica económica en comparación a los métodos ordinarios.

Según [11] la combinación aleatoria de fibras naturales con el suelo, se considera una técnica de refuerzo eficaz, debido a que las fibras se agregan y mezclan con el suelo de la misma manera que otros aditivos como el cemento, cal o cenizas volantes. La técnica imita el comportamiento de las raíces de las plantas, cambiando las características físicas del suelo, manteniendo la resistencia y no teniendo un efecto desfavorable sobre el medio ambiente. Como señalan [12] las fibras naturales generan mejoras a las características mecánicas del suelo por intermedio del roce que se da entre las fracciones que conforman el suelo y las fibras, [13] indican que el yute es una fibra natural suave, brillante y larga que se extrae de la planta del mismo nombre, luego del algodón es la planta con mayor producción y variedad de usos, asimismo brindan una resistencia extensible, ya sea como geotextil o con su uso moderado para reforzar un suelo.

Dicho con palabras de [14] para que un país pueda alcanzar el desarrollo, no basta con un crecimiento económico, depende mucho de su infraestructura vial; ya que una vía conecta a su población de una manera más rápida, permitiendo el intercambio comercial fluido. Las razones por la cual nuestro país no cuenta con vías de calidad es porque los suelos a nivel de subrasante no presentan la resistencia adecuada por la presencia de arcillas y limos, [15] los denominados suelos arcillosos, son una clase de suelo que durante el proceso constructivo generan problemas en las vías de comunicación en nuestro país, por sus pequeños valores de soporte y su desequilibrio, esto se puede apreciar cuando las partículas del suelo se propagan y luego se contraen con la presencia de agua.

Según [16] los problemas que atraviesan los proyectos viales, se debe a la generación de vacíos y la poca resistencia al soporte de un suelo, esto por falta o

por errores en los análisis previos a la realización del proyecto, en el cual analizan las características físicas y condiciones de entorno del suelo, las que permitirán tomar decisiones apropiadas dentro de la ejecución, [17] para lograr el eficiente traslado de vehículos y la mejora en el intercambio de mercadería dentro de un país, es necesario que las vías se encuentren en buen estado, siendo la estabilización de suelos un punto importante; que se puede conseguir con el uso de materiales naturales, brindando una ayuda ambiental, técnica y económica. Por otro lado [18] manifiestan que cada día se incrementa la cantidad de desechos generados por plantaciones luego de la cosecha, estos residuos se podrían reutilizar como materia orgánica para optimizar la resistencia de un suelo y reducir el impacto ambiental.

En antecedentes internacionales, Al-Adili et al. [19] en su investigación tuvieron como objetivo principal el empleo de yeso reciclado para estabilizar una arcilla blanda. En su metodología utilizaron yeso reciclado en porcentajes entre 0% y 15% en intervalos de 5%, donde valoraron la compresibilidad y capacidad de resistencia de un suelo, dentro de sus resultados se determinó que adicionando 5% de yeso reciclado, la resistencia pasa de 137 kPa de una muestra sin tratar a 365 kPa de una muestra tratada, lo que representa un incremento de 166%. Concluyendo que la incorporación de yeso reciclado optimiza las características de una arcilla blanda, en una proporción no mayor al 5%.

Işık et al. [20] en su estudio establecieron como objetivo evaluar el desempeño del yeso a modo de aditivo para el tratamiento de suelos denominados arcillosos expansivos. En su metodología proponen que para estabilizar un suelo arcilloso se debe considerar porcentajes de 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10.0% de yeso y que se compacten con el contenido de agua óptimo. Los resultados conseguidos al adicionar 10% de yeso, demostraron que la resistencia a la compresión no confinada mejoró de 58.7 kPa de una muestra natural a 80.1 kPa de una muestra tratada, incrementando en 36% la resistencia a la compresión. Concluyendo que el yeso es un agente efectivo para estabilizar un suelo arcilloso expansivo.

Kumar et al. [11] establecieron como objetivo de su investigación, valorar la añadidura de fibras de yute en las características geotécnicas de un suelo expansivo. En su metodología manejaron porcentajes de fibras de yute entre 0.25% y 1.5%, en intervalos de 0.25%. El resultado indica que cuando se incorpora 1.25%

de fibras de yute, el valor de CBR mejora de 1.9% de una muestra sin tratar a 5% de una muestra tratada. Concluyendo que las fibras de yute incrementan en 163% el valor CBR, brindando mejoras en las características geotécnicas de un suelo expansivo, siendo esta una solución rentable.

Wei et al. [12] en su investigación asumieron como objetivo comprobar el contenido óptimo y longitud de las fibras de yute para optimizar la firmeza de un suelo calcáreo. La metodología empleada incorpora porcentajes entre 0.1% y 0.3% de fibras de yute, a las que se le realizó el ensayo de compresión triaxial. El resultado de resistencia a compresión no confinada muestra un aumento de 107% al adicionar 0.25% de fibras de yute, pasando de 150 kPa de una muestra sin tratar a 310 kPa de una muestra tratada. Concluyen que las fibras de yute optimizan la resistencia y las propiedades desviadoras de tensión-deformación de un suelo calcáreo.

Ashfak et al. [10] en su estudio tuvieron como objetivo evaluar si la adición de fibras de yute mejorase el valor CBR y de ser posible reducir el espesor de un pavimento. La metodología utiliza las fibras de yute en proporciones entre 0.5% y 2.0%, con intervalos de 0.5%, para estabilizar un suelo expansivo y comprobar su resistencia mediante la prueba de CBR. Los resultados revelan que al incorporar 1.5% de fibras, el valor de CBR del suelo aumenta de 1.75% a 5.41%. Concluyendo que las fibras de yute son un material eficaz para estabilizar un suelo de algodón negro.

En su investigación Dang et al. [21] proponen como objetivo analizar la influencia de fibras naturales y un material cementante en las propiedades de un suelo expansivo. En su metodología manipularon fibras de bagazo de caña en proporciones de 0.5%, 1% y 2%, con longitud entre 0.3 mm y 13.8 mm, incluyendo cal hidratada en proporciones de 2.5% a 9%. El resultado de la resistencia a la compresión pasó de 280 kPa a 480 kPa al adicionar 0.5% de fibras de caña y 6.25% de cal hidratada, lo que representa un incremento de 71% de la resistencia. Finalmente concluyen que el aumento a la resistencia de la adición combinada de fibras – cal hidratada es mayor que las fibras de bagazo de caña sola.

En investigaciones a nivel nacional, Silva et al. [8] tuvieron como objetivo principal analizar el desarrollo de materiales de construcción ecológicos con altas propiedades mecánicas utilizando desechos y residuos industriales. La

metodología utiliza una matriz de geopolímero a partir de residuos de polvo de ladrillo de arcilla cocida reforzada con fibras yute entre 0.5 y 2.0 % y de fibras de sisal entre 0.5 y 3.0 %, sometidas a pruebas de compresión, tracción y flexión. Los resultados muestran que la incorporación de 2.5% de fibras de sisal aumentan la resistencia hasta 76%, 112% y 270%, y 1.5% de fibras de yute aumenta la resistencia hasta 45%, 222% y 64% en tensión, flexión y compresión respectivamente. Concluyendo que la adición de fibras de yute como de sisal conducen a un cambio de una falla quebradiza a una más dúctil en todas las pruebas mecánicas.

[22] en su investigación el objetivo principal fue verificar la influencia de las fibras de yute en la resistencia de un afirmado. La metodología consiste en reforzar el suelo con fibras de yute en porcentajes entre 0.5 – 1%, con longitudes de 20 mm y 1 mm de diámetro. Los resultados muestran que al adicionar 1% de fibras de yute el valor CBR pasó de 92.3% a 113%. Concluye que las fibras de yute optimizan las propiedades de un material de afirmado con un porcentaje de 1%.

En antecedentes a nivel local, Bonifacio et al. [23] tuvieron como objetivo efectuar una comparación económica y técnica para analizar la resistencia de una carretera no pavimentadas, haciendo uso de cemento, cloruro de magnesio y cloruro de calcio. En su metodología incorporaron cloruro de calcio y cloruro de magnesio en proporciones de 1%, 2% y 3% y cemento en porcentajes de 3%, 7% y 12% al agregado pétreo procedente de la cantera Cachinche y cerro Escute. Los principales resultados de CBR se consiguieron con la inclusión de 2% de cloruro de calcio, 4% de cloruro de magnesio y 8% de cemento. Concluyendo que la aplicación de cemento, cloruro de magnesio y cloruro de calcio son factibles para optimizar el CBR de las canteras analizadas.

Carranza [16] tuvo como objetivo principal examinar el efecto del yeso y cal en la estabilización de un camino carrozable. La metodología empleada incorporo porcentajes de 2%, 3% y 5% de yeso y cal de forma independiente a una muestra de suelo natural, a todas las adiciones se le realizaron los ensayos de CBR. Teniendo como resultado que al adicionar 5% de yeso y cal el valor CBR al 95% paso de 7.7 a 18.4, incrementando su resistencia en 139%. Concluyendo que ambos materiales aportan significativamente a la resistencia mecánica de un suelo areno arcilloso.

## **1.2 Formulación de Problema**

¿Cuál será la variación en las propiedades de un suelo estabilizado con yeso reciclado y fibras de yute?

## **1.3 Hipótesis**

### **Hipótesis general**

La incorporación combinada de yeso reciclado y fibras de yute permite mejorar la resistencia mecánica de un suelo inestable.

### **Hipótesis específica**

- A mayor porcentaje de yeso reciclado el suelo requiere mayor contenido de humedad.
- A mayor proporción de fibras de yute el suelo requiere mayor contenido de humedad.

## **1.4 Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un estudio para identificar el contenido óptimo de yeso reciclado y fibra de yute para la estabilización de un camino carrozable.

### **Objetivos específicos**

- Identificar las características físicas y mecánicas de los suelos a usar en el presente estudio, por medio de los ensayos respectivos.
- Determinar el porcentaje óptimo de yeso reciclado para la estabilización del suelo en análisis, con el ensayo de CBR.
- Determinar el porcentaje óptimo de fibra de yute para la estabilización del suelo en estudio, con el ensayo de CBR.
- Determinar proporción óptima de yeso reciclado y fibra de yute para la estabilización del suelo en análisis, con el ensayo de CBR.

## **1.5 Teorías relacionadas al tema**

### **Estabilización**

[24] Son los métodos utilizados para perfeccionar las características mecánicas y de durabilidad de un material, son aplicadas muchas veces en el campo de la ingeniería. Siendo las cimentaciones de plataforma una de las más destacadas, permitiendo mejorar el terreno natural y la estructura que soportara.

[25] Precisa estabilización como el procedimiento para optimizar las características mecánicas de los suelos, reduciendo la sensibilidad al momento de tener contacto con el agua, mejorando sus características a través de la resistencia y estabilización en el tiempo.

### **Estabilización de suelos**

[26] Es el tratamiento o procedimientos a los que son sometidos los terrenos naturales, con los que se busca mejorar las cualidades mecánicas, transformando al suelo en una capa durable y estable, que puede resistir el tránsito y los climas variables a lo que son sometidos, garantizando el comportamiento geotécnico de la estructura.

Según [27] la estabilización de suelos son los pasos que se siguen con la finalidad de modificar un suelo o agregado, llegando a tener un material mejorado que es parte de la distribución del pavimento.

Como plantea [28] para estabilizar un suelo puede hacerse de manera química, física o ambas sobre un terreno, con la finalidad de optimizar sus características. En la parte geotécnica se busca que sea apto para la construcción de una estructura, todo esto usando agentes estabilizadores.

### **Caminos carrozables**

[29] Se le denomina a la clase más baja de los caminos para vehículos. En donde el movimiento de tierras es el mínimo y acceso es de solo un vehículo, [30] se le puede considerar como una vía terrestre transitable pero que por sus características geométricas no llega a tener los parámetros para ser considerada una carretera precisamente. (p.30)

Este tipo de vías transitables no alcanzan las peculiaridades geométricas de una carretera, pues tienen un Índice medio diario anual menor a 200 veh/día. Las calzadas deben cumplir un ancho mínimo de 4.00 m, y por lo menos cada 500 m

deben de poseer ensanches denominados plazoletas de cruce. Además, es posible que la carpeta de rodadura sea afirmada o sin afirmar. [31]

### **Exploración de suelos**

[32] Es la investigación de suelos donde se realizará la visita al terreno y posteriormente se programa la exploración e indagación de campo en toda la vía.

El programa incluye la realización de calicatas, que deberán obtenerse de cada estrato en cantidades suficientes que sea significativo para el diseño y la construcción. La tabla 1 muestra el total de calicatas que se necesitan según el tipo de carretera.

**Tabla I.**

Cantidad de calicatas necesarias para la investigación.

<b>Clase de Carretera</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Número de mínimo de Calicatas</b>
<b>Autopista: Carretera con IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto.	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		Calzada 4 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
<b>Carreteras Duales o Multicarril: Carreteras con IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto.	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		Calzada 4 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
<b>Carreteras de Primera Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto.	4 calicatas x km
<b>Carreteras de Segunda Clase: Carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto.	3 calicatas x km
<b>Carreteras de Tercera Clase: Carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto.	2 calicatas x km
<b>Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDA <math>\leq</math> 200 veh/día, de una calzada.</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto.	1 calicatas x km

*Nota:* En la tabla se muestra el número de calicatas que se deben realizar según el tipo de carretera y su índice medio diario anual.

## **Yeso**

[33] Es el sulfato de calcio, un compuesto inorgánico con la fórmula química  $\text{CaSO}_4$ , que forma parte de la composición típica del cemento Portland, se utiliza para dificultar la tasa de hidratación de los minerales de aluminato de calcio. La hidratación de aluminatos de calcio en agua da como resultado la producción de hidrogranate y la generación de una cantidad significativa de calor. La presencia de yeso puede obstruir esta reacción y evitar un "ajuste de flash" prematuro de pasta de cemento a altas temperaturas. El yeso también puede cambiar la conductividad hidráulica de los suelos y reducen la hinchazón potencial de arcillas expansivas.

Según [34] el yeso es un material nuevo y a la vez tradicional, que fue usado desde hace muchos años pero que cuenta con aplicaciones en la actualidad, por lo que las nuevas técnicas y la investigación sobre su fabricación van renovándose con el tiempo, donde sus diversos derivados se pueden considerar como no habituales. Es un producto variable puesto que, al adicionar aditivos, se logra productos con diferentes características y de múltiples aplicaciones, que se usan en condiciones de humedad, en forma de morteros (tarrajeo de cielorrasos y paredes), o en forma de elementos prefabricados secos como ladrillos.

## **Yeso reciclado**

[35] Es un producto proveniente de los desechos de yeso, es uno de los residuos que se ha utilizado recientemente para mejorar el suelo en diferentes proyectos como terraplenes y carreteras.

Como afirma [36], el yeso reciclado que proviene de los residuos de yeso, se puede utilizar como material de cementación alternativo para mejora de suelos en proyectos de movimiento de tierras. El yeso reciclado, que procede de las placas de yeso de desecho, mejora la firmeza del suelo y es aceptable principalmente en el caso de la resistencia a la compresión.

## **Fibras naturales**

[37] Es un material que se consigue de las vegetaciones y luego se convierten en hilos mediante el hilado. Ante la putrefacción que puede sufrir la tela, es necesario el tratamiento con otro tipo de materiales resistentes como las fibras sintéticas, en las diferentes condiciones que se pueda encontrar el suelo sin afectar su fuerza y otras propiedades. Las fibras de coco, yute y bonote son conocidas por

mejorar las características de resistencia de un suelo, control de erosión en taludes y aplicación de drenaje.

Como señala [38] las fibras de origen orgánico ya se han propuesto en publicaciones con anterioridad. Considerándola como una forma de estabilización de suelos amigable con el medio ambiente y de costo bajo. Siendo su uso prometedor para los países en desarrollo, donde mencionadas fibras se obtienen de restos frutales y plantas que se usan en la industria alimenticia.

Desde la apreciación de [39] las fibras naturales se dividen en tres tipos de origen: vegetal, mineral o animal. Este tipo de materiales se obtiene de recursos ecológicos, que poseen un costo menor y la energía utilizada es poca al momento de obtenerlo. Además, que existe una disminución de sustancias contaminantes en su fabricación y, en general, generan menores impactos ambientales. (p.17)

En la opinión de [40] el estudio de fibras naturales en ingeniería para optimizar las características de un suelo posee diversos beneficios, debido a que están disponibles a nivel local, son ecológicos, Bio-degradables y económicos. El uso de fibras naturales en suelos granulares y arcillosos, permite que la resistencia a la tracción mejore de forma significativa, de igual manera que el CBR y otras características de ingeniería del suelo. (p.2)

### **Fibras de yute**

[41] El yute conocido también como *Corchorus capsularis*, pertenece a la familia de las malváceas, siendo una planta herbácea fibrosa, el clima donde se cultiva es generalmente tropical, son India y Bangladés los principales productores. Su uso en la producción de geotextiles porosos se debe a la capacidad de filtración, estabilización de suelos y drenaje. Investigaciones han podido demostrar que las fibras de yute reducen el peso volumétrico y el contenido de humedad incrementa de forma óptima. (p.48)

Según [42] las fibras de yute son unas de fibras naturales que mejor desempeño muestra para trabajos de ingeniería, considerándola como la fibra del futuro por ser un sustituto amigable ecológicamente con respecto a las fibras sintéticas, que tienen un uso poco sostenible. (p.137)

[43] En su investigación define a las fibras de yute como fibras tejidas mecánicamente con hilos muy finos, cuyos diámetros varían de 2 a 10 mm. [44] expresa que las fibras de yute se obtienen de las plantas *Corchorus* pertenecientes

a la familia de los Tiliaceae. Se recolecta localmente de la piel de planta. Es usado ampliamente, gracias a su resistencia química, excelente adhesión y la resistencia a altas temperaturas; así también es conocida la fibra de yute por su resistencia a flexión y contracción, al impacto y al corte artificial; mejorando todas estas propiedades agregando agentes químicos que reducen la adsorción de humedad, permitiendo que las fibras mejoren su comportamiento.

Para poder obtener las fibras de yute se requiere ciertas condiciones, como el clima cálido y un terreno tipo arcillo – arenoso. Después de tres o cuatro meses de su germinación la planta florece, y antes de que maduren los frutos, se procede a trozar los tallos a la altura del suelo. Una vez cortadas las plantas separan las partes leñosas de los que son las fibras de yute y se procede a secar a una temperatura de unos 30°. Este proceso puede demorar tres semanas y se requiere se ejecute adecuadamente, en caso contrario, la fibra quedaría pegajosa, difícil de hilar y con poco brillo. Las fibras de yute tienen entre uno y cuatro metros de longitud y son de un color blanco amarillento, amarillo o castaño. Después del secado la fibra de yute estará lista para su venta. [45]



**Fig. 1** *Fibras de yute*

*Nota:* La figura muestra las fibras de yute utilizadas en la presente investigación.

## Granulometría

[32] La granulometría es la distribución de las dimensiones que tiene el agregado a través del tamizado, siguiendo las especificaciones dictadas por el MTC (MTC E-107). El ensayo granulométrico posee por objetivo determinar los tamaños de las otras partículas que componen un material seleccionando, según el tamaño que presente tal como se muestra en la **tabla II**.

Según [46] el estudio granulométrico tiene como finalidad comprobar la distribución cuantitativa de los tamaños de partículas de un terreno. De tal forma que la técnica describe los porcentajes que un suelo llega a pasar por los diferentes tamices de la serie usada en el ensayo, hasta la medida de 75  $\mu\text{m}$  (No.200). (p.59)

**Tabla II.**

Tipos de suelos.

<b>Material</b>		<b>Dimensión de las Partículas</b>
<b>Grava</b>		75 mm - 4.75 mm
<b>Arena</b>	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
<b>Material Fino</b>	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

*Nota:* La tabla muestra la clasificación del suelo según las dimensiones de sus partículas.

## Proctor modificado

[47] El ensayo de proctor modificado posee como objetivo principal, determinar el contenido de humedad óptimo de un suelo al momento de ser compactado a una energía determinada. Dicha humedad es el porcentaje de agua con la que la consistencia del suelo es máxima, es decir que contenido de agua es la que se aumentará para llegar a la compactación máxima con una energía específica.

[48] Define la prueba de proctor modificado como los pasos que se siguen en el laboratorio para una compactación, y así comprobar la relación del peso unitario y humedad óptima de un suelo seco al ser compactado en un molde de

diámetro de 101.6 mm o 152.4 mm con un pistón de 44.5 N de una altura de 457 mm, resultando una energía de compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup>.

## **CBR**

[49] Definen el CBR como la correlación entre la presión para que el pistón penetre en el terreno a una establecida hondura y la que se usaría para llegar esa misma profundidad en una muestra guía de piedra chancada, expresada en porcentaje.

En la opinión de [50] considera que el índice California Bearing Ratio es el método empírico con la cual logramos obtener la resistencia y deformación de un suelo, este indicativo se ha relacionado con la manera de interactuar de la estructura de pavimento para llegar a parámetros con los que se puede guiar al seleccionar un espesor de la estructura.

[51] La capacidad portante de un terreno se le denomina como la fuerza que es capaz de resistir sin que se originen deformaciones. El patrón para determinarlo es el índice CBR (p.17), valor con el cual se puede clasificar a la sub rasante del terreno, tal como se muestra en la **tabla III**.

**Tabla III.**

Clases de Sub rasante.

<b>Categorías de Sub rasante</b>	<b>CBR</b>
Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub rasante insuficiente	3% ≤ CBR < 6%
Sub rasante regular	6% ≤ CBR < 10%
Sub rasante buena	10% ≤ CBR < 20%
Sub rasante muy buena	20% ≤ CBR < 30
Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

*Nota:* La tabla muestra la clasificación de la sub rasante según el porcentaje de CBR que posee el suelo.

## **II. MATERIALES Y MÉTODO**

### **2.1 Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación**

Para conocer de manera confiada la realidad por medio de la recopilación y análisis de datos, se realizó una investigación cuantitativa, con lo que se podría responder a las incógnitas y tratar las hipótesis de la investigación. El tipo de estudio se basa en la comprobación numérica, conteo y continuamente el uso de la estadística para determinar con precisión el desenvolvimiento de una población.

#### **Diseño de investigación**

Debido a que la hipótesis se comprueba a través del manejo “deliberado” de las variables por parte del investigador. Se considera en este estudio una investigación experimental. El estudio establecerá la correlación causa - efecto de un fenómeno.

### **2.2 Variables, Operacionalización**

#### **Variable dependiente**

Estabilización de suelos

#### **Variable independiente**

Yeso reciclado

Fibra de yute

#### **Operacionalización**

**Tabla IV.**

Operacionalización de variable dependiente.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>Estabilización de suelos.</b>	Técnica utilizada para mejorar las propiedades mecánicas de un suelo, de manera que pueda soportar las cargas aplicadas sobre él.	Elaboración de ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo.	Propiedades Físicas	Granulometría	Tamiz	-	Numérica	Razón
				Contenido de humedad	Hidrómetro	%		
			Peso Especifico	Balanza	g/cm <sup>3</sup>			
			Propiedades Mecánicas	CBR	Prensa	%		

*Nota:* La tabla muestra los conceptos e indicadores de la variable dependiente de la investigación.

**Tabla V.**

Operacionalización de variable independiente.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>Yeso Reciclado.</b>	Analizar la influencia de yeso reciclado sobre las propiedades mecánicas de suelo blando.	Elaboración de ensayos para determinar las variaciones en las propiedades mecánicas de un suelo con la adición de yeso reciclado.	Porcentaje de adición de yeso reciclado.	2.5	Formatos y ensayos del laboratorio de materiales	%	Numérica	Razón
				5.0		%		
				7.5		%		
				10.0		%		
				Propiedades Físicas		Peso Específico		
<b>Fibras de yute</b>	Analizar la influencia de las fibras de yute sobre las propiedades mecánicas de suelo blando.	Elaboración de ensayos para determinar las variaciones en las propiedades mecánicas de un suelo con la adición de fibras de yute.	Porcentaje de adición de fibras de yute.	0.5	Formatos y ensayos del laboratorio de materiales	%	Numérica	Razón
				1.0		%		
				1.5		%		
				2.0		%		
				Longitud de las fibras de yute.		20.0		

*Nota:* La tabla muestra los conceptos e indicadores de la variable independiente de la investigación.

## 2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

### Población

Esta investigación tuvo una población que fue determinada por suelos encontrados en la exploración de 6 calicatas que fueron realizadas en el camino carrozable que une la vía de Evitamiento hasta la habilitación urbana “La Arboleda de Pimentel” exactamente en el sector “La Joyita” en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque, y según rige en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se debe hacer dos calicatas por Km para el sondeo de suelos en carreteras de bajo volumen de tránsito.

Las calicatas exploradas se detallan en las siguientes coordenadas.

**Tabla VI.**

Coordenadas UTM de calicatas exploradas.

<b>CUADRO COORDENADAS UTM DE CALICATAS</b>			
<b>DATUM WGS84 - ZONA 17M</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	622953.581	9247542.057	CALICATA 01
2	623364.912	9247790.388	CALICATA 02
3	623830.552	9247970.566	CALICATA 03
4	624284.861	9248171.736	CALICATA 04
5	624760.143	9248312.196	CALICATA 05
6	625702.212	9248585.891	CALICATA 06

*Nota:* La tabla muestra las coordenadas este y norte de las calicatas estudiadas.

### Muestra

La muestra estudiada estuvo conformada por un total de 75 testigos cilíndricos de suelo, a los que se les realizó el ensayo de CBR; donde cada combinación analizada fue sometida a diferentes energías de compactación (12, 26 y 55 golpes) haciendo un total 03 testigos por combinación. Las muestras fueron distribuidas de la siguiente manera, 03 muestras de suelo natural, 12 muestras con añadidura de fibras de yute con longitudes de 20 mm en porcentajes de 0.5 %, 1 %, 1.5%, 2%, 12 muestras con adición de yeso reciclado en porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 48 muestras en combinación de yeso reciclado y fibras de yute en los porcentajes mencionados anteriormente.

## Muestreo de ensayos

**Tabla VII.**  
Número de ensayos realizados

Descripción	Cantidad de Especímenes (12, 26 y 55 golpes)	Días de Inmersión
Suelo Natural	3	4
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm	3	4
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm	3	4
Suelo / Yeso reciclado 2.5%	3	4
Suelo / Yeso reciclado 5.0%	3	4
Suelo / Yeso reciclado 7.5%	3	4
Suelo / Yeso reciclado 10.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	3	4
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%	3	4
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	3	4
Total	75	100

*Nota:* La tabla muestra el número de especímenes elaborados para cada combinación de suelo con fibras de yute y yeso reciclado.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos, validez y confiabilidad

### Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

**Observación:** Se analizaron los resultados que produce la incorporación de yeso reciclado y las fibras de yute en un suelo, además de anotar los resultados temporales que se obtenían, estos resultados se consiguieron por medio de ensayos normalizados de laboratorio.

**Análisis de documentos:** Se tomaron como referencia tesis, revistas, libros, etc. afines a la investigación.

### Instrumentos de recopilación de datos, validez y confiabilidad.

Las guías de análisis, fueron formatos de recolección de datos de los ensayos de laboratorio, con la finalidad de tener un registro de los resultados conseguidos según los ensayos ejecutados.

Las guías de documentos, contiene la norma técnica peruana, las que determinan detalles convenientes en cuanto a la realización de pruebas de laboratorio a fin de alcanzar resultados con cierto grado de confianza.

### Guías de observación

- a) Formato para análisis granulométrico.
- b) Formato para límites de consistencia.
- c) Formato para determinación de Proctor modificado.
- d) Formato para determinación de índice CBR.

### Guía para análisis documental

Está conformado por las normativas empleadas en esta investigación.

**Tabla VIII.**

Normatividad empleada en la investigación.

Descripción	Código
Contenido de Humedad	NTP 339.127
Análisis granulométrico	NTP 339.128
Límites de Atterberg	NTP 339.129
Peso específico	NTP 339.131
Clasificación SUCS	NTP 339.134
Grado de compactación de terreno	NTP 339.141
Índice de CBR	NTP 339-145

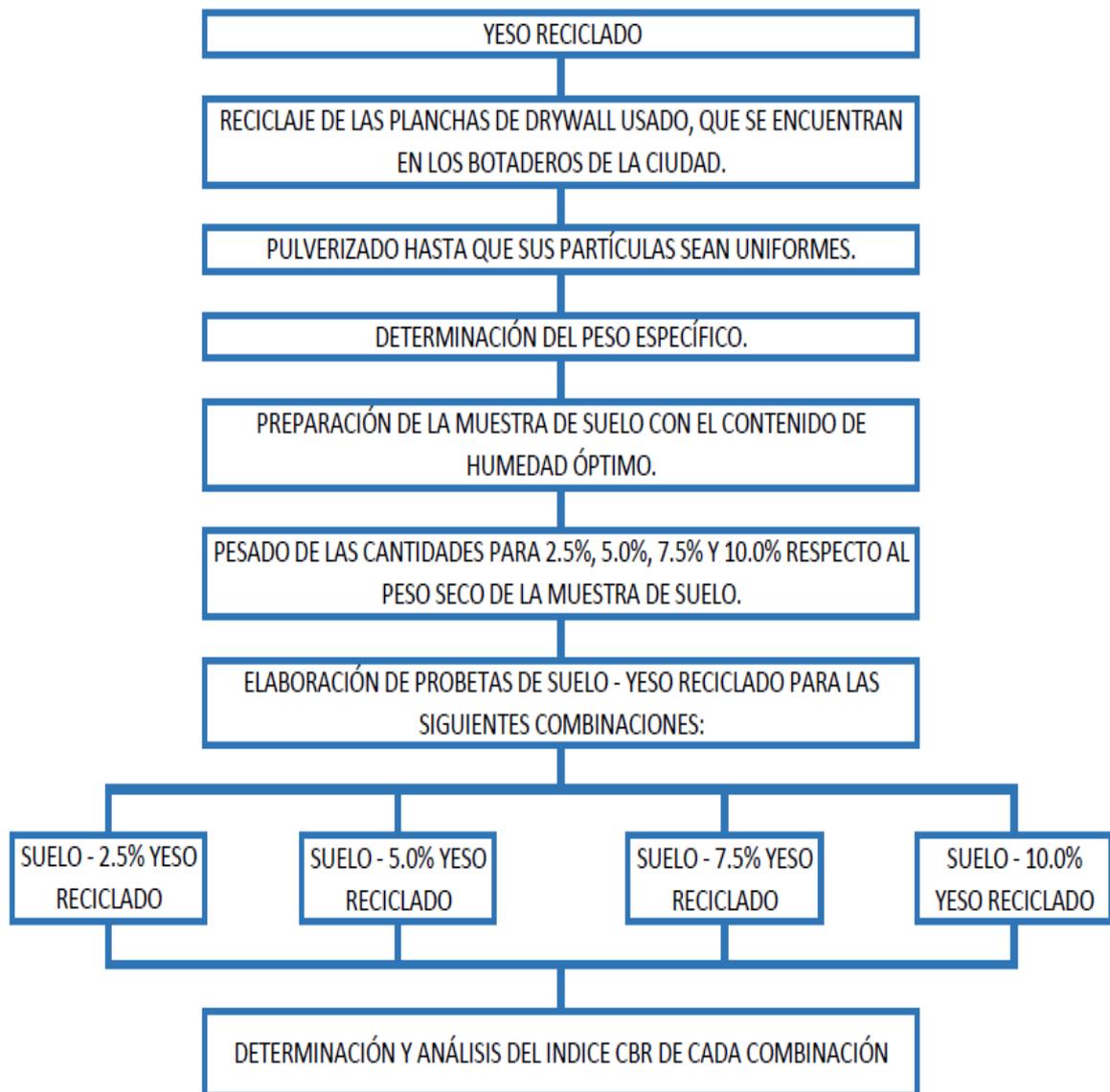
*Nota:* La tabla muestra las normas técnicas peruanas utilizadas para cada ensayo de la presente investigación.

## 2.5 Procedimiento de análisis de datos



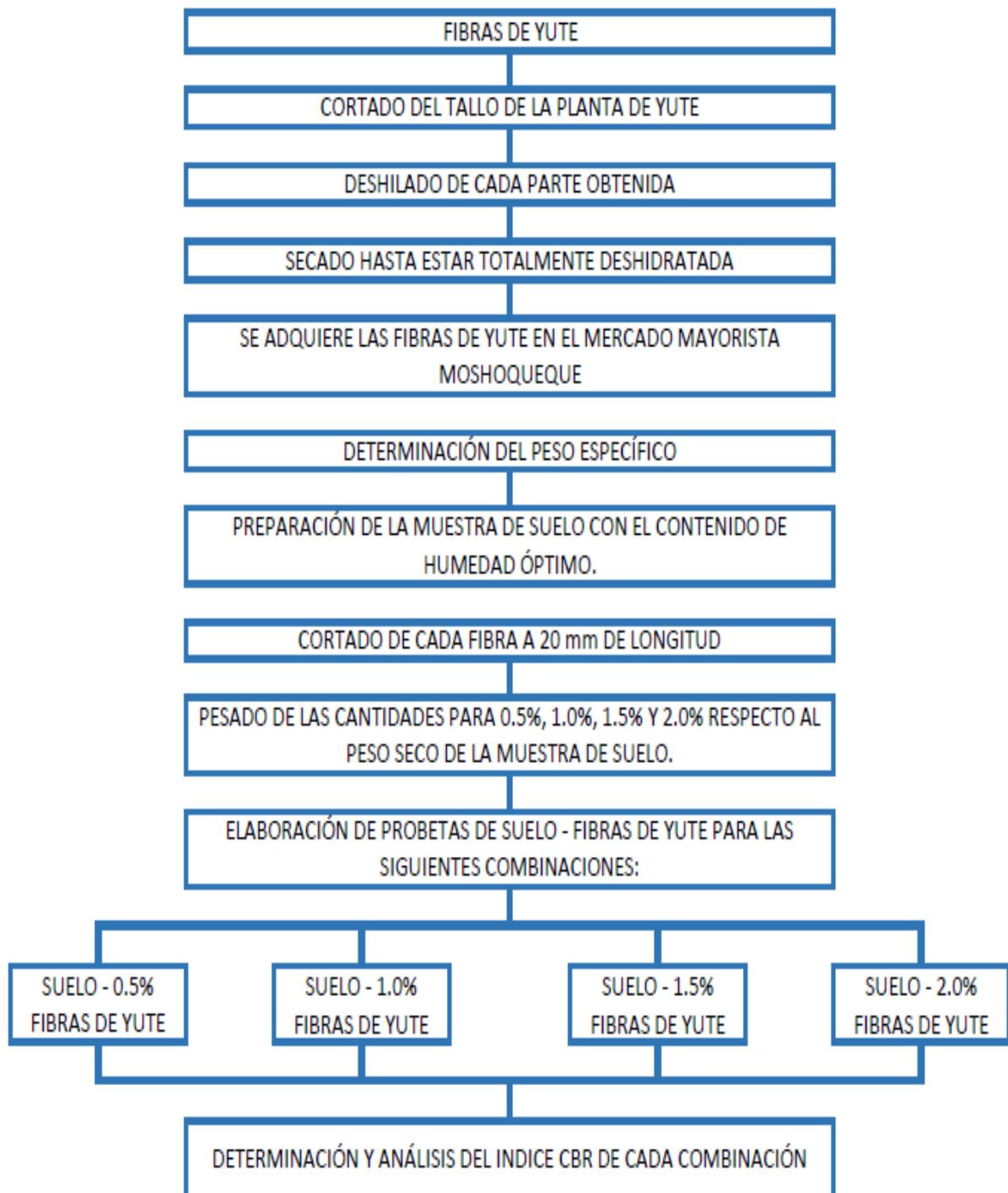
**Fig. 2** Diagrama de flujo de procesos para la muestra de suelo.

*Nota:* En la figura se observa los procedimientos que se siguieron para poder determinar el índice de CBR de un suelo natural.



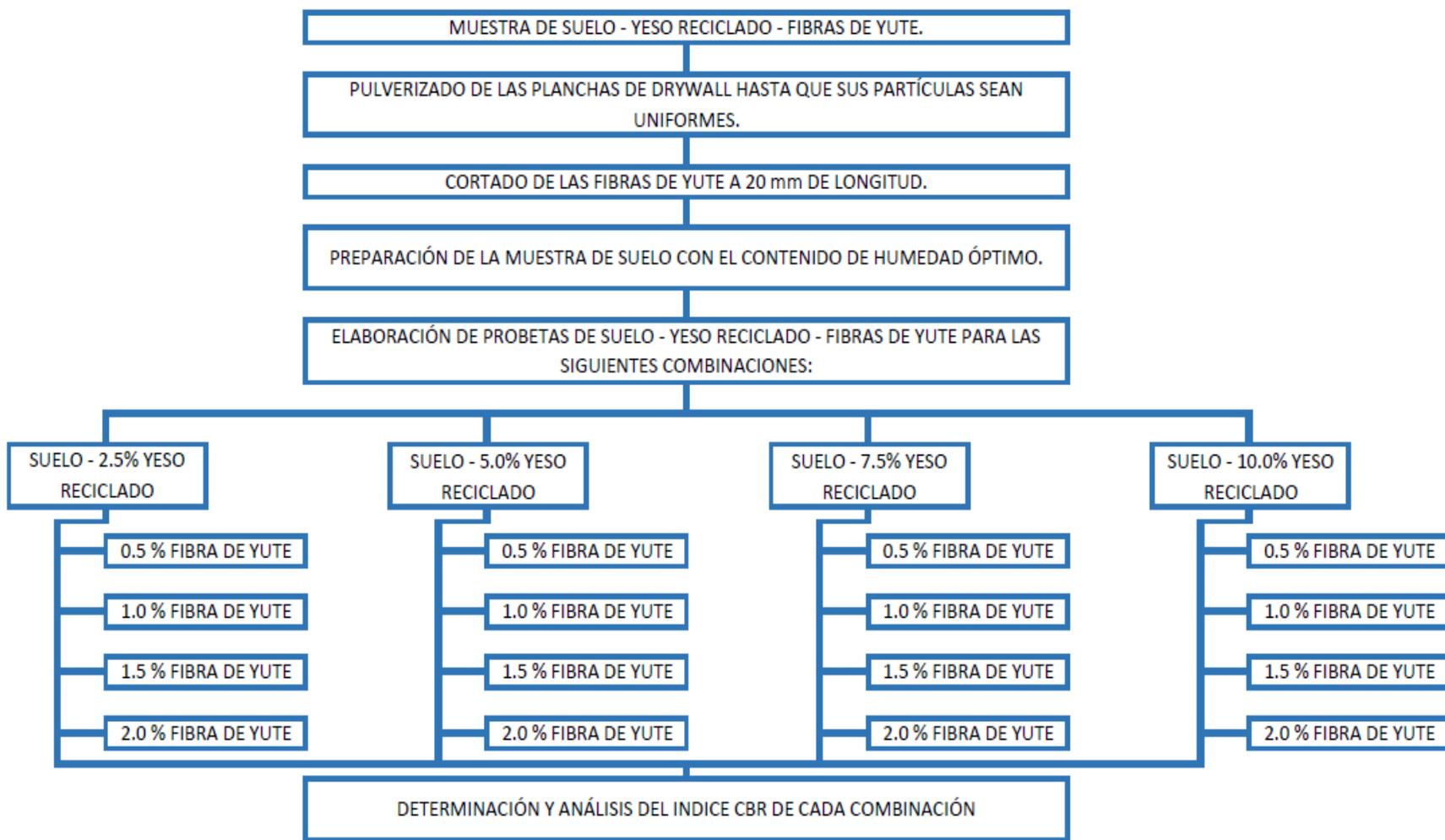
**Fig. 3** Diagrama de flujo de procesos para el yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se observa los procedimientos que se siguieron para poder determinar el índice de CBR de un suelo natural en combinación con 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10.0 % de yeso reciclado.



**Fig. 4** Diagrama de flujo de procesos para las fibras de yute.

*Nota:* En la figura se observa los procedimientos que se siguieron para poder determinar el índice de CBR de un suelo natural en combinación con 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0 % de fibras de yute.



**Fig. 5** Diagrama de flujo de procesos para combinación la muestra de suelo – yeso reciclado y fibras de yute.

*Nota:* En la figura se observa los pasos para determinar el índice CBR del suelo con adición de yeso reciclado y fibras de yute.

## Descripción de procesos

### Ubicación del terreno

Para determinar el lugar de exploración se recurrió al mapa geotécnico de la ciudad de Chiclayo realizado por el Instituto Nacional de Defensa Civil, donde se identifica que el sector IV es la zona donde ubicamos los suelos denominados blandos. (Anexo 1). Posteriormente se efectuó la visita al terreno, ubicado en el camino carrozable que une la Vía de Evitamiento hasta la habilitación urbana “La Arboleda de Pimentel” (3.0 Km), precisamente en el sector la Joyita, en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo en el departamento de Lambayeque.



**Fig. 6** Mapa de ubicación del lugar de exploración.

*Nota:* La figura muestra el tramo de la carretera donde se realizó la investigación.

### Estudio de tráfico

Con la intención de proporcionar información básica para establecer los indicadores de tráfico, se realizó el estudio de tránsito, que nos permitió clasificar la carretera según su IMDA.

Se realizó el trabajo de campo durante siete días consecutivos, con la intención de poder clasificar los vehículos por sentido de tráfico y según su tipo, las estaciones de conteo de origen - destino, se ubicaron en el Km. 0+000 (Urb. La Arboleda – Pimentel).

El cálculo del Índice Medio Diario Anual I.M.D.A. para la presente investigación se determinó empleando la fórmula:

$$IMDA = \frac{\sum (V_i + \dots + V_n)}{7} \times FCE$$

**Donde:**

**V<sub>i</sub>... V<sub>n</sub>:** Volúmenes de tráfico anotado en los conteos desde el día i Hasta n.

**FCE:** Es el factor de corrección estacional

### **Obtención de las muestras**

Se consiguieron las muestras al realizar las calicatas a lo largo del tramo del camino carrozable, en longitudes específicas como son, el kilómetro 0+010, 0+500, 1+000, 1+500, 2+000 y 3+000. Las dimensiones fueron de 1.50 m x 1.50 m, a una profundidad de excavación de 1.50 m, se tomó muestras representativas de los suelos con la intención de realizar los diferentes ensayos de laboratorio. Las muestras se colocaron en bolsas térmicas para mantenerlas inalteradas y conseguir la humedad natural, seguidamente se pudo extraer 300 Kg de material de cada punto, para someterlas a los distintos ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos, como son contenido de humedad, límites de Atterberg, proctor modificado y CBR.

### **Obtención de fibras de yute**

Las fibras de yute se extraen del tallo de la planta del mismo nombre, estas fibras a diferencia de otras, no pueden ser sumergidas en alguna sustancia química como un álcali, porque se debilitan debido a la extracción de hemicelulosa dentro de la estructura de la fibra, pero si pasan por un tiempo de secado respectivo. Sus longitudes son entre 30 y 80 centímetros, con un espesor de 1 mm de diámetro. Las fibras de yute para nuestro estudio, fueron obtenidas en el mercado mayorista Moshoqueque, donde hasta la actualidad se sigue trabajando con mantos que tienen como materia prima las fibras mencionadas. Para nuestro análisis las fibras serán cortadas a 20 mm de longitud, luego serán combinadas con las muestras de suelo natural en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% respecto al peso de la muestra. Luego se elaboran las probetas de cada combinación, para finalmente determinar cuál de los porcentajes muestra una mejora significativa en el ensayo de CBR.

### **Obtención del yeso reciclado**

La obtención del yeso reciclado se realizó en los botaderos de la ciudad de Chiclayo, hasta donde llegan materiales de construcción que son desechados una vez cumplido su tiempo de uso, el material es comúnmente conocido como planchas de Drywall, utilizados para realizar trabajos de construcción, como separación de ambientes o techados, debido a su alta demanda para la construcción de espacios temporales, se puede considerar una nueva fuente de contaminación en nuestra ciudad. Las planchas de yeso reciclado serán pulverizadas hasta que sus partículas sean uniformes, para posteriormente combinarlas con las muestras de suelo, en porcentajes de 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10.0% respecto al peso de la muestra. Luego se elaboran las probetas de cada combinación, para finalmente determinar cuál de los porcentajes muestra una mejora significativa en el ensayo de CBR.

### **Obtención del índice CBR de la combinación de una muestra de suelo, yeso reciclado y fibras de yute.**

La muestra de suelo debe estar preparada con el contenido de humedad óptimo, que se obtuvo de la prueba de proctor modificado. Se deben preparar 4 combinaciones de yeso reciclado con una proporción de 2.5%, a cada una se les adiciona 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de fibras de yute. Se debe realizar el mismo procedimiento para los porcentajes de 5.0%, 10.0% y 15.0% de yeso reciclado, combinado con los porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de fibras de yute. En total se elaborarán 16 probetas, para finalmente determinar cuál de los porcentajes muestra una mejora significativa en el ensayo de CBR.

### **Elaboración de ensayos de laboratorio**

En la investigación, se analizaron las propiedades mecánicas y físicas del suelo, por medio de los ensayos ejecutados en el laboratorio de mecánica de suelos.

Entre los ensayos elaborados tenemos los siguientes:

#### **Contenido de humedad**

##### **Objetivo**

El ensayo tiene como objetivo, calcular la cantidad de humedad natural de las muestras extraídas, para lo cual las muestras serán preservadas y transportadas en bolsas de plástico. Durante el almacenamiento se debe prever o

minimizar la condensación de la humedad de la muestra. Este ensayo se ejecutará según la norma NTP 339.127. (ASTM D2216).

Los ensayos para obtener el contenido de humedad natural, serán de 1 por cada calicata, haciendo un total de 4 ensayos, a una profundidad de 1.50 m.

### **Procedimiento**

1. Se inicia con el pesado de las taras vacías,
2. Posteriormente se ubica las muestras en las taras y nuevamente se vuelve a pesar.
3. Dejamos los recipientes con muestra húmeda por 24 horas en el horno.
4. Posteriormente, retiramos las muestras y las pesamos, para finalmente hacer los cálculos pertinentes.

### **Análisis granulométrico**

#### **Objetivo**

Este análisis posee por objetivo medir la repartición de las dimensiones de las partículas que forman parte de un suelo. De tal forma que se conozca las proporciones de suelo que pasan por los diferentes tamices de la serie utilizada en el ensayo, hasta el No.200. Este ensayo se ejecutará según la norma NTP 339.128. (ASTM D 422).

Los ensayos para el análisis granulométrico, serán de 1 por cada calicata, haciendo un total de 4 ensayos, a una profundidad de 1.50.

### **Procedimiento**

1. Se tomará y pondrá a secar un espécimen representativo del suelo, previamente se debe cuartear y disgregar.
2. Las muestras se pasarán de la malla mayor a la malla menor.
3. Se pesará el suelo que queda en cada malla y se anotará cada resultado.
4. Todo el procedimiento anterior se realizará hasta llegar a la malla N°04, el suelo que pasa este tamiz, se elegirá alrededor de 500 a 1000 gramos.
5. Se procede a secar la muestra para obtener 200 gramos, luego se coloca en un recipiente de aluminio y relleno con agua. De seguir teniendo grumos el suelo, corresponde dejar reposar por un día.
6. Sacudir el suelo utilizando el alambón con punta redondeada, en forma de un “ocho” alrededor de quince minutos.

7. Para eliminar los finos se debe desocupar el líquido encima la malla N°200.
8. Al material que quede amontonado se debe de echar agua hasta cinco veces, con la finalidad de obtener un espécimen de suelo limpio.
9. Se llevará la muestra al horno, para luego enfriar y pasar por las mallas N°08 y N°200.
10. Pesar y anotar el material que queda en cada malla.

## **Límites de Atterberg**

### **Objetivo**

Establecer los límites del rango de humedad en los cuales el suelo se conserva en estado plástico. Así mismo se podrá seleccionar el suelo según la clasificación SUCS.

Los límites de consistencia determinan la relación de un suelo con su contenido de humedad, precisando los límites convenientes a las cuatro etapas de consistencia según su humedad y según esto se puede presentar un suelo: líquido, plástico, semisólido o sólido. Los límites de Atterberg calculan la cohesión del suelo, como son el límite líquido, plástico y de contracción.

La ejecución de los límites de Atterberg se debe realizar en el suelo que pasa el tamiz N°40. Esta prueba se ejecutará según la norma NTP 339.129.

### **Límite Líquido**

Los ensayos para obtener el límite líquido, serán de 1 por cada calicata, haciendo un total de 4 ensayos, aplicando la NTP 339.129.

### **Procedimiento**

1. Inicialmente se debe pasar suelo por el tamiz N°40, luego vaciarlo en una vasija y seguidamente humedecerlo por un día antes de continuar con los siguientes pasos.
2. Pesar seis taras de aluminio, de las cuales cuatro serán para el límite líquido y dos para el límite plástico.
3. Para el límite líquido el suelo se debe mezclar en la vasija de porcelana, hasta crear una mezcla manejable. A continuación, se coloca en la copa de Casagrande esparciendo la muestra del centro hacia los costados, de manera que quede una superficie plana en el centro.

4. Cortar en el centro de la muestra de suelo, utilizando el ranurador, de forma perpendicular a la copa.
5. Se golpea la copa con una repetición de dos por segundo, hasta que los taludes del material se acoplen aproximadamente 13 mm. Se debe contar y registrar. Se deberá conseguir la condición indicada con 4 a 40 golpes, de esta forma se considera el ensayo bien realizado. Se aconseja que esto se alcance al menos una vez en los sucesivos intervalos de golpes: entre 30 y 40, 20 y 30, 10 y 20; entre 4 y 10 golpes. Al instante de dibujar el número de golpes vs la cantidad de agua, los puntos deben quedar apartados entre ellos y se pueda precisar de una mejor forma la curva de fluidez.
6. Se deberá introducir los especímenes al horno para establecer el contenido de humedad.
7. En el momento en que el suelo posea la humedad conveniente al límite líquido, se rellenará en tres capas un molde rectangular, proporcionándole los golpes precisos para excluir el aire atrapado, inmediatamente se deberá enrasar, limpiar y pesar.

### **Límite Plástico**

Los ensayos para obtener el límite plástico, serán de 1 por cada calicata, haciendo un total de 4 ensayos, aplicando la NTP 339.129.

### **Procedimiento**

1. Se debe realizar con la muestra menos húmeda una esfera de 1.5 cm de diámetro.
2. Luego se deberá realizar un cilindro con la esfera formada, colocando la muestra en una plancha de vidrio con un diámetro de 3.2 mm.
3. De presentarse múltiples agrietamientos en la muestra, se determina que el suelo está en su límite plástico. La muestra será secada y se establecerá la cantidad de humedad del espécimen.
4. De no cumplirse con lo anteriormente mencionado, se repetirá el procedimiento hasta conseguir el estado anterior.

## Índice de Plasticidad

El ensayo se ejecutó según la NTP 339.129, la medición del índice de plasticidad, es la diferencia del límite líquido y el límite plástico. Expresado con la siguiente formula:

$$IP = LL - LP$$

Este índice nos indica el grado de contenido de humedad en el cual un suelo se encuentra en estado plástico, accediendo clasificar el suelo. Según el índice de plasticidad podemos clasificar a los suelos de la siguiente manera:

**Tabla IX.**

Clases de suelos según el Índice de Plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico	Suelos exentos de arcilla

*Nota:* En la tabla se muestra el tipo de suelo según el índice de plasticidad que presente.

## Proctor modificado

### Objetivo

Este ensayo tiene como objetivo comprobar el grado de compacidad del suelo, aplicando una determinada energía con la finalidad de impedir asentamientos cuando se ejerza una fuerza procedente del peso de una estructura. Este ensayo se ejecutará según la NTP 339.141.

El ensayo de proctor modificado se realizará para cada una de las calicatas exploradas, haciendo un total de 4 ensayos.

### Procedimiento

1. Una muestra de suelo se debe secar al horno o al aire libre.
2. Posteriormente se debe partir el suelo, cerca de unos 35 kilogramos, en partes de 5 a 6 kg del suelo que ha haya pasado el tamiz  $\frac{3}{4}$ ".
3. Combinar alguna de las cantidades con un porcentaje inicial de 3% de agua.

4. El molde debe contener el collar, el cual será rellenado en cinco capas y en cada una se dará 25 golpes en torno al collar.
5. Retirar el collar y enrasar.
6. Se deberá pesar el material junto con el molde y la base.
7. De la parte central sacada del molde se tomará una muestra con la que se determinará el contenido de humedad.
8. Calcular la humedad.
9. Se conseguirá valores de densidad y humedad, se deberá encontrar hasta 5 puntos.
10. Finalmente, la humedad óptima promedio se obtendrá interpolando los resultados de cada una de las calicatas, dichos resultados se analizarán mediante una gráfica que contendrá una ecuación aproximada de dispersión, dicha ecuación permitirá encontrar la humedad óptima promedio.

## **Relación de Soporte California (CBR)**

### **Objetivo**

Este ensayo tiene por objetivo la evaluación de la resistencia de la subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados que pueden ser usados en pavimentos de vías. Los valores obtenidos son parte integral de otras técnicas de diseño de un pavimento flexible. El ensayo se ejecutará según la NTP 339-145.

### **Procedimiento**

1. Previamente se debe haber determinado la humedad óptima y densidad máxima de las muestras a través del ensayo Proctor modificado.
2. Incluir agua a una muestra para conseguir la humedad óptima.
3. La muestra se compacta en tres moldes CBR, con un diámetro de 15,24 cm y de altura de 17,78 cm. La muestra se compacta en tres capas por molde, la energía de compactación será de 12, 25 y 56 golpes por capa en una maza de 2,5 kg que se deja caer desde una altura de 305 mm.
4. Seguidamente se nivela el molde, desmontamos y volvemos a montar en sentido contrario.
5. Se pone la plancha perforada y el vástago con los pesos para calcular la sobrecarga.

6. Ubicar el trípode de medida en el borde del molde, concordando con el vástago del micro comparador.
7. Se debe tomar medidas diariamente del micro comparador, mínimo cuatro días.
8. Retirar la muestra del agua, escurrir y secar al aire libre.
9. Aplicar peso sobre el pistón de penetración por medio de la prensa CBR y anotar las lecturas. El deslizamiento entre la base y el cabezal se debe poder manejar a una velocidad constante de 1,27 mm por minuto.
10. Una vez finalizado el ensayo se debe mostrar los resultados en un esquema de densidad seca e índice CBR. Es necesario exponer los datos de compactación, humedad, densidad, hinchamiento y absorción.

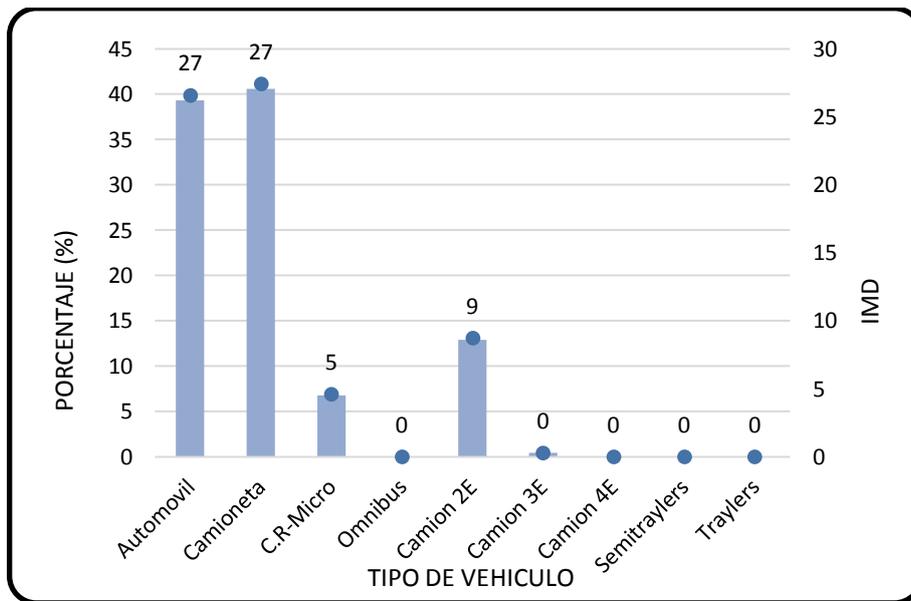
## **2.6 Criterios éticos**

El desarrollo de este estudio se compromete a respetar la propiedad intelectual, citando y referenciando de manera adecuada todos aquellos textos y formatos que han sido un aporte para la investigación. Así también, todas las fases de esta actividad científica están conducidas en base a los principios generales y específicos establecidos en los Art. 5 y Art. 6 en el código de Ética en Investigación de la USS S.A.C.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

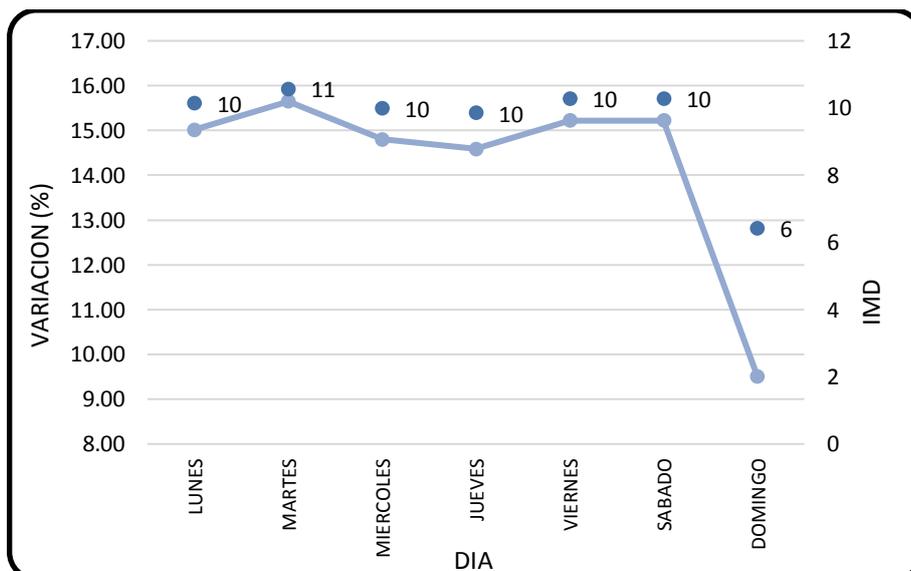
#### 3.1 Resultados

Inicialmente se ejecutó el conteo de vehículos desde una estación definida en el kilómetro 0+000, con la finalidad de poder clasificar a la carretera en estudio y establecer la cantidad de calicatas correspondientes según el manual de suelos y pavimentos.



**Fig. 7** Clasificación vehicular de camino carrozable – sector La Joyita.

*Nota:* La figura muestra el conteo de vehículos en entrada y salida, durante el periodo de 7 días, siendo los vehículos livianos como automóviles y camionetas los que tienen mayor frecuencia.



**Fig. 8** Frecuencia de vehículos diarios en una semana.

*Nota:* En la figura se aprecia los resultados de la frecuencia diaria de vehículos, existiendo mayor periodicidad entre los días lunes y viernes, debido a la ubicación de centros educativos y habilitaciones urbanas en expansión que se encuentran cerca de la zona en análisis.

En gabinete se estudió y procesó la información levantada de campo, procediéndose a calcular el IMDA y otras características del flujo vehicular.

**Tabla X.**  
Análisis de IMDA.

ITEM	IMD	IMD - VEH. LIGERO	IMD - VEH. PESADO
<b>VDL</b>	33	29	3
<b>VS</b>	35	31	4
<b>VD</b>	36	32	4
<b>FC</b>	1	1	1
<b>IMD</b>	34	29	3
<b>IMDA</b>	66 veh/día		

*Nota:* La tabla anterior muestra cantidad de vehículos que transitan diariamente por la carretera en estudio.

Posterior al procesamiento de datos, se determinó que el IMDA de la carretera en estudio es de 66 veh/día, calificando como una carretera de bajo volumen de tránsito, según DG-2018. Siendo necesaria la exploración de 2 calicatas por kilómetro, lo que hace un total de 6 calicatas en todo el tramo.

## **1. Análisis de las propiedades físicas de las muestras estudiadas.**

### **1.1. Análisis granulométrico y límites de Atterberg.**

Luego de realizar las calicatas y extraer muestras representativas de los estratos, se ejecutó los ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad y límite de Atterberg, para así poder clasificar los suelos encontrados en la zona de exploración.

#### **a) Muestra 1 extraída de la calicata 1 en el Km 0+010.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XI.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1  
extraída de la calicata 1.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

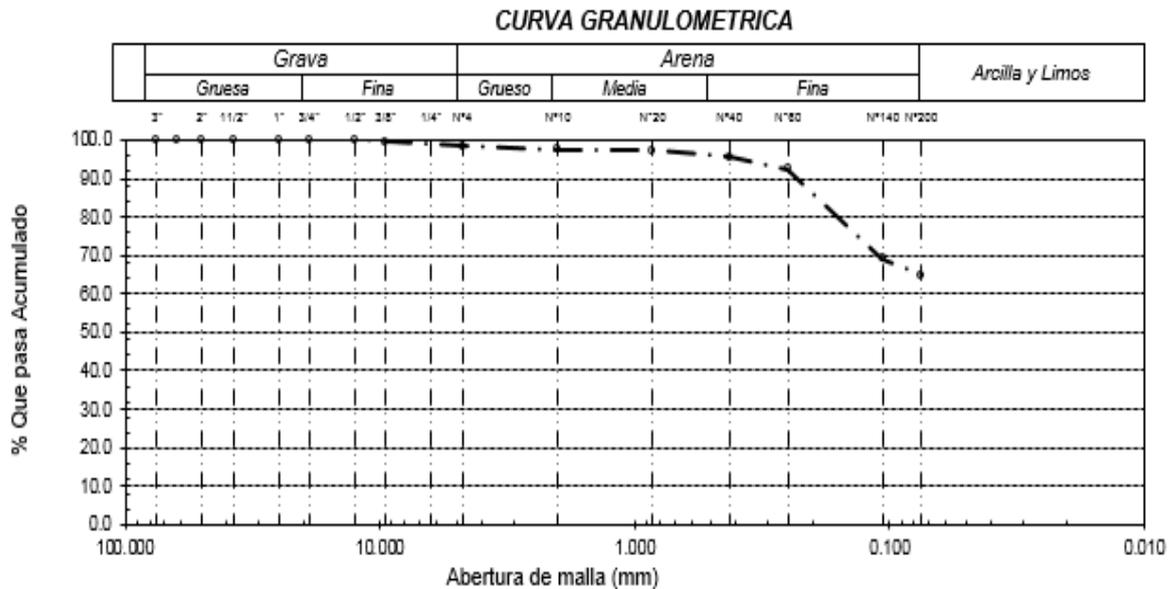
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.5	99.5
Nª 4	4.750	1.6	98.4
Nª 10	2.000	2.3	97.7
Nª 20	0.850	2.9	97.1
Nº 40	0.425	4.5	95.5
Nº 60	0.250	7.5	92.5
Nª 140	0.106	31.0	69.0
Nº 200	0.075	35.0	65.0

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	1.6	1.6
% Arena	A.G %	0.7	
	A.M %	2.2	33.4
	A.F %	30.5	
% Arcilla y Limo		65.0	65.0
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			9.94

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 1 de la calicata 1 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 9 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 1.6 % de grava, 33.4 % de arena y 65.0 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 9.94%.



**Fig. 9** Curva granulométrica muestra 1 – calicata 1.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

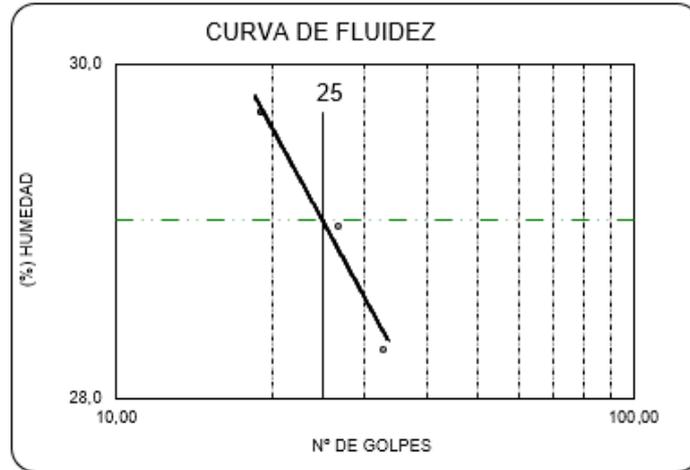
**Tabla XII.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 1.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Límite líquido (LL)</b>	29.07	(%)
<b>Límite Plástico (LP)</b>	20.39	(%)
<b>Índice Plástico (IP)</b>	8.68	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 1 de la calicata 1, contiene 29.07% de límite líquido (LL), 20.39% (LP) e índice plástico 8.68% (IP).



**Fig. 10** Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 1.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XIII.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 01 - calicata 01.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 1 de la calicata 1, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla XIV.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 1.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-4 (6)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>REGULAR-MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

En la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 1 de la calicata 1 se le denomina A-4 (6), considerándose un suelo Regular – Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**b) Muestra 2 extraída de la calicata 1 en el Km 0+010.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XV.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 1.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

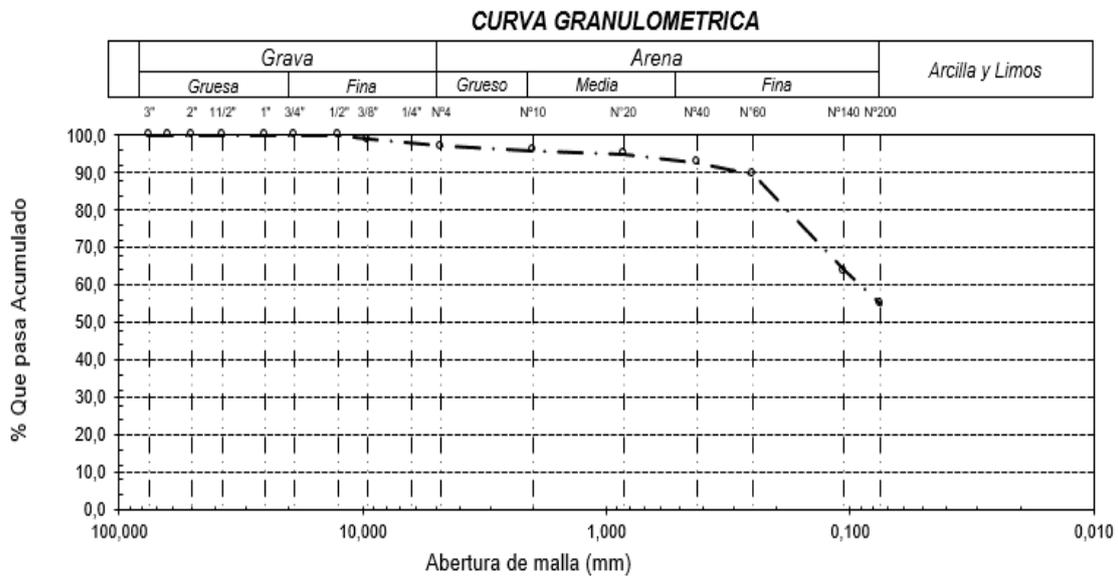
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	1.1	98.9
Nª 4	4.750	2.8	97.2
Nª 10	2.000	4.0	96.0
Nª 20	0.850	4.9	95.1
Nº 40	0.425	7.3	92.7
Nº 60	0.250	10.5	89.5
Nª 140	0.106	36.1	63.9
Nº 200	0.075	45.0	55.0

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	2.8
	G. F %	2.8	
% Arena	A.G %	1.2	42.2
	A.M %	3.3	
	A.F %	37.7	
% Arcilla y Limo		55.0	55.0
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			11.61

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 2 de la calicata 1 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 11 la curva granulométrica; en la cual se observa que el material posee 2.8 % de grava, 42.2 % de arena y 55.0 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 11.61%.



**Fig. 11** Curva granulométrica muestra 2 – calicata 1.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

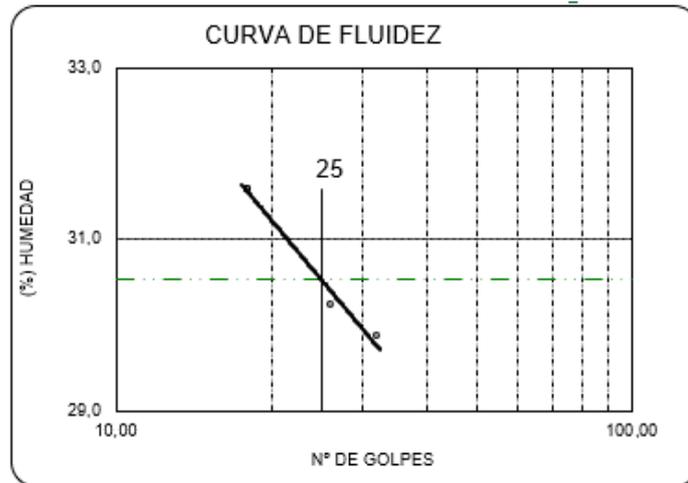
**Tabla XVI.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 1.

<b>Límite líquido (LL)</b>	30.53	(%)
<b>Límite Plástico (LP)</b>	20.20	(%)
<b>Índice Plástico (IP)</b>	10.33	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 2 de la calicata 1, contiene 30.53% de límite líquido (LL), 20.20% (LP) e índice plástico 10.33% (IP)



**Fig. 12** Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 1.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XVII.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 1.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 2 de la calicata 1, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla XVIII.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 1.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-4 (5)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>REGULAR-MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Para la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 2 de la calicata 1 se le denomina A-4 (5), considerándose un suelo Regular – Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**c) Muestra 1 extraída de la calicata 2 en el Km 0+500.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XIX.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 2.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

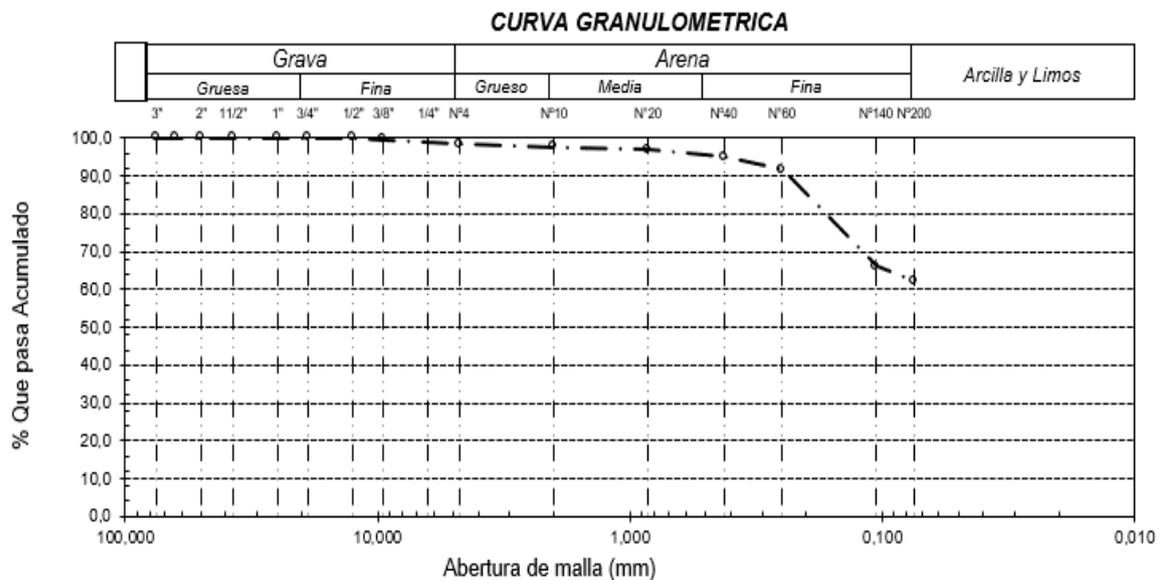
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.5	99.5
Nª 4	4.750	1.5	98.5
Nª 10	2.000	2.2	97.8
Nª 20	0.850	3.1	96.9
Nº 40	0.425	5.0	95.0
Nº 60	0.250	8.4	91.6
Nª 140	0.106	33.9	66.1
Nº 200	0.075	37.8	62.2

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	1.5
	G. F %	1.5	
% Arena	A.G %	0.7	
	A.M %	2.8	36.3
	A.F %	32.8	
% Arcilla y Limo		62.2	62.2
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			9.36

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 1 de la calicata 2 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 13 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 1.5 % de grava, 36.3 % de arena y 62.2 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 9.36%.



**Fig. 13** Curva granulométrica muestra 1 – calicata 2.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

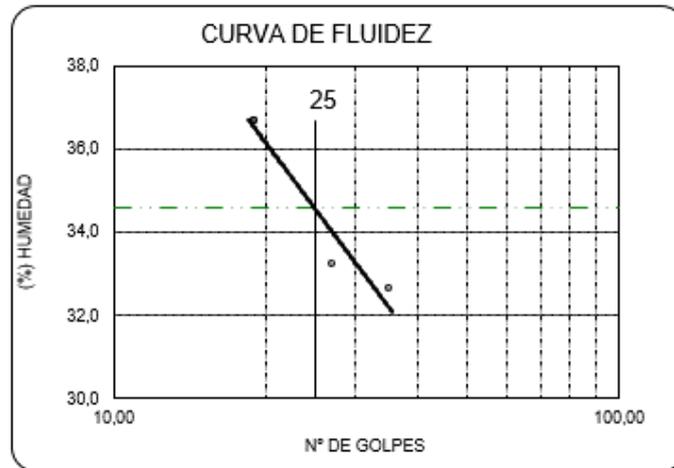
**Tabla XX.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 2.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Limite liquido (LL)</b>	34.57	(%)
<b>Limite Plastico (LP)</b>	19.24	(%)
<b>Indice Plastico (IP)</b>	15.33	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 1 de la calicata 2, contiene 34.57% de límite líquido (LL), 19.24% (LP) e índice plástico 15.33% (IP).



**Fig. 14** Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 2.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XXI.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 2.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 1 de la calicata 2, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla XXII.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 2.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-6 (8)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 1 de la calicata 2 se le denomina A-6 (8), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**d) Muestra 2 extraída de la calicata 2 en el Km 0+500.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XXIII.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 2.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

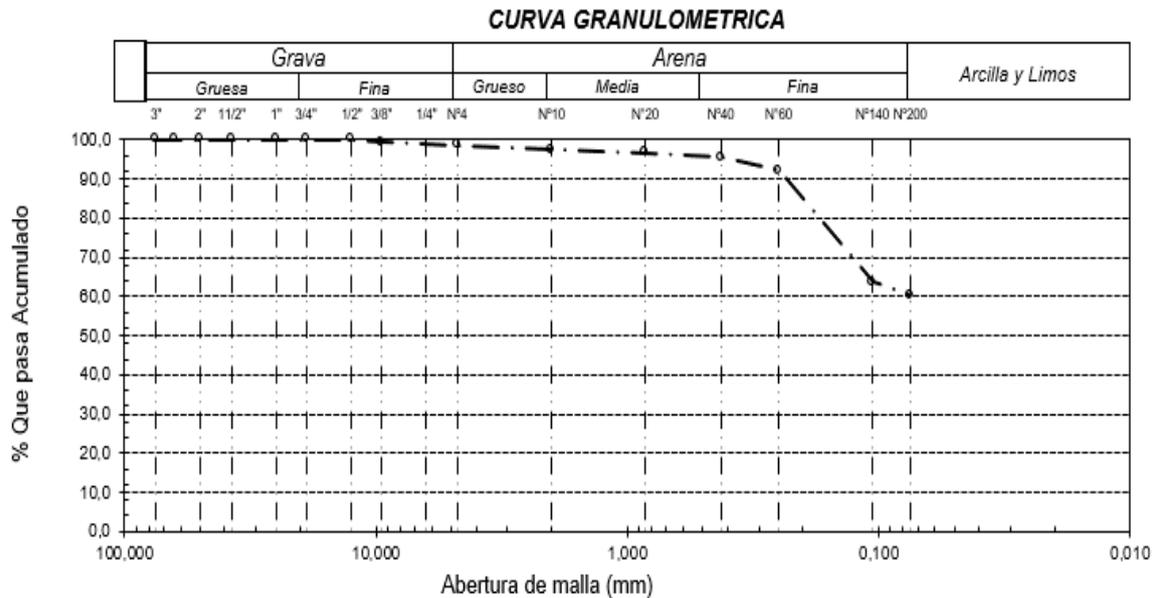
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.6	99.4
Nª 4	4.750	1.4	98.6
Nª 10	2.000	2.5	97.5
Nª 20	0.850	3.2	96.8
Nº 40	0.425	4.4	95.6
Nº 60	0.250	7.9	92.1
Nª 140	0.106	36.3	63.7
Nº 200	0.075	39.6	60.4

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	1.4
	G. F %	1.4	
% Arena	A.G %	1.1	38.2
	A.M %	1.9	
	A.F %	35.2	
% Arcilla y Limo		60.4	60.4
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			13.61

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados conseguidos al pasar material de la muestra 2 de la calicata 2 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 15 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 1.4 % de grava, 38.2 % de arena y 60.4 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 13.61%.



**Fig. 15** Curva granulométrica muestra 2 – calicata 2.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

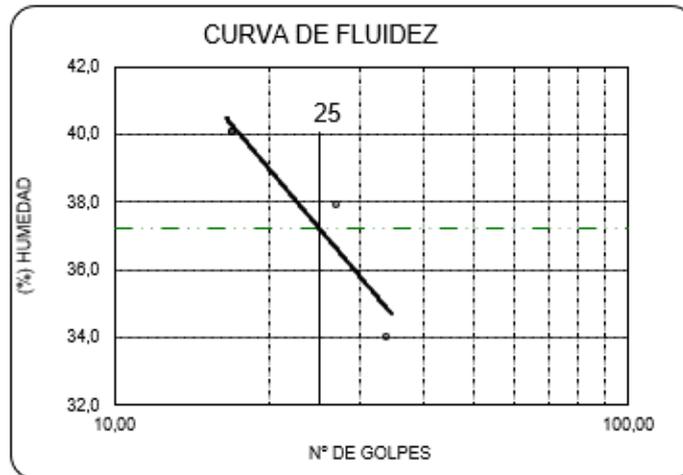
**Tabla XXIV.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 2.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Limite liquido (LL)</b>	37.24	(%)
<b>Limite Plastico (LP)</b>	23.85	(%)
<b>Indice Plastico (IP)</b>	13.39	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 2 de la calicata 2, contiene 37.24% de límite líquido (LL), 23.85% (LP) e índice plástico 13.39% (IP).



**Fig. 16** Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 2.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XXV.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 2.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 2 de la calicata 2, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla XXVI.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 2.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-6 (7)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la categorización AASHTO, el suelo de la muestra 2 de la calicata 2 se le denomina A-6 (7), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**e) Muestra 1 extraída de la calicata 3 en el Km 1+000.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XXVII.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 3.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

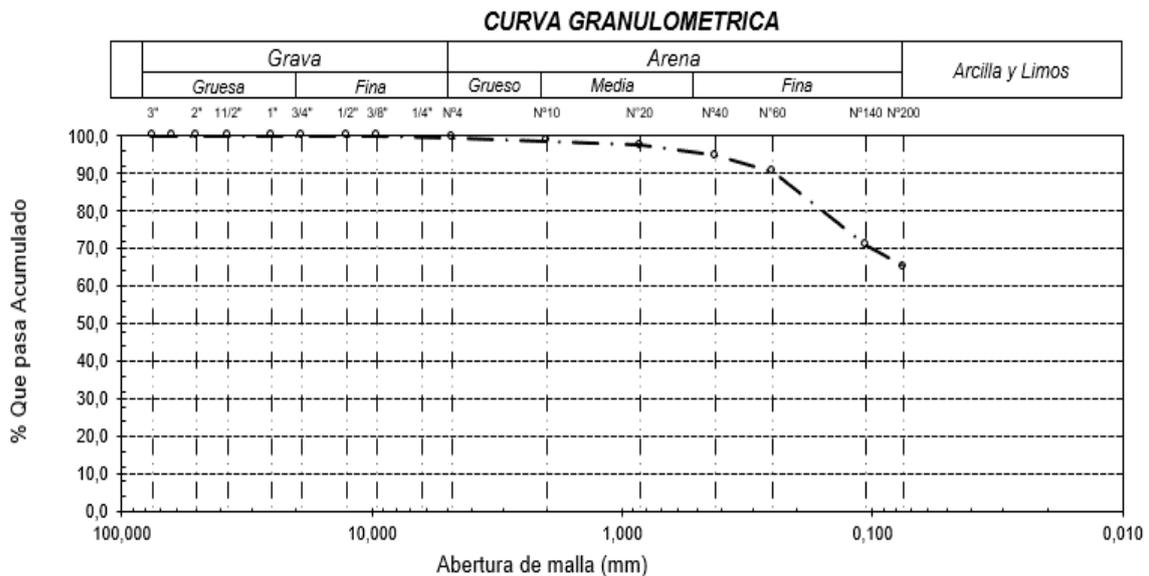
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.4	99.6
Nª 10	2.000	1.4	98.6
Nª 20	0.850	2.4	97.6
Nº 40	0.425	5.1	94.9
Nº 60	0.250	9.6	90.4
Nª 140	0.106	29.1	70.9
Nº 200	0.075	34.7	65.3

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	<b>0.4</b>
	G. F %	0.4	
% Arena	A.G %	1.0	34.4
	A.M %	3.7	
	A.F %	29.6	
% Arcilla y Limo		65.3	65.3
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			12.23

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 1 de la calicata 3 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 17 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 0.4 % de grava, 34.4 % de arena y 65.3 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 12.23%.



**Fig. 17** Curva granulométrica muestra 1 – calicata 3.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

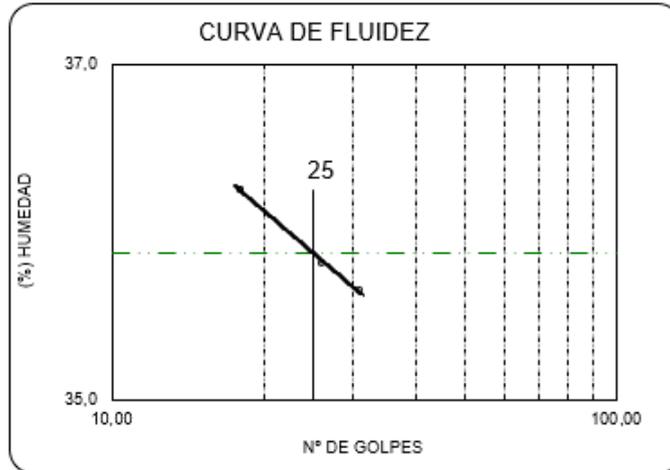
**Tabla XXVIII.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 3.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Limite liquido (LL)</b>	35.88	(%)
<b>Limite Plastico (LP)</b>	19.66	(%)
<b>Indice Plastico (IP)</b>	16.22	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 1 de la calicata 3, contiene 35.88% de límite líquido (LL), 19.66% (LP) e índice plástico 16.22% (IP).



**Fig. 18** Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 3.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XXIX.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 3.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 1 de la calicata 3, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla XXX.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 3.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-6 (9)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 1 de la calicata 3 se le denomina A-6 (9), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**f) Muestra 2 extraída de la calicata 3 en el Km 1+000.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XXXI.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 3.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

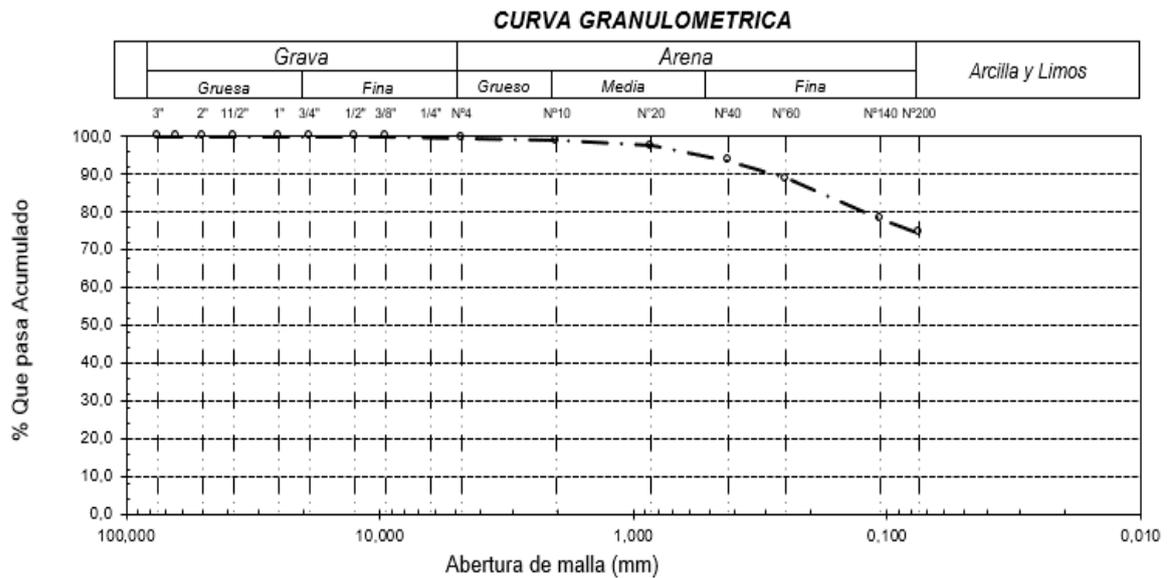
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.4	99.6
Nª 10	2.000	1.1	98.9
Nª 20	0.850	2.5	97.5
Nº 40	0.425	6.5	93.5
Nº 60	0.250	11.1	88.9
Nª 140	0.106	21.8	78.2
Nº 200	0.075	25.4	74.6

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	0.4
	G. F %	0.4	
% Arena	A.G %	0.7	25.1
	A.M %	5.4	
	A.F %	19.0	
% Arcilla y Limo		74.6	74.6
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			18.45

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 2 de la calicata 3 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 19 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 0.4 % de grava, 25.1 % de arena y 74.6 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 18.45%.



**Fig. 19** Curva granulométrica muestra 2 – calicata 3.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

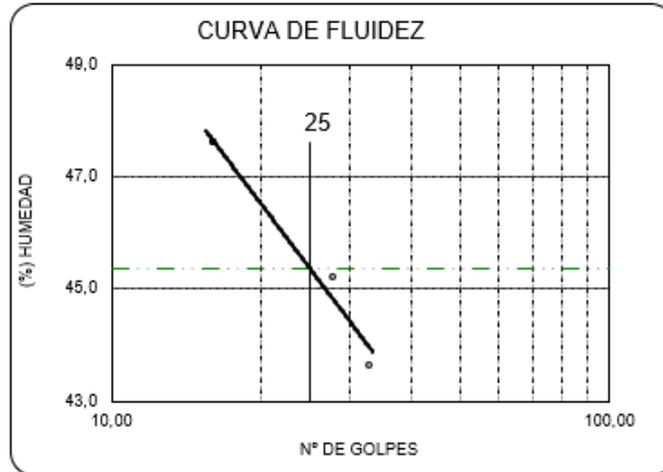
**Tabla XXXII.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 3.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Limite liquido (LL)</b>	45.37	(%)
<b>Limite Plastico (LP)</b>	23.04	(%)
<b>Indice Plastico (IP)</b>	22.33	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 2 de la calicata 3, contiene 45.37% de límite líquido (LL), 23.04% (LP) e índice plástico 22.33% (IP).



**Fig. 20** Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 3.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XXXIII.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 3.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla de baja plasticidad con arena</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de la clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 2 de la calicata 3, es una arcilla de baja plasticidad con arena (CL).

**Tabla XXXIV.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 3.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-7-6 (14)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 2 de la calicata 3 se le denomina A-7-6 (14), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**g) Muestra 1 extraída de la calicata 4 en el Km 1+500.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XXXV.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 4.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

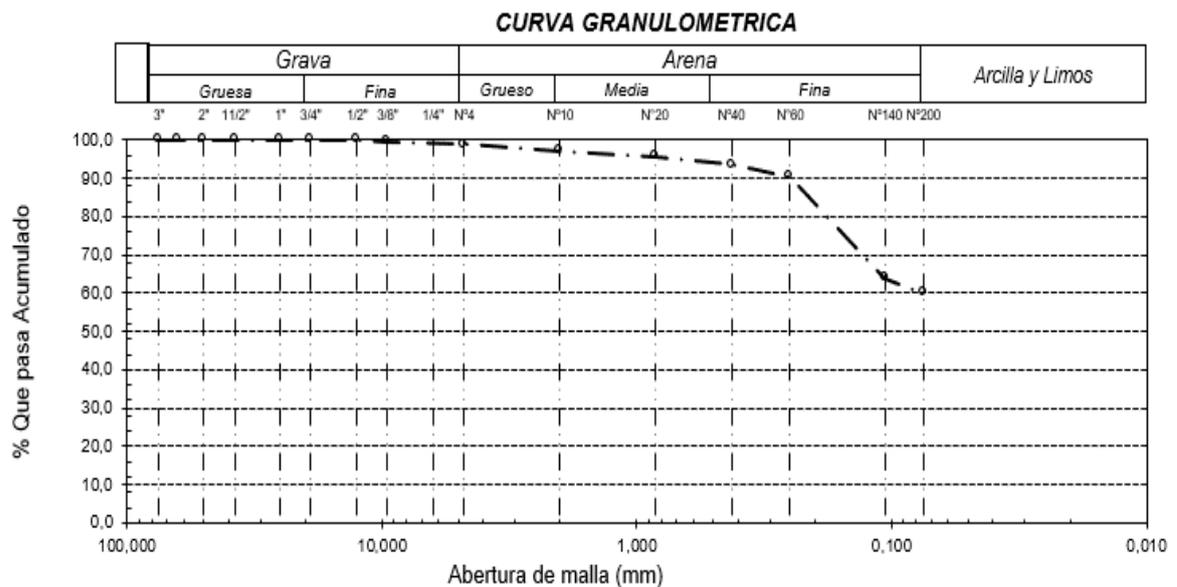
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.3	99.7
Nª 4	4.750	1.1	98.9
Nª 10	2.000	2.7	97.3
Nª 20	0.850	4.3	95.7
Nº 40	0.425	6.4	93.6
Nº 60	0.250	9.4	90.6
Nª 140	0.106	36.2	63.8
Nº 200	0.075	39.9	60.1

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	1.1
	G. F %	1.1	
% Arena	A.G %	1.7	38.8
	A.M %	3.6	
	A.F %	33.6	
% Arcilla y Limo		60.1	60.1
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			18.91

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 1 de la calicata 4 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 21 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 1.1 % de grava, 38.8 % de arena y 60.1 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 18.91%.



**Fig. 21** Curva granulométrica muestra 1 – calicata 4.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

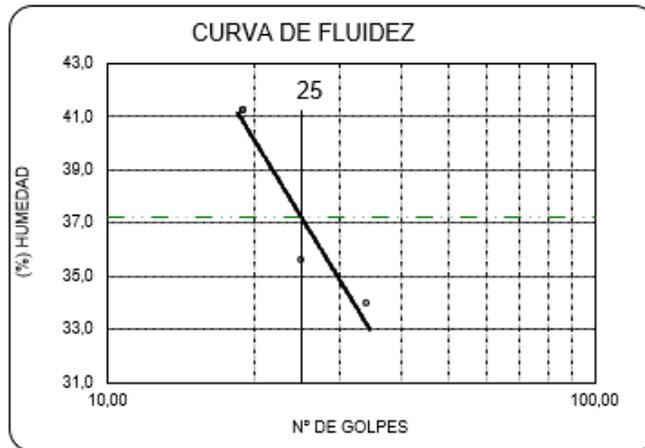
**Tabla XXXVI.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 4.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Límite líquido (LL)</b>	37.20	(%)
<b>Límite Plástico (LP)</b>	23.19	(%)
<b>Índice Plástico (IP)</b>	14.01	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 1 de la calicata 4, contiene 37.20% de límite líquido (LL), 23.19% (LP) e índice plástico 14.01% (IP).



**Fig. 22** Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 4.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XXXVII.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 4.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 1 de la calicata 4, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla XXXVIII.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 4.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-6 (7)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 1 de la calicata 4 se le denomina A-6 (7), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**h) Muestra 2 extraída de la calicata 4 en el Km 1+500.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XXXIX.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 4.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

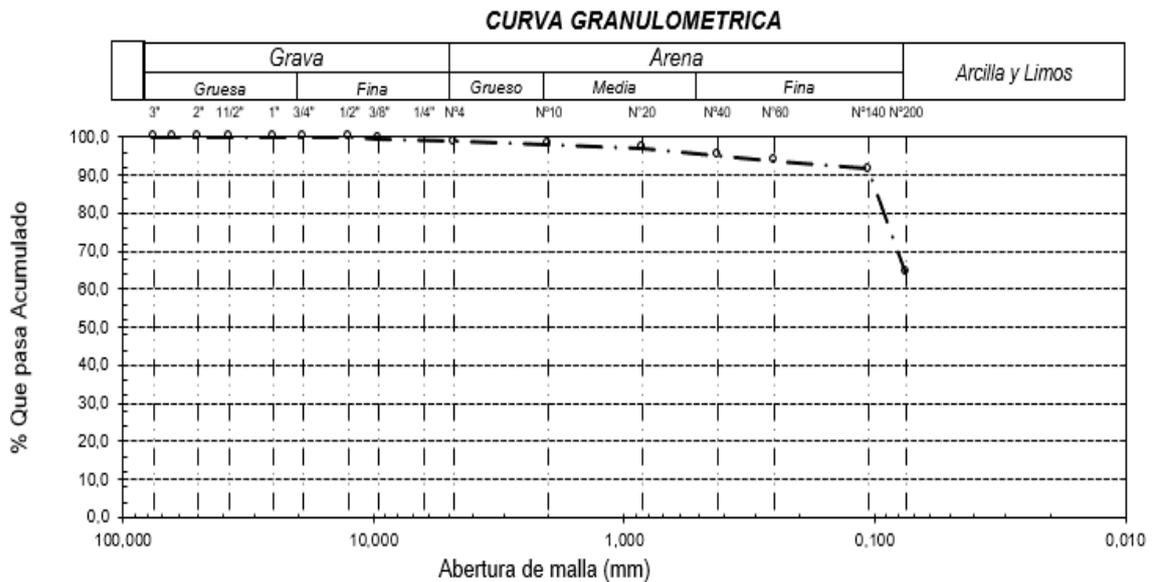
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.3	99.7
Nª 4	4.750	1.1	98.9
Nª 10	2.000	1.9	98.1
Nª 20	0.850	2.8	97.2
Nº 40	0.425	4.8	95.2
Nº 60	0.250	6.1	93.9
Nª 140	0.106	8.2	91.8
Nº 200	0.075	35.5	64.5

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	1.1
	G. F %	1.1	
% Arena	A.G %	0.8	34.4
	A.M %	2.8	
	A.F %	30.7	
% Arcilla y Limo		64.5	64.5
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			26.14

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 2 de la calicata 4 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 23 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 1.1 % de grava, 34.4 % de arena y 64.5 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 26.14%.



**Fig. 23** Curva granulométrica muestra 2 – calicata 4.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

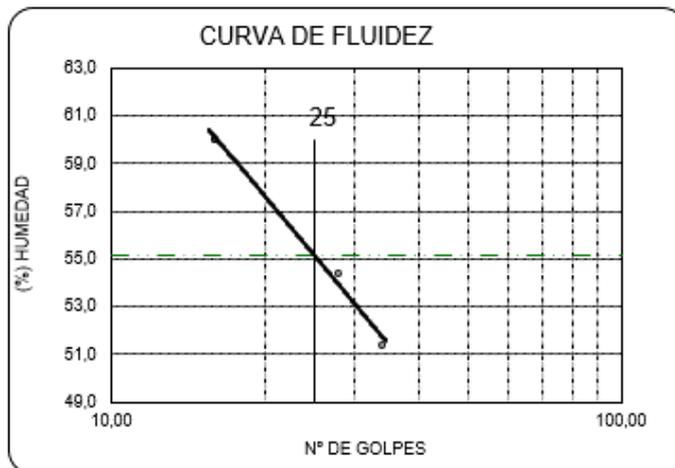
**Tabla XL.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 4.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Limite liquido (LL)</b>	55.13	(%)
<b>Limite Plastico (LP)</b>	10.33	(%)
<b>Indice Plastico (IP)</b>	44.79	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 2 de la calicata 4, contiene 55.13% de límite líquido (LL), 10.33% (LP) e índice plástico 44.79% (IP).



**Fig. 24** Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 4.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XLI.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 4.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CH</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de alta plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 2 de la calicata 4, es una arcilla arenosa de alta plasticidad (CH).

**Tabla XLII.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 4.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-7-6 (12)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 2 de la calicata 4 se le denomina A-7-6 (12), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**i) Muestra 1 extraída de la calicata 5 en el Km 2+000.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XLIII.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 5.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

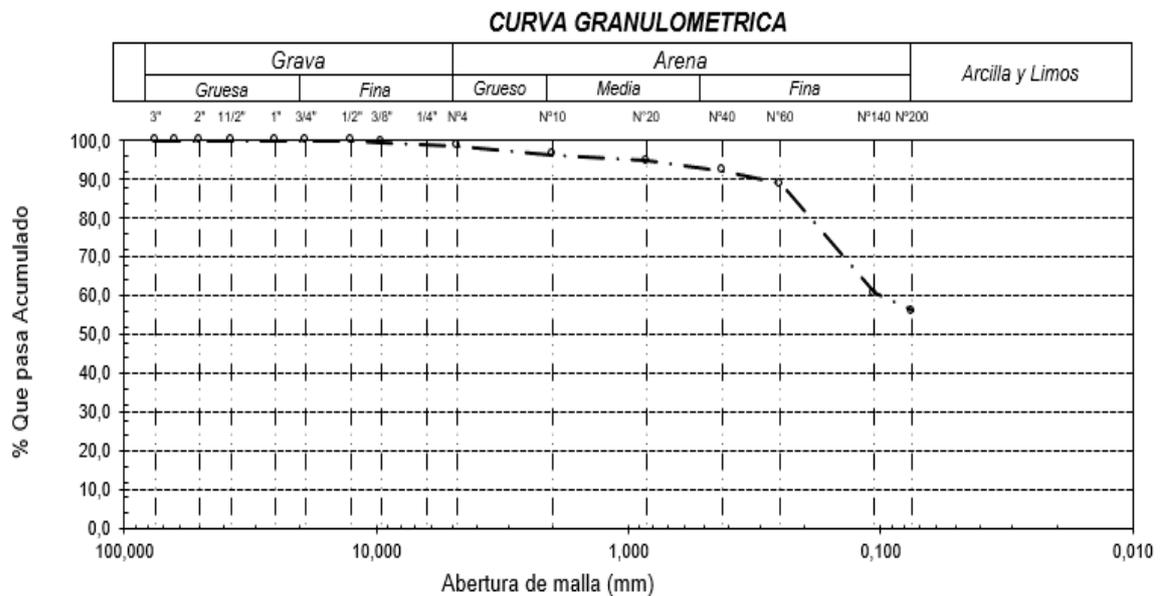
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.4	99.6
Nª 4	4.750	1.3	98.7
Nª 10	2.000	3.6	96.4
Nª 20	0.850	5.2	94.8
Nº 40	0.425	7.7	92.3
Nº 60	0.250	11.2	88.8
Nª 140	0.106	39.3	60.7
Nº 200	0.075	43.9	56.1

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	1.3
	G. F %	1.3	
% Arena	A.G %	2.3	42.6
	A.M %	4.1	
	A.F %	36.3	
% Arcilla y Limo		56.1	56.1
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			21.43

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 1 de la calicata 5 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 25 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 1.3 % de grava, 42.6 % de arena y 56.1 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 21.43%.



**Fig. 25** Curva granulométrica muestra 1 – calicata 5.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

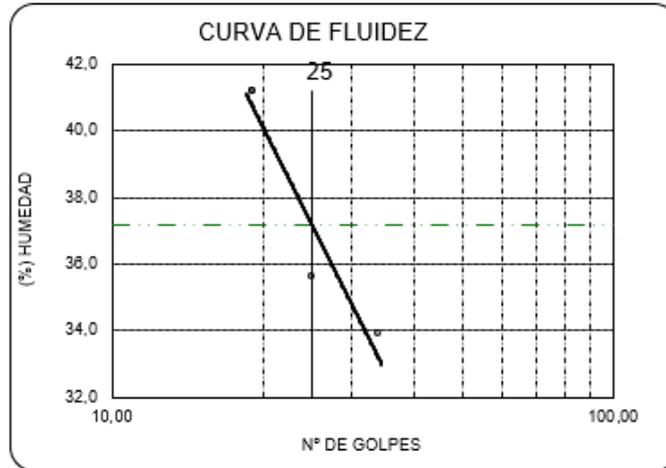
**Tabla XLIV.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 5.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Límite líquido (LL)</b>	37.20	(%)
<b>Límite Plástico (LP)</b>	22.89	(%)
<b>Índice Plástico (IP)</b>	14.31	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 1 de la calicata 5, contiene 37.20% de límite líquido (LL), 22.89% (LP) e índice plástico 14.31% (IP).



**Fig. 26** Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 5.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XLV.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 5.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 1 de la calicata 5, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla XLVI.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 5.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-6 (6)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 1 de la calicata 5 se le denomina A-6 (6), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**j) Muestra 2 extraída de la calicata 5 en el Km 2+000.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla XLVII.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 5.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

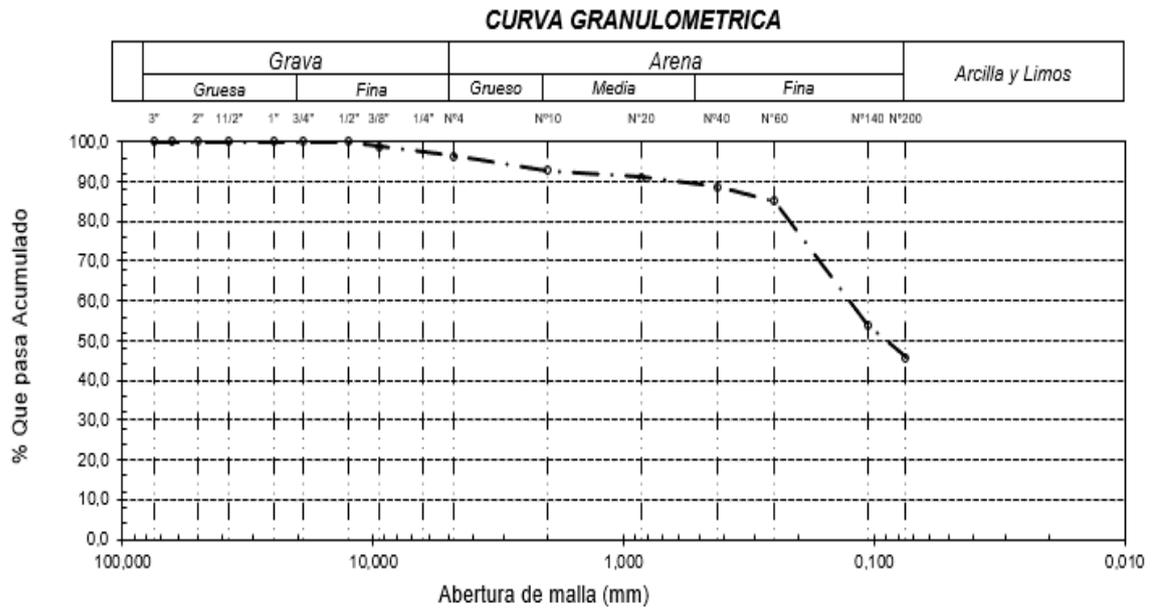
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	1.3	98.7
Nª 4	4.750	3.6	96.4
Nª 10	2.000	7.2	92.8
Nª 20	0.850	8.9	91.1
Nº 40	0.425	11.4	88.6
Nº 60	0.250	14.9	85.1
Nª 140	0.106	46.2	53.8
Nº 200	0.075	54.1	45.9

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	3.6
	G. F %	3.6	
% Arena	A.G %	3.6	50.5
	A.M %	4.1	
	A.F %	42.8	
% Arcilla y Limo		45.9	45.9
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			23.54

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 2 de la calicata 5 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 27 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 3.6 % de grava, 50.5 % de arena y 45.9 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 23.54%.



**Fig. 27** Curva granulométrica muestra 2 – calicata 5.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

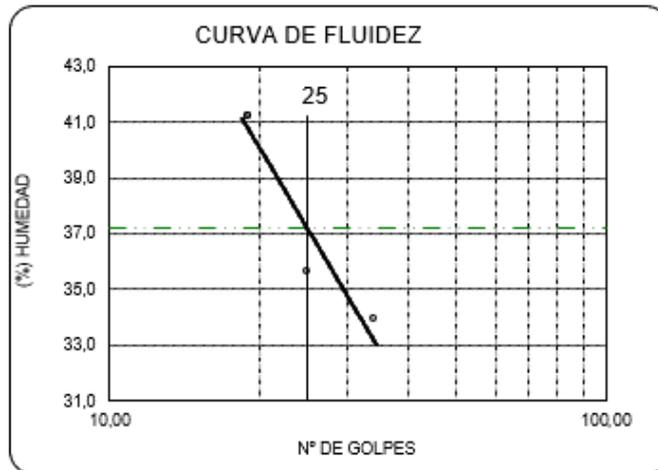
**Tabla XLVIII.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 5.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Límite líquido (LL)</b>	37.20	(%)
<b>Límite Plástico (LP)</b>	24.10	(%)
<b>Índice Plástico (IP)</b>	13.10	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 2 de la calicata 5, contiene 37.20% de límite líquido (LL), 24.10% (LP) e índice plástico 13.10% (IP).



**Fig. 28** Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 5.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla XLIX.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 5.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>SC</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arena arcillosa</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 2 de la calicata 5, es una arena arcillosa (SC).

**Tabla L.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 5.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-6 (3)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 2 de la calicata 5 se le denomina A-6 (3), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**k) Muestra 1 extraída de la calicata 6 en el Km 3+000.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla LI.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 1 extraída de la calicata 6.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

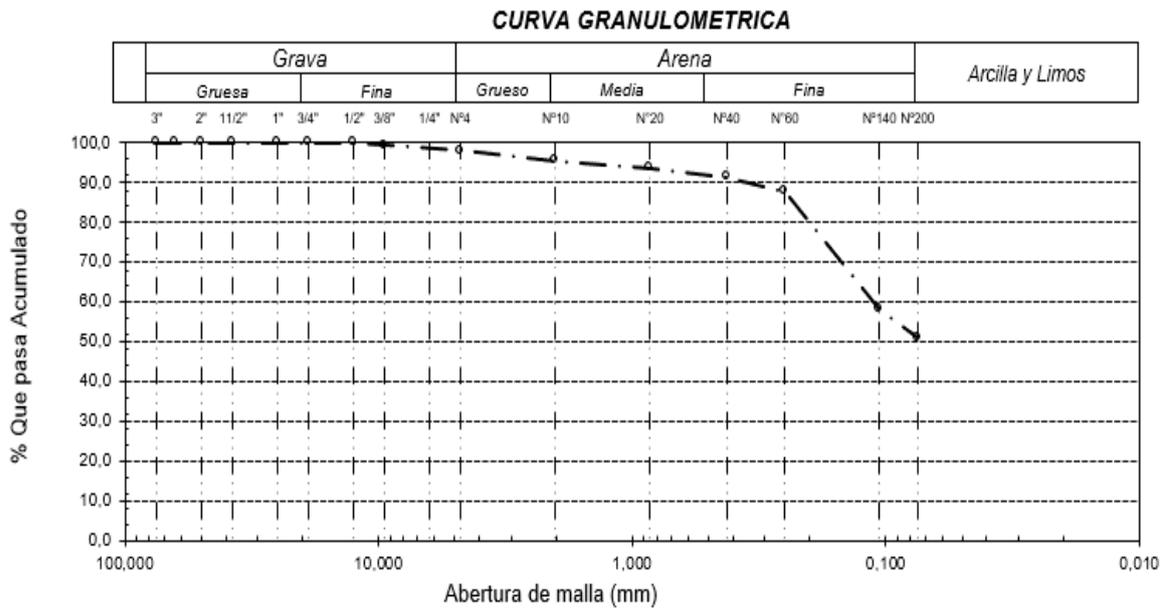
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.8	99.2
Nª 4	4.750	2.1	97.9
Nª 10	2.000	4.6	95.4
Nª 20	0.850	6.2	93.8
Nº 40	0.425	8.5	91.5
Nº 60	0.250	12.3	87.7
Nª 140	0.106	41.8	58.2
Nº 200	0.075	49.0	51.0

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	2.1
	G. F %	2.1	
% Arena	A.G %	2.6	47.0
	A.M %	3.9	
	A.F %	40.5	
% Arcilla y Limo		51.0	51,0
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			6.96

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 1 de la calicata 6 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 29 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 2.1 % de grava, 47.0 % de arena y 51.0 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 6.96%.



**Fig. 29** Curva granulométrica muestra 1 – calicata 6.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

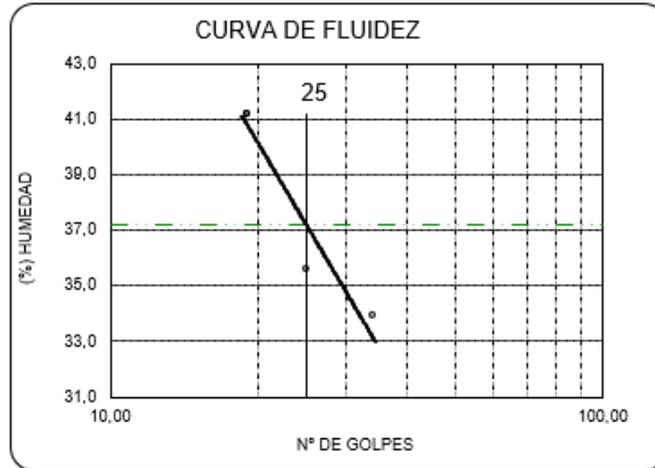
**Tabla LII.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 1 - calicata 6.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Limite liquido (LL)</b>	37.20	(%)
<b>Limite Plastico (LP)</b>	23.19	(%)
<b>Indice Plastico (IP)</b>	14.01	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 1 de la calicata 6, contiene 37.20% de límite líquido (LL), 23.19% (LP) e índice plástico 14.01% (IP).



**Fig. 30** Curva de fluidez de la muestra 1 – calicata 6.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla LIII.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 1 - calicata 6.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>CL</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arcilla arenosa de baja plasticidad</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 1 de la calicata 6, es una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

**Tabla LIV.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 1 - calicata 6.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-6 (4)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>MALO</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 1 de la calicata 6 se le denomina A-6 (4), considerándose un suelo Malo, tal como se muestra en la tabla anterior.

**I) Muestra 2 extraída de la calicata 6 en el Km 3+000.**

Método que establece la cantidad de humedad de un suelo y técnica para determinar la granulometría de un material.

**Tabla LV.**

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad de la muestra 2 extraída de la calicata 6.

**Análisis Granulométrico por tamizado**

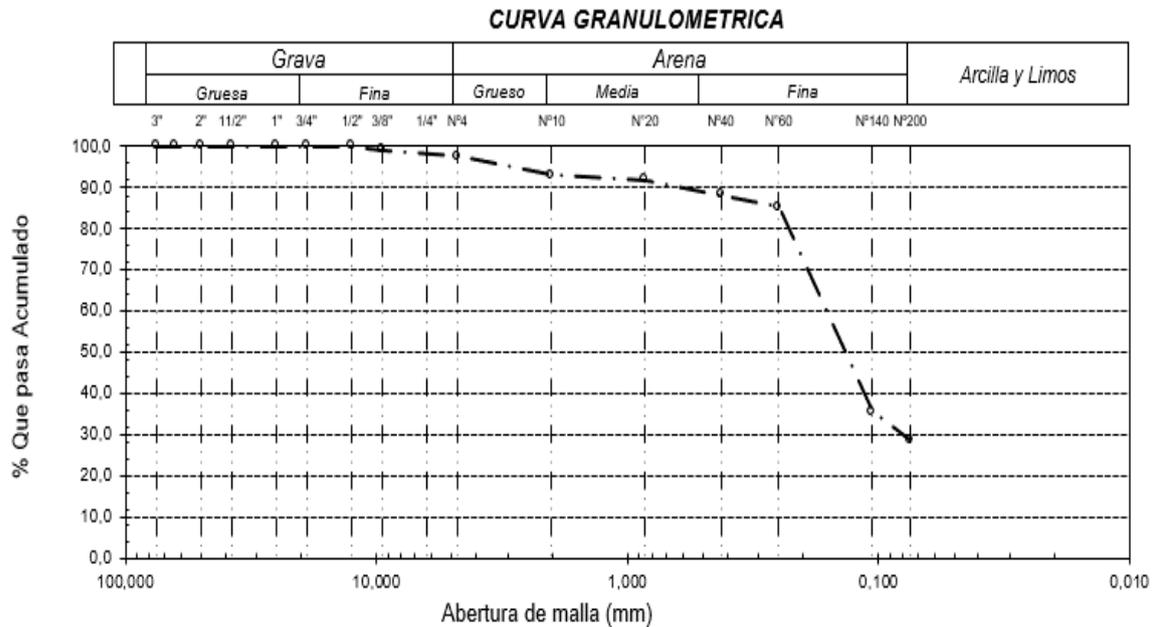
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.9	99.1
Nª 4	4.750	2.5	97.5
Nª 10	2.000	7.1	92.9
Nª 20	0.850	8.1	91.9
Nº 40	0.425	11.8	88.2
Nº 60	0.250	14.7	85.3
Nª 140	0.106	64.4	35.6
Nº 200	0.075	71.3	28.7

**Distribución granulométrica**

% Grava	G.G. %	0.0	2.5
	G. F %	2.5	
% Arena	A.G %	4.6	68.8
	A.M %	4.7	
	A.F %	59.5	
% Arcilla y Limo		28.7	28,7
<b>Total</b>			100.0
<b>Contenido de Humedad</b>			8.59

*Nota:* La tabla muestra la distribución de las partículas del suelo según su tamaño.

Anteriormente se presenta la tabla con los resultados alcanzados al pasar material de la muestra 2 de la calicata 6 por los tamices, de igual manera se observa en la figura 31 la curva granulométrica; en la cual se analiza que el material posee 2.5 % de grava, 68.8 % de arena y 28.7 % de arcilla y limo. El contenido de humedad del suelo estudiado es de 8.59%.



**Fig. 31** Curva granulométrica muestra 2 – calicata 6.

*Nota:* La figura muestra gráficamente como se distribuye las partículas del suelo según sus dimensiones.

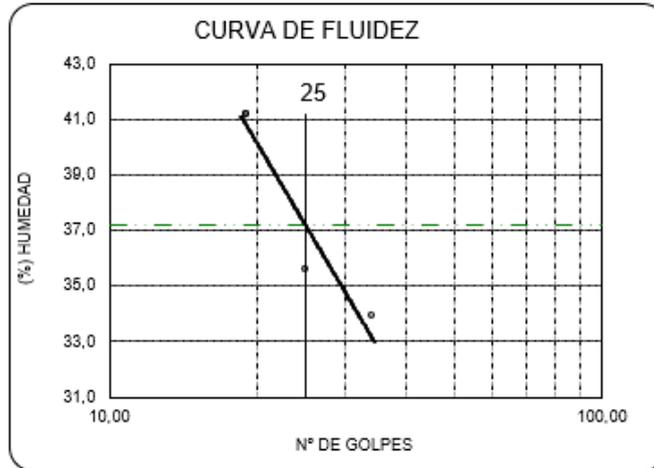
**Tabla LVI.**

Ensayo de Límite de Atterberg. muestra 2 - calicata 6.

<b>Ensayo de Límite de Atterberg</b>		
<b>Limite liquido (LL)</b>	37.20	(%)
<b>Limite Plastico (LP)</b>	22.59	(%)
<b>Indice Plastico (IP)</b>	14.61	(%)

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de plasticidad del suelo en estado natural.

La tabla anterior estableció según la prueba de límite de Atterberg, que la muestra 2 de la calicata 6, contiene 37.20% de límite líquido (LL), 22.59% (LP) e índice plástico 14.61% (IP).



**Fig. 32** Curva de fluidez de la muestra 2 – calicata 6.

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de humedad con el cual se llega al límite líquido del suelo.

Procedimiento para clasificar suelos con fines de ingeniería (método SUCS)

**Tabla LVII.**

Clasificación S.U.C.S de los materiales. muestra 2 - calicata 6.

<i>Clasificación (S.U.C.S.)</i>	<b>SC</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>Arena arcillosa</b>	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación SUCS del suelo.

La tabla anterior presenta los resultados de clasificación SUCS, donde se determina que el suelo de la muestra 2 de la calicata 6, es una arena arcillosa (SC).

**Tabla LVIII.**

Clasificación AASHTO de los materiales. muestra 2 - calicata 6.

<i>Clasificación (AASHTO)</i>	<b>A-2-6 (1)</b>
<i>Descripción del suelo</i>	
<b>REGULAR</b>	

*Nota:* En la tabla se observa la clasificación AASHTO del suelo.

Según la clasificación AASHTO, el suelo de la muestra 2 de la calicata 6 se le denomina A-2-6 (1), considerándose un suelo Regular, tal como se muestra en la tabla anterior.

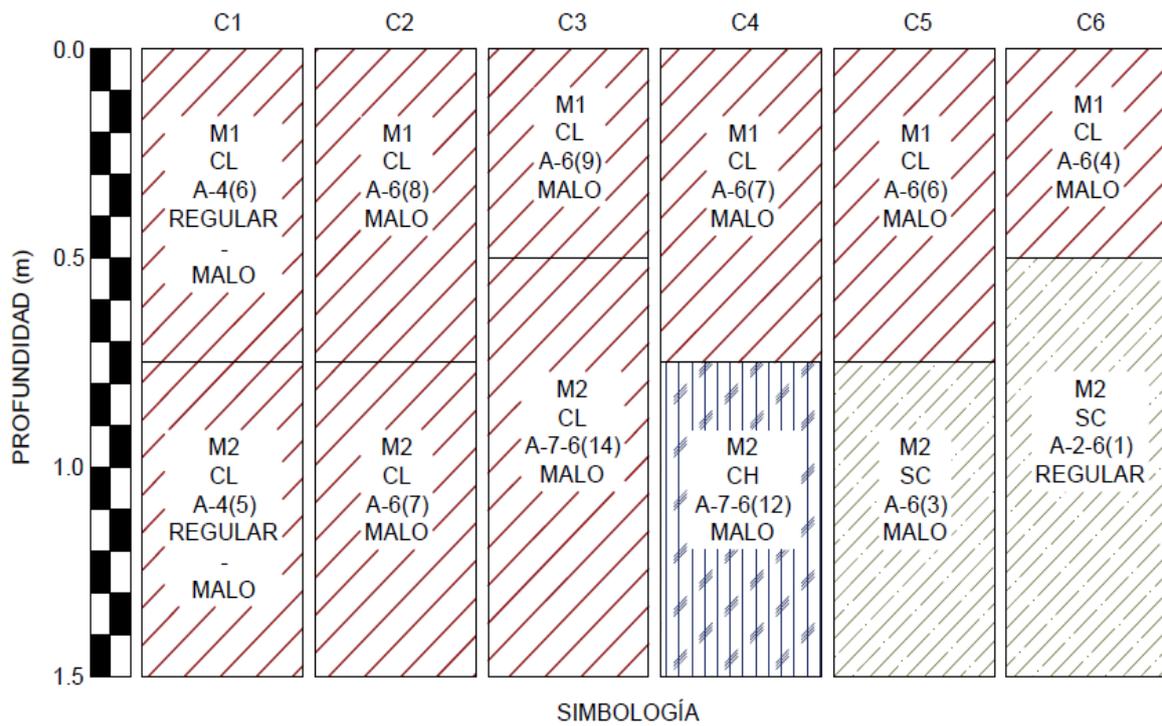
**Tabla LIX.**

Resumen de resultados de la clasificación de las muestras.

CALICATA	ESTRATO	CLASIFICACIÓN AASHTO	CL	CLASIFICACIÓN SUCS	
C1	M1	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-4 (6)	REGULAR-MALO
	M2	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-4 (5)	REGULAR-MALO
C2	M1	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-6 (8)	MALO
	M2	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-6 (7)	MALO
C3	M1	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-6 (9)	MALO
	M2	Arcilla de baja plasticidad con arena	CL	A-7-6 (14)	MALO
C4	M1	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-6 (7)	MALO
	M2	Arcilla arenosa de alta plasticidad	CH	A-7-6 (12)	MALO
C5	M1	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-6 (6)	MALO
	M2	Arena arcillosa	SC	A-6 (3)	MALO
C6	M1	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-6 (4)	MALO
	M2	Arena arcillosa	SC	A-2-6 (1)	REGULAR

*Nota:* La tabla muestra el resumen de la clasificación AASHTO y SUCS de las calicatas estudiadas.

La tabla anterior muestra los resultados de clasificar los suelos encontrados en la zona de exploración, siendo el suelo predominante una Arcilla arenosa de baja plasticidad según clasificación AASHTO, y un tipo de suelo Malo según clasificación SUCS.



**Fig. 33** Perfil estratigráfico de las calicatas analizadas.

*Nota:* En la figura se observa los tipos de suelos identificados en cada calicata hasta una profundidad de 1.50 m.

## 1.2. Análisis de peso específico

Continuando con el análisis de las propiedades físicas de los materiales de esta investigación, se realizó el análisis de peso específico. El ensayo se realizó para las muestras de suelo natural de cada calicata explorada.

**Tabla LX.**

Resumen de resultados del análisis de peso específico de suelo natural.

<b>CALICATA</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>Gravedad Específica de Sólidos (g/cm<sup>3</sup>)</b>
1	0.00 - 1.50	2.73
2	0.00 - 1.50	2.64
3	0.00 - 1.50	2.86
4	0.00 - 1.50	2.62
5	0.00 - 1.50	2.79
6	0.00 - 1.50	2.88

La tabla anterior es el resumen de análisis de peso específico de las muestras de suelo natural de las calicatas exploradas, de lo cual se calcula que el peso específico promedio de las muestras es de 2.75 g/cm<sup>3</sup>.

## Densidad de yeso reciclado

Para el caso del yeso reciclado se utilizó el ensayo normalizado para establecer la densidad del cemento Pórtland (NTP 334.005), los resultados se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla LXI.**

Resultados del análisis de densidad del yeso reciclado.

<b>Masa de Yeso Reciclado</b>	(gr)	47.6
<b>Vol.inicial kerosene</b>	(ml)	0
<b>Vol.final desplazado kerosene</b>	(ml)	24
<b>Densidad Yeso Reciclado</b>	(g/ml)	1.98

De los resultados mostrados se establece que la densidad del yeso reciclado es de 1.98 g/ml, considerándose un material poco denso.

### 1.3. Análisis de la resistencia mecánica de las muestras estudiadas.

Luego de haber realizado la clasificación de suelos y determinar el tipo de suelo que prevalece en área de estudio, se realizó las pruebas de proctor modificado y CBR.

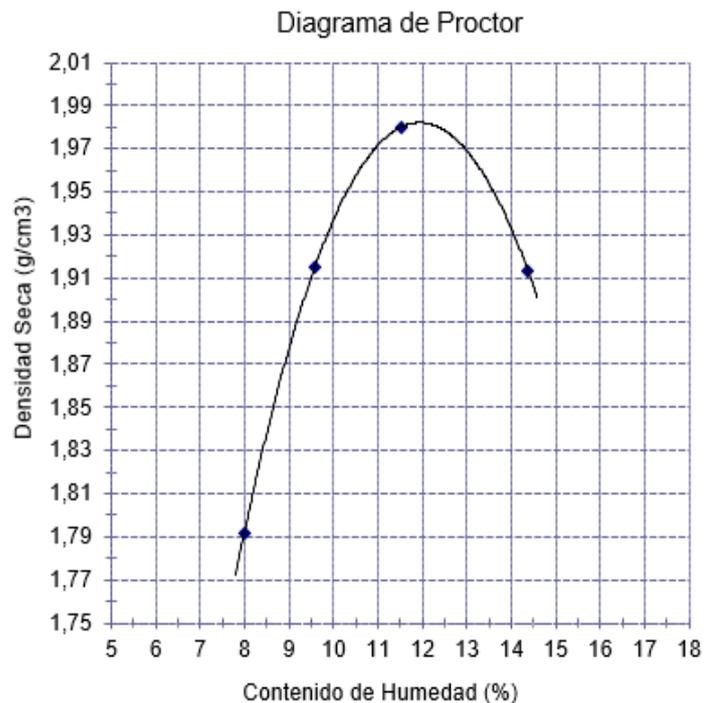
#### a) Muestra de suelo natural.

**Tabla LXII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural.

Contenido de Humedad	%	7.98	9.58	11.53	14.39
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.791	1.915	1.980	1.913
Humedad Optima	%	11.90			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.982			

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo natural.



**Fig. 34** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo natural.

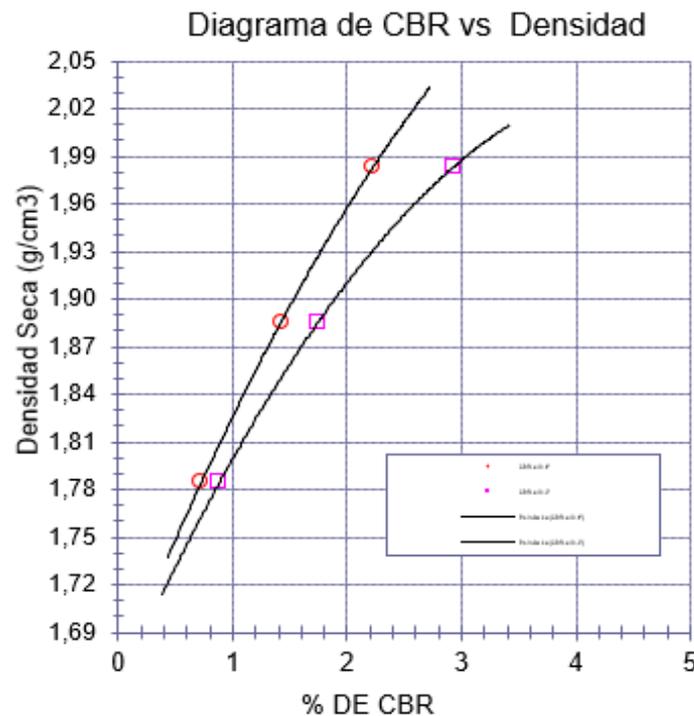
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.982 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 11.90%, en una muestra de suelo natural.

**Tabla LXIII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del suelo natural.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)					(%)
01	56	3.3	0.73	1.983	0.1"	100	3.3
02	25	2.2	0.83	1.885	0.1"	95	2.2
03	12	1.1	0.37	1.784	0.2"	100	4.1
					0.2"	95	2.7

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 35** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presentan los resultados del ensayo de CBR para una muestra de suelo natural, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 2.2%, considerándose una subrasante inadecuada.

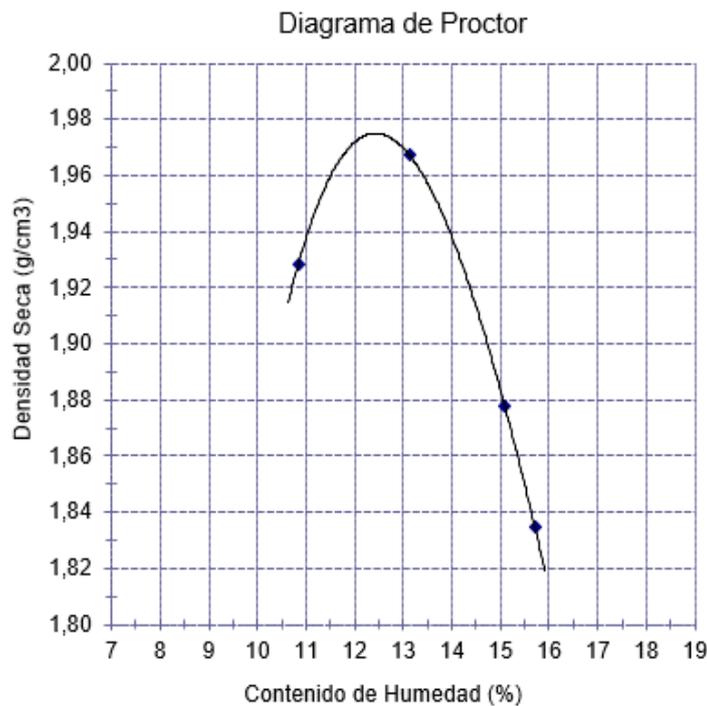
**b) Muestra de suelo natural con adición de 0.5% de fibras de yute.**

**Tabla LXIV.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% fibras de yute.

Contenido de Humedad	%	10.84	13.12	15.09	15.71
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.928	1.967	1.878	1.834
Humedad Optima	%	12.46			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.975			

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute.



**Fig. 36** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% fibras de yute.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute.

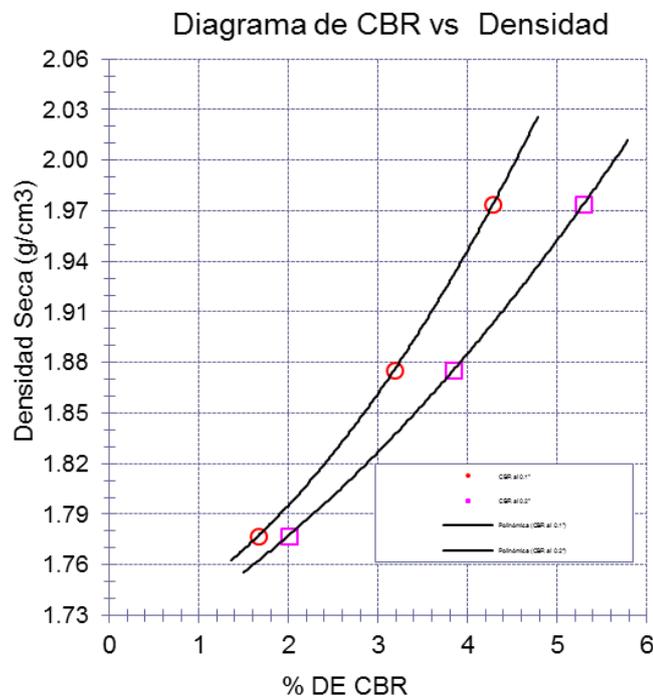
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.975 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 12.46%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 0.5% de fibras de yute.

**Tabla LXV**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% fibras de yute.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	4.3	0.70	1.974	0.1"	100	4.3
02	25	3.2	0.71	1.876	0.1"	95	3.2
03	12	1.7	0.75	1.777	0.2"	100	5.3
					0.2"	95	3.9

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 37** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural - 0.5% fibras de yute.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 0.5% de fibras de yute, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 3.2%, considerándose una subrasante insuficiente.

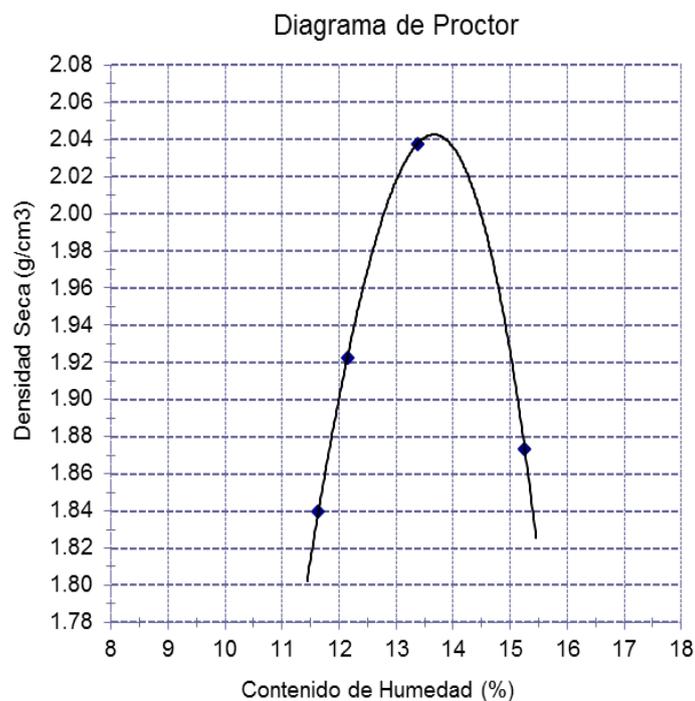
**c) Muestra de suelo natural con adición de 1.0% de fibras de yute.**

**Tabla LXVI**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% fibras de yute.

Contenido de Humedad	%	11.64	12.14	13.38	15.25
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.840	1.923	2.038	1.874
Humedad Optima	%	13.69			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	2.043			

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute.



**Fig. 38** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% fibras de yute.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute.

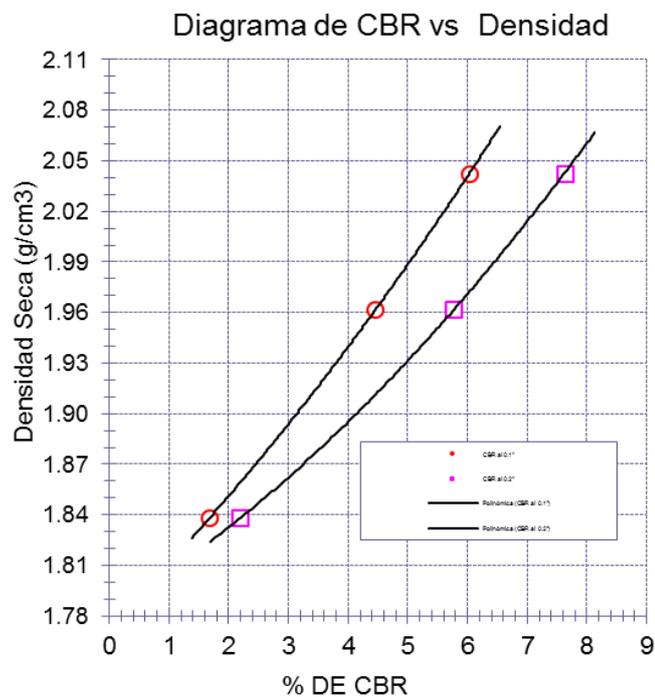
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 2.043 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 13.69%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.0% de fibras de yute.

**Tabla LXVII**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% fibras de yute.

Especimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)					
01	56	6.0	0.61	2.043	0.1"	100	6.0
02	25	4.5	0.65	1.962	0.1"	95	4.0
03	12	1.7	0.68	1.838	0.2"	100	7.6
					0.2"	95	5.2

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 39** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 1.0% fibras de yute.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.0% de fibras de yute, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.0%, considerándose una subrasante insuficiente.

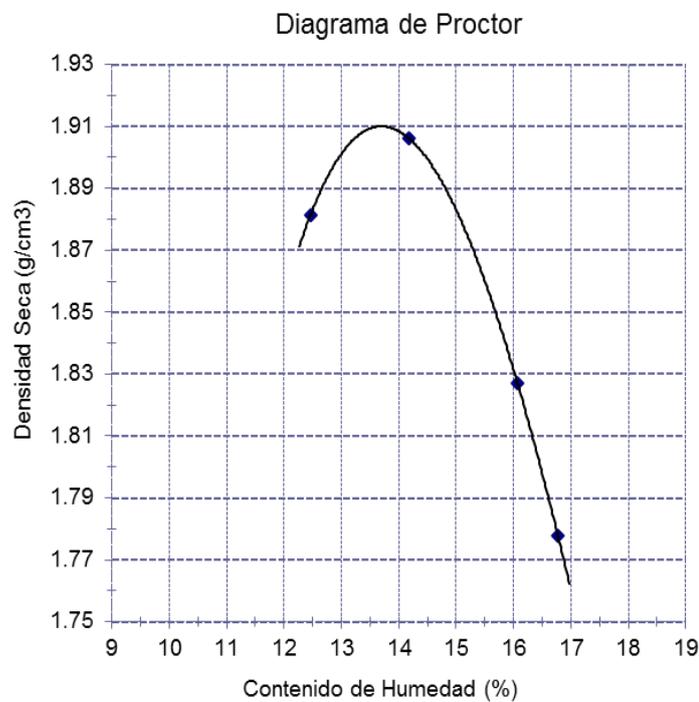
**d) Muestra de suelo natural con adición de 1.5% de fibras de yute.**

**Tabla LXVIII**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% fibras de yute.

Contenido de Humedad	%	12.46	14.18	16.07	16.77
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.882	1.906	1.827	1.778
Humedad Optima	%	13.71			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.910			

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute.



**Fig. 40** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% fibras de yute.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute.

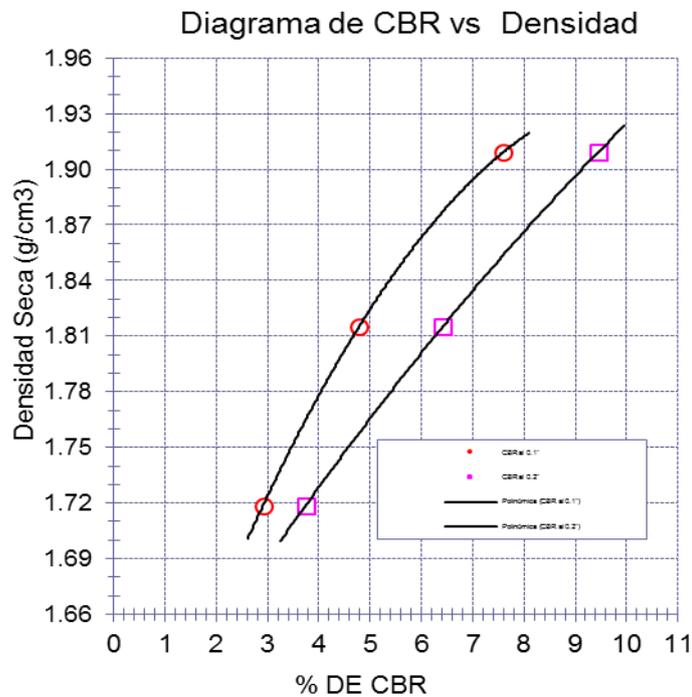
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.91 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 13.71%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.5% de fibras de yute.

**Tabla LXIX**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% fibras de yute.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.6	0.17	1.909	0.1"	100	7.6
02	25	4.8	0.35	1.815	0.1"	95	4.8
03	12	2.9	0.36	1.719	0.2"	100	9.5
					0.2"	95	6.4

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 41** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 1.5% fibras de yute.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.5% de fibras de yute, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.8%, considerándose una subrasante insuficiente.

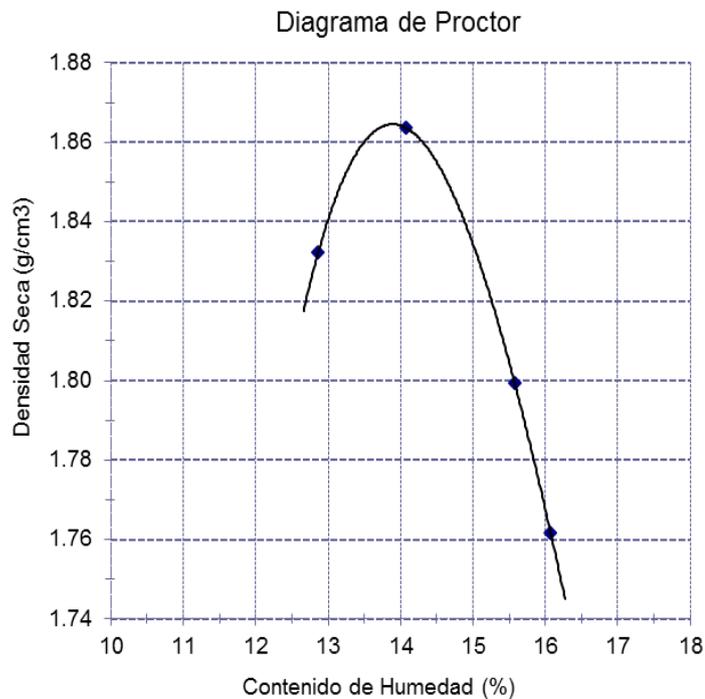
**e) Muestra de suelo natural con adición de 2.0% de fibras de yute.**

**Tabla LXX**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% fibras de yute.

Contenido de Humedad	%	12.86	14.07	15.58	16.07
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.832	1.864	1.799	1.762
Humedad Optima	%	13.90			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.865			

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute.



**Fig. 42** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% fibras de yute.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute.

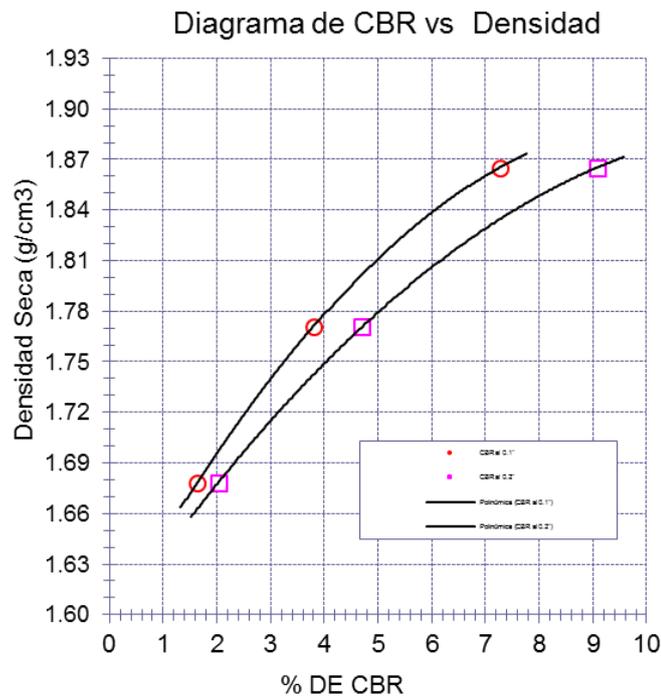
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.865 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 13.90%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 2.0% de fibras de yute.

**Tabla LXXI**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% fibras de yute.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.3	0.50	1.865	0.1"	100	7.2
02	25	3.8	0.51	1.771	0.1"	95	3.8
03	12	1.6	0.53	1.678	0.2"	100	9.1
					0.2"	95	4.7

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 43** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 2.0% fibras de yute.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 2.0% de fibras de yute, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 3.8%, considerándose una subrasante insuficiente.

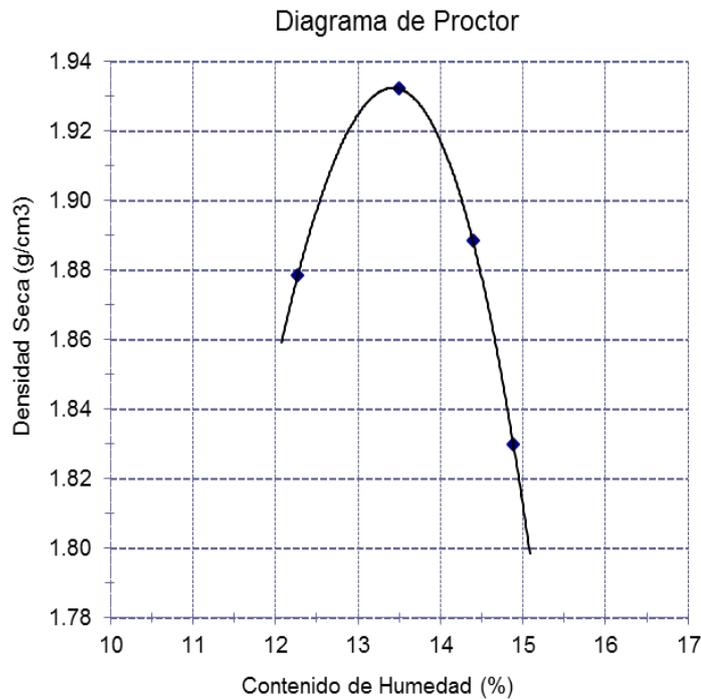
**f) Muestra de suelo natural con adición de 2.5% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXII**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	12.27	13.49	14.39	14.88
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.878	1.932	1.889	1.830
Humedad Optima	%	13.41			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.932			

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 2.5% de yeso reciclado.



**Fig. 44** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.5% de yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 2.5% de yeso reciclado.

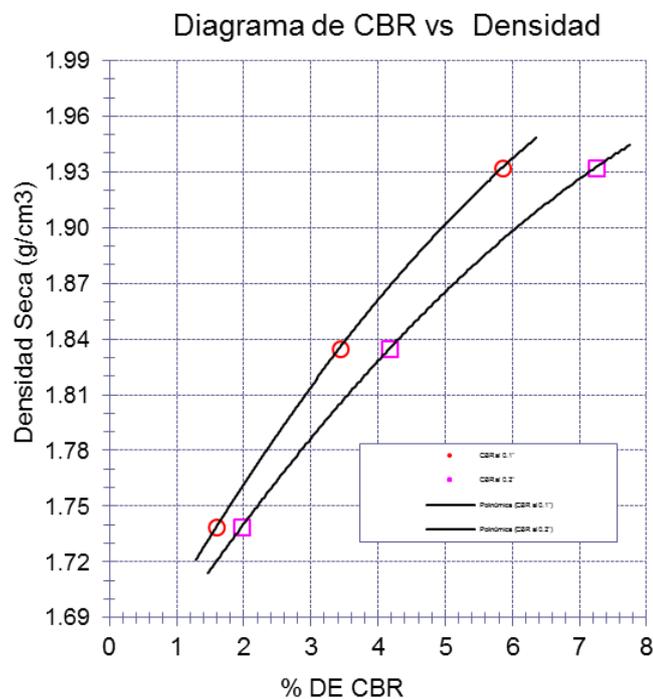
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.932 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 13.41%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 2.5% de yeso reciclado.

**Tabla LXXIII**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.5% yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	5.9	0.74	1.932	0.1"	100	5.9
02	25	3.4	0.80	1.835	0.1"	95	3.4
03	12	1.6	0.81	1.739	0.2"	100	7.2
					0.2"	95	4.2

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 45** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 2.5% fibras de yute.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 2.5% de yeso reciclado, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 3.4%, considerándose una subrasante insuficiente.

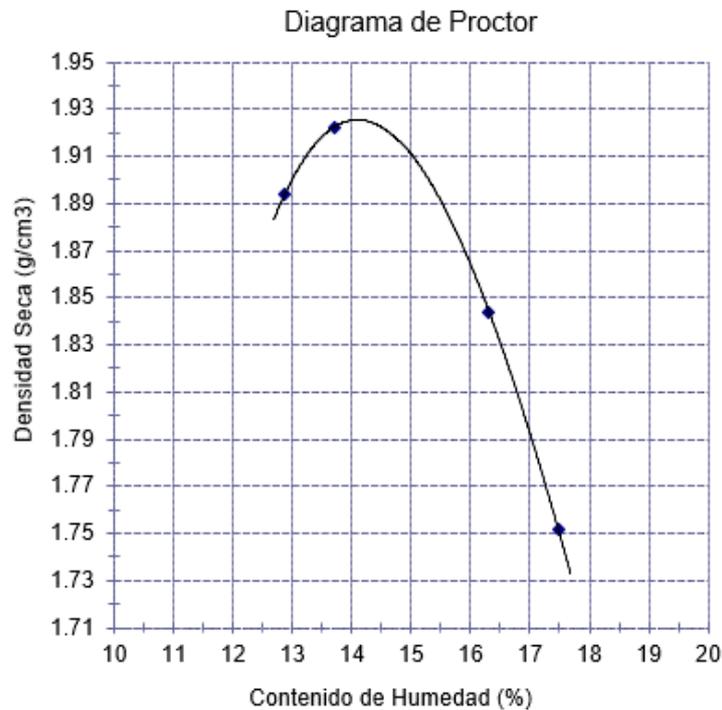
**g) Muestra de suelo natural con adición de 5.0% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXIV**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 5.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	12.87	13.69	16.31	17.48
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.894	1.922	1.844	1.751
Humedad Optima	%	14.07			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.925			

*Nota:* La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 5.0% de yeso reciclado.



**Fig. 46** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 5.0% de yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 5.0% de yeso reciclado.

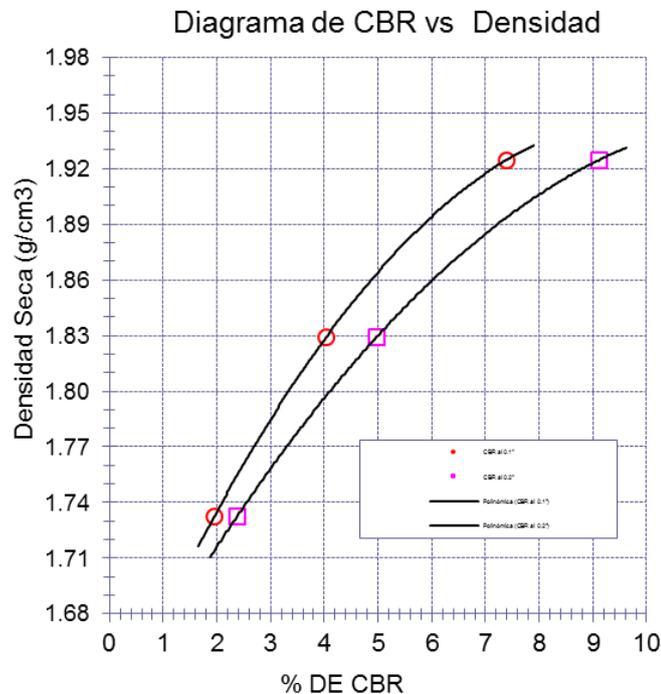
En la tabla y figura anteriores se observa la densidad seca máxima de 1.925 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 14.07%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 5.0% de yeso reciclado.

**Tabla LXXV**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 5.0% yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)			(Pulg)		
01	56	7.4	0.27	1.925	0.1"	100	7.4
02	25	4.0	0.48	1.829	0.1"	95	4.0
03	12	2.0	0.51	1.733	0.2"	100	9.2
					0.2"	95	5.0

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 47** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 5.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 5.0% de yeso reciclado, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.0%, considerándose una subrasante insuficiente.

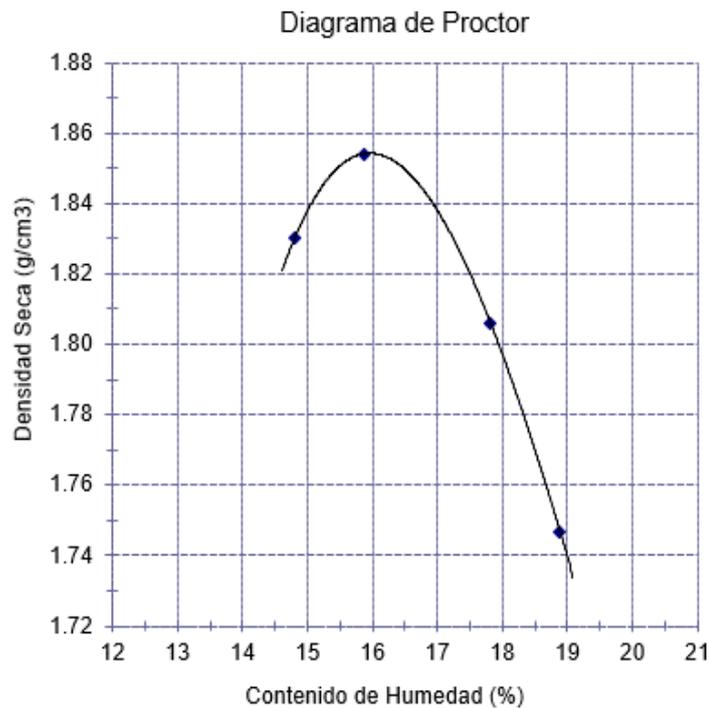
**h) Muestra de suelo natural con adición de 7.5% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXVI**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 7.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	14.80	15.88	17.81	18.89
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.830	1.854	1.806	1.747
Humedad Óptima	%	15.95			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.854			

*Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 7.5% de yeso reciclado.*



**Fig. 48** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 7.5% de yeso reciclado.

*Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 7.5% de yeso reciclado.*

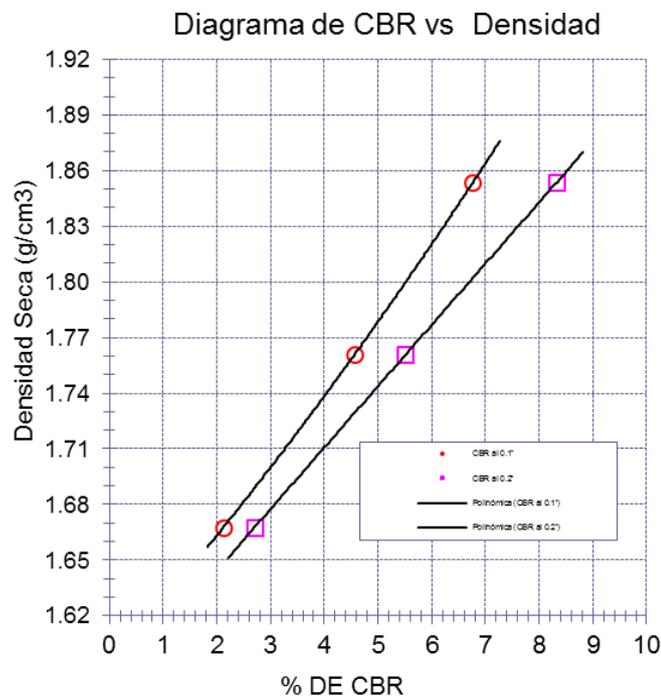
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.854 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.95%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 7.5% de yeso reciclado.

**Tabla LXXVII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 7.5% yeso reciclado.

Especimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)			(Pulg)		(%)
01	56	6.8	0.20	1.854	0.1"	100	6.8
02	25	4.6	0.26	1.761	0.1"	95	4.6
03	12	2.1	0.37	1.668	0.2"	100	8.3
					0.2"	95	5.5

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 49** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 7.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 7.5% de yeso reciclado, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.6%, considerándose una subrasante insuficiente.

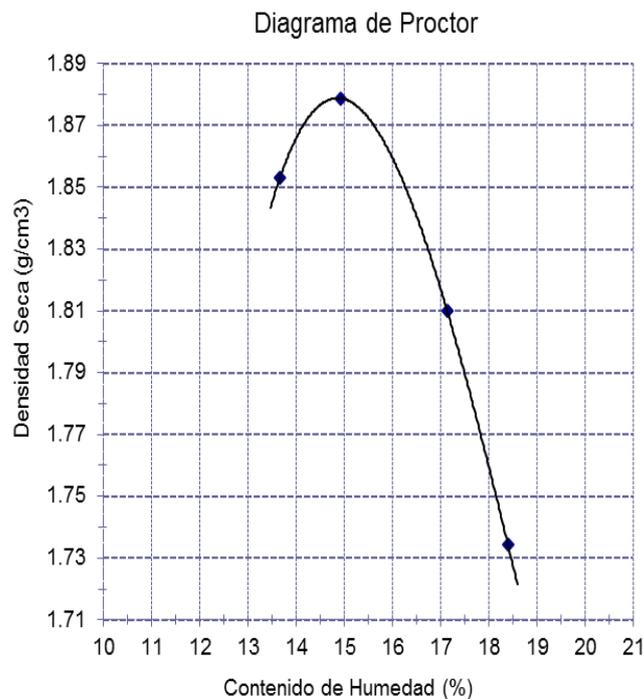
**i) Muestra de suelo natural con adición de 10.0% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXVIII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 10.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	13.67	14.94	17.14	18.40
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.853	1.879	1.810	1.735
Humedad Óptima	%	14.87			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.879			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 7.5% de yeso reciclado.



**Fig. 50** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 10% de yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 10.0% de yeso reciclado.

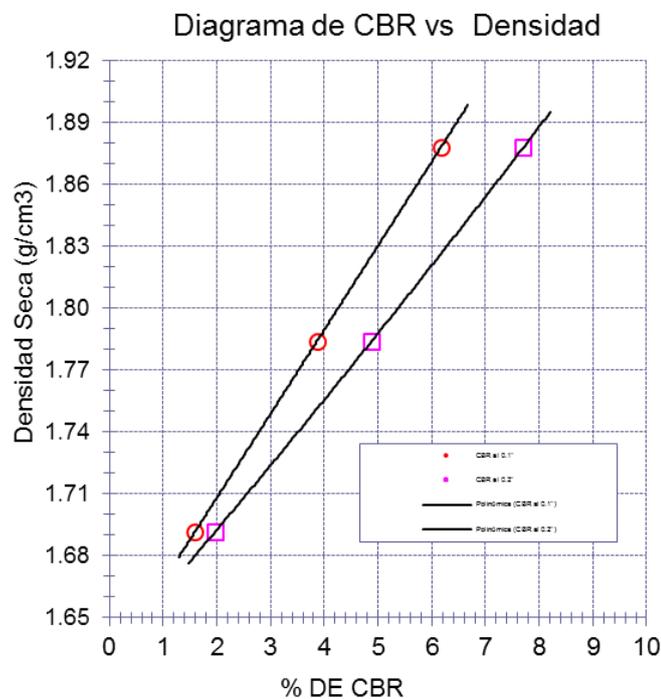
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.879 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 14.87%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 10.0% de yeso reciclado.

**Tabla LXXIX.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 10.0% yeso reciclado

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)					
01	56	6.2	0.54	1.878	0.1"	100	6.2
02	25	3.9	0.62	1.784	0.1"	95	3.9
03	12	1.6	0.69	1.691	0.2"	100	7.7
					0.2"	95	4.9

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 51** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural – 10.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 10.0% de yeso reciclado, donde se determina que el valor de CBR al 95% de MDS es de 3.9%, considerándose una subrasante insuficiente.

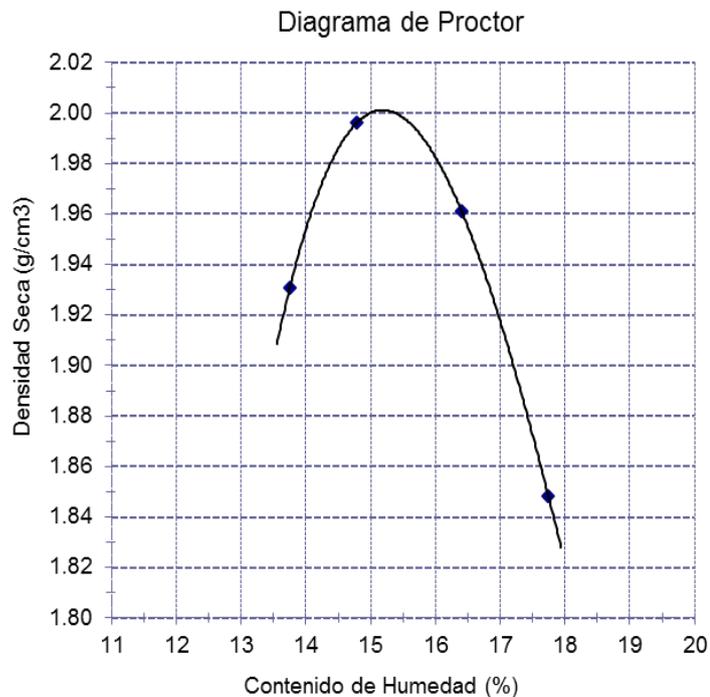
**j) Muestra de suelo natural con adición de 0.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXX.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	13.75	14.78	16.40	17.74
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.931	1.996	1.961	1.848
Humedad Óptima	%	15.20			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	2.001			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.



**Fig. 52** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

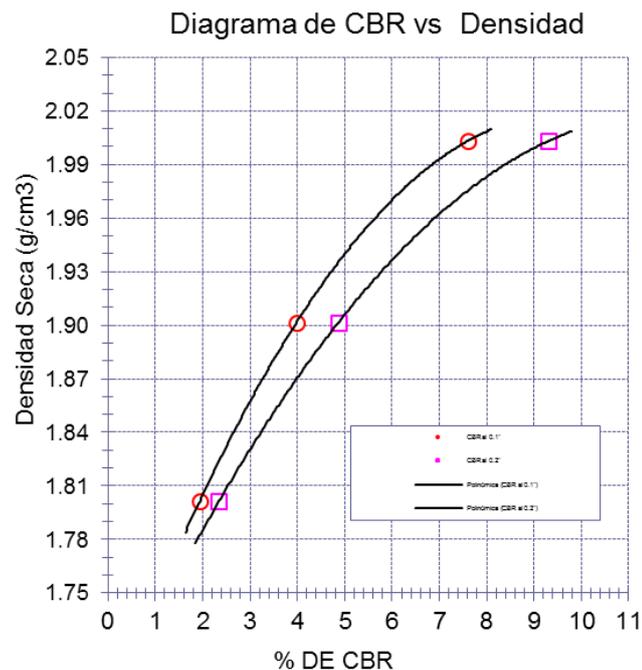
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 2.001 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.20%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

**Tabla LXXXI.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.6	0.66	2.003	0.1"	100	7.5
02	25	4.0	0.68	1.901	0.1"	95	4.0
03	12	1.9	0.69	1.801	0.2"	100	9.2
					0.2"	95	4.9

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 53** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.0%, considerándose una subrasante insuficiente.

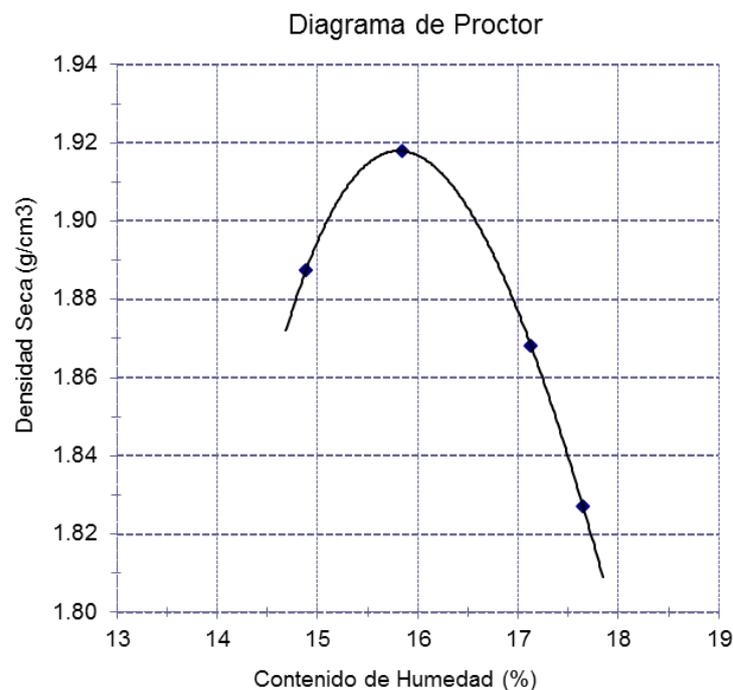
**k) Muestra de suelo natural con adición de 0.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXXII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	14.89	15.84	17.13	17.65
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.887	1.918	1.868	1.827
Humedad Óptima	%	15.82			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.918			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.



**Fig. 54** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

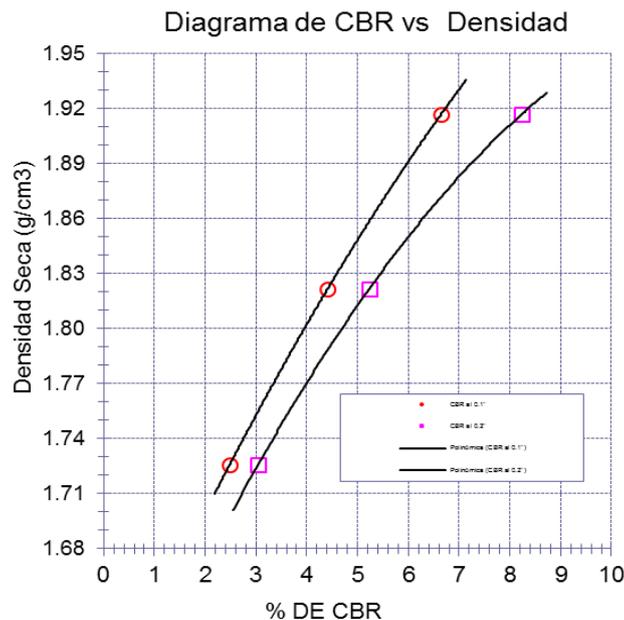
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.918 gr/cm<sup>3</sup>, para un contenido de humedad de 15.82%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

**Tabla LXXXIII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	6.6	0.40	1.917	0.1"	100	6.7
02	25	4.4	0.42	1.822	0.1"	95	4.4
03	12	2.5	0.44	1.726	0.2"	100	8.3
					0.2"	95	5.2

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 55** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.4%, considerándose una subrasante insuficiente.

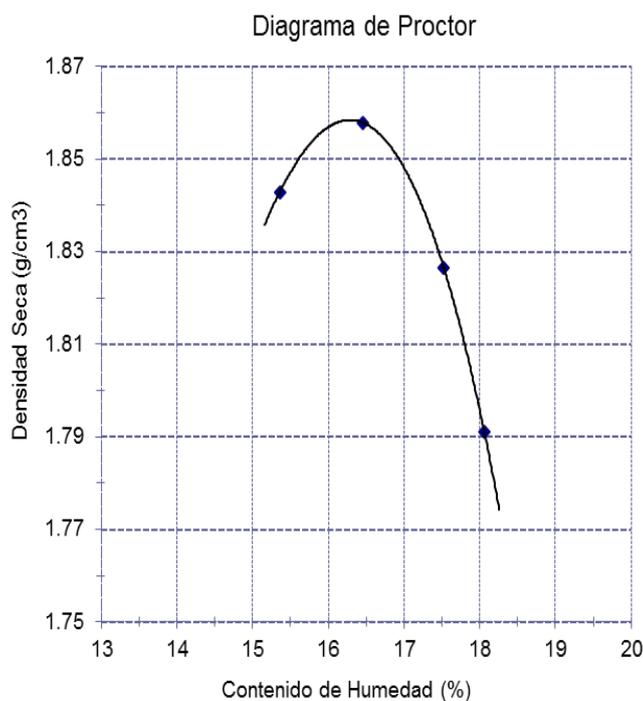
**I) Muestra de suelo natural con adición de 0.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXXIV.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	15.36	16.46	17.52	18.06
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.843	1.858	1.827	1.791
Humedad Óptima	%	16.29			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.858			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.



**Fig. 56** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

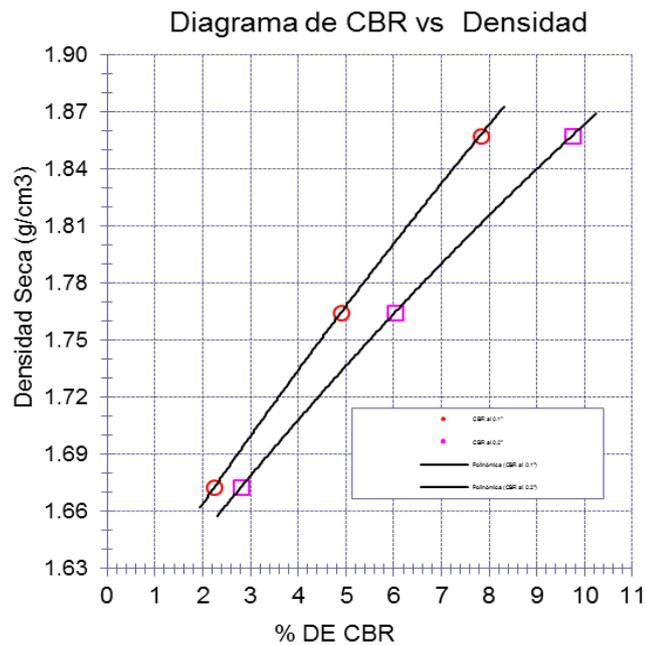
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.858 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 16.29%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

**Tabla LXXXV.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.8	0.20	1.858	0.1"	100	7.8
02	25	4.9	0.20	1.765	0.1"	95	4.9
03	12	2.2	0.26	1.673	0.2"	100	9.8
					0.2"	95	6.1

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 57** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.9%, considerándose una subrasante insuficiente.

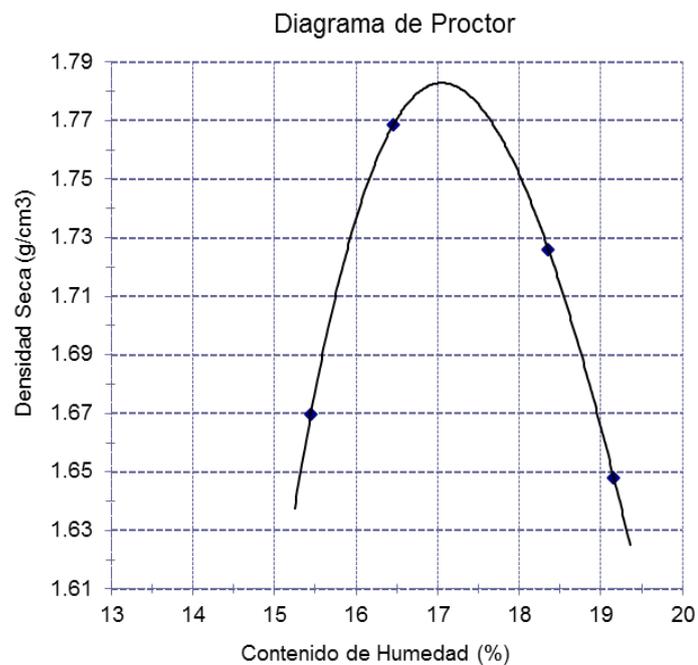
**m) Muestra de suelo natural con adición de 0.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.**

**Tabla LXXXVI.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	15.45	16.46	18.36	19.16
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.670	1.769	1.726	1.648
Humedad Óptima	%	17.05			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.783			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.



**Fig. 58** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 0.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 0.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

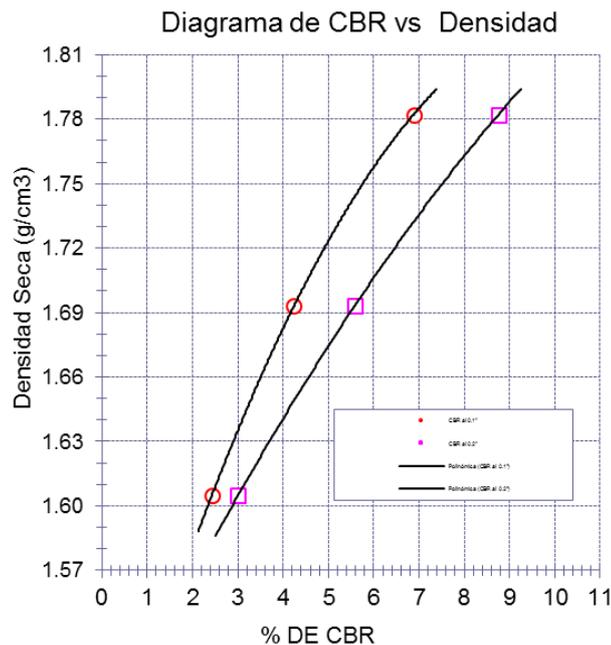
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.783 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 17.05%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

**Tabla LXXXVII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	6.9	0.21	1.782	0.1"	100	6.9
02	25	4.2	0.23	1.693	0.1"	95	4.3
03	12	2.4	0.27	1.605	0.2"	100	8.8
					0.2"	95	5.6

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 59** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 0.5% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 0.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.3%, considerándose una subrasante insuficiente.

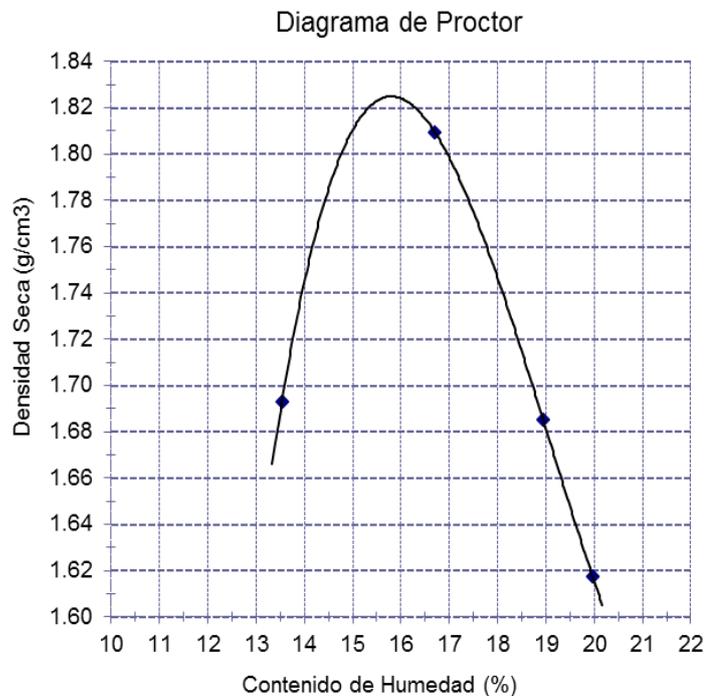
n) Muestra de suelo natural con adición de 1.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

**Tabla LXXXVIII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	13.54	16.70	18.94	19.97
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.693	1.810	1.685	1.618
Humedad Óptima	%	15.78			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.825			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.



**Fig. 60** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

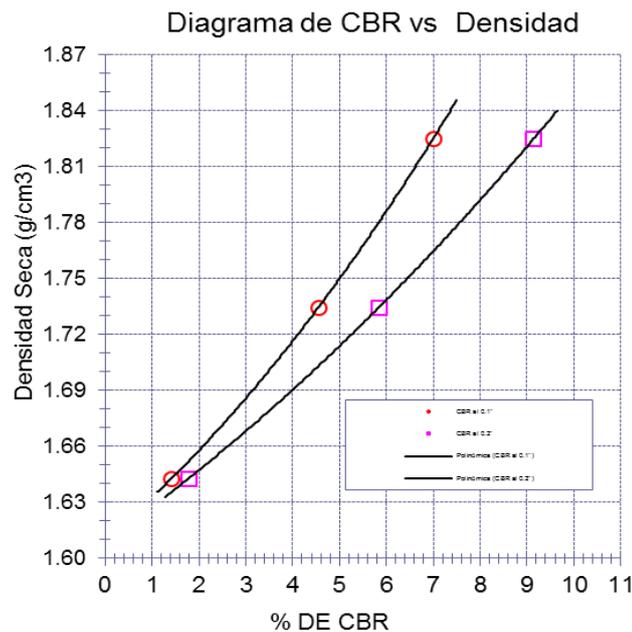
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.825 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.78%, en una muestra de suelo natural con adición de 1.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

**Tabla LXXXIX.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.0	0.55	1.825	0.1"	100	7.0
02	25	4.5	0.55	1.734	0.1"	95	4.5
03	12	1.4	0.61	1.643	0.2"	100	9.2
					0.2"	95	5.8

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 61** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.5%, considerándose una subrasante insuficiente.

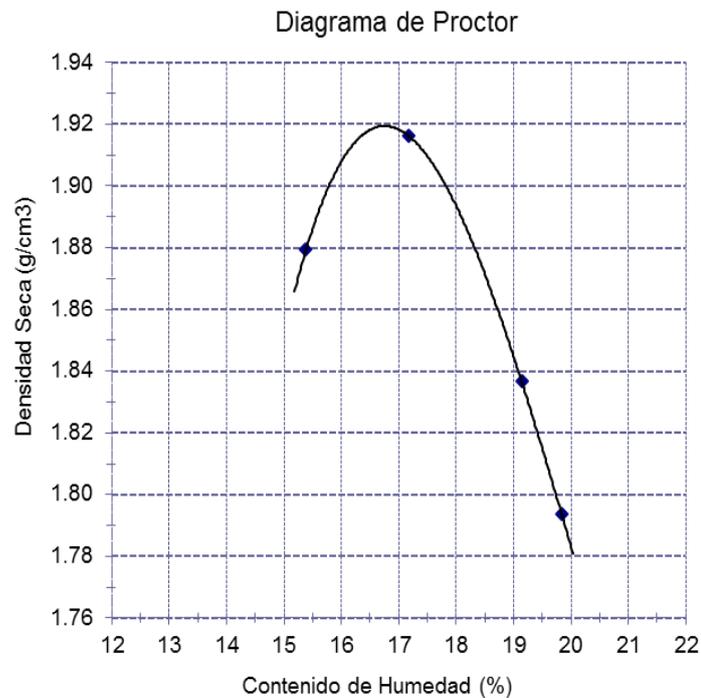
**o) Muestra de suelo natural con adición de 1.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.**

**Tabla XC.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	15.38	17.17	19.14	19.84
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.879	1.916	1.837	1.794
Humedad Óptima	%	16.76			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.919			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.



**Fig. 62** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

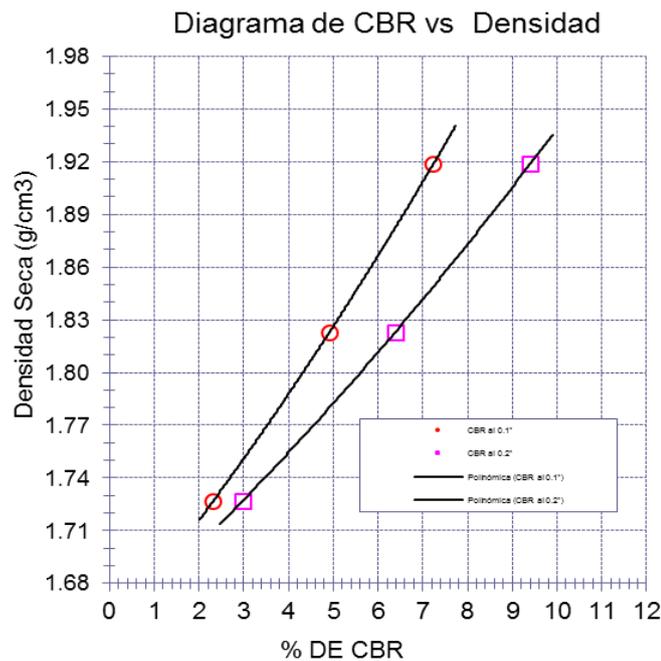
En la tabla y figura anteriores se muestra la densidad seca máxima de 1.919 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 16.76%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

**Tabla XCI.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.2	0.40	1.919	0.1"	100	7.3
02	25	4.9	0.52	1.823	0.1"	95	4.9
03	12	2.3	0.54	1.727	0.2"	100	9.4
					0.2"	95	6.4

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 63** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presenta los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.9%, considerándose una subrasante insuficiente.

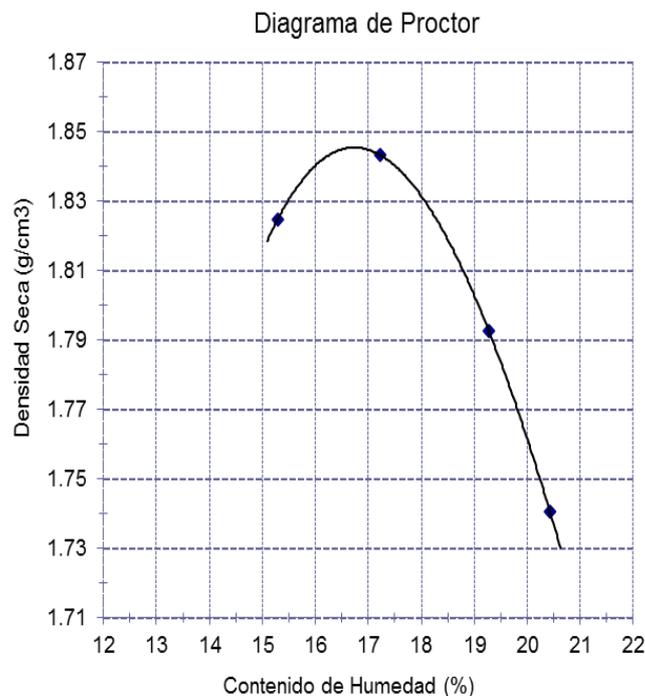
p) Muestra de suelo natural con adición de 1.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

**Tabla XCII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	15.28	17.22	19.28	20.43
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.825	1.843	1.793	1.741
Humedad Óptima	%	16.72			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.846			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.



**Fig. 64** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

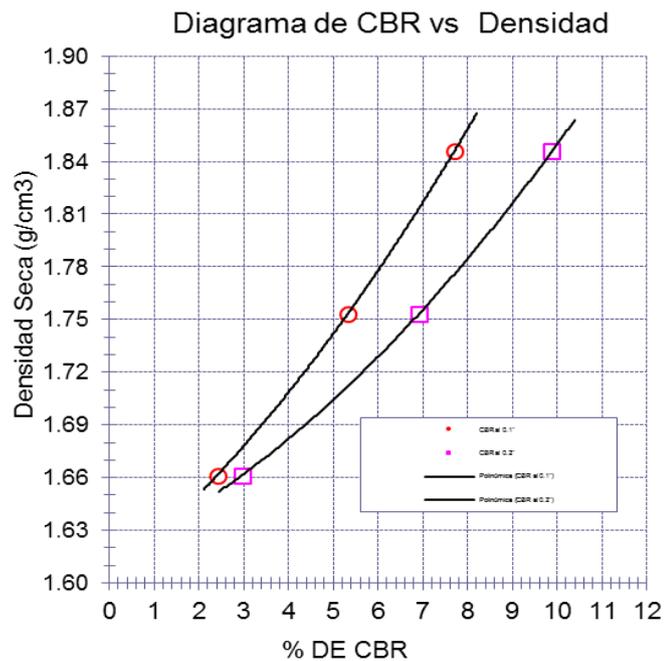
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.846 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 16.72%, en una muestra de suelo natural con adición de 1.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

**Tabla XCIII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.7	0.25	1.846	0.1"	100	7.7
02	25	5.3	0.32	1.753	0.1"	95	5.3
03	12	2.4	0.33	1.661	0.2"	100	9.9
					0.2"	95	6.9

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 65** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 5.3% considerándose una subrasante insuficiente.

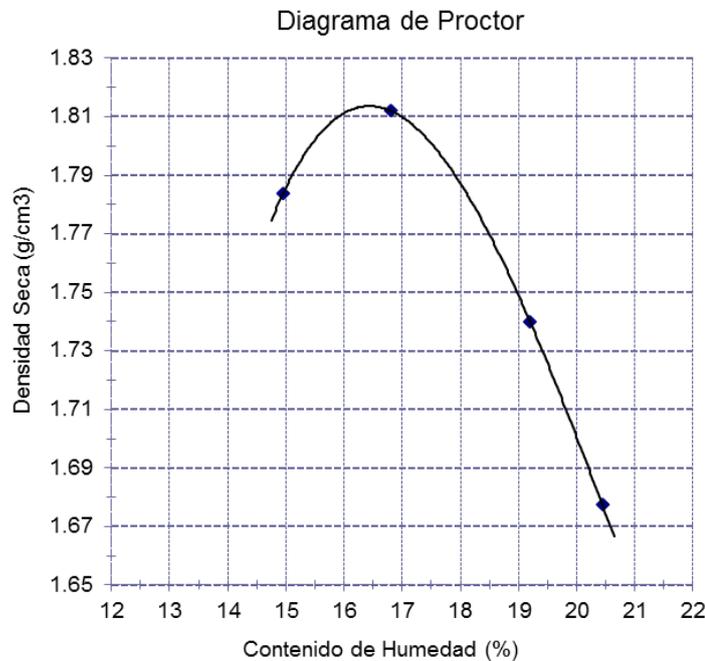
**q) Muestra de suelo natural con adición de 1.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.**

**Tabla XCIV.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	14.95	16.81	19.20	20.44
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.784	1.812	1.740	1.677
Humedad Óptima	%	16.42			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.814			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.



**Fig. 66** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.0% de fibras de yute y 10% de yeso reciclado.

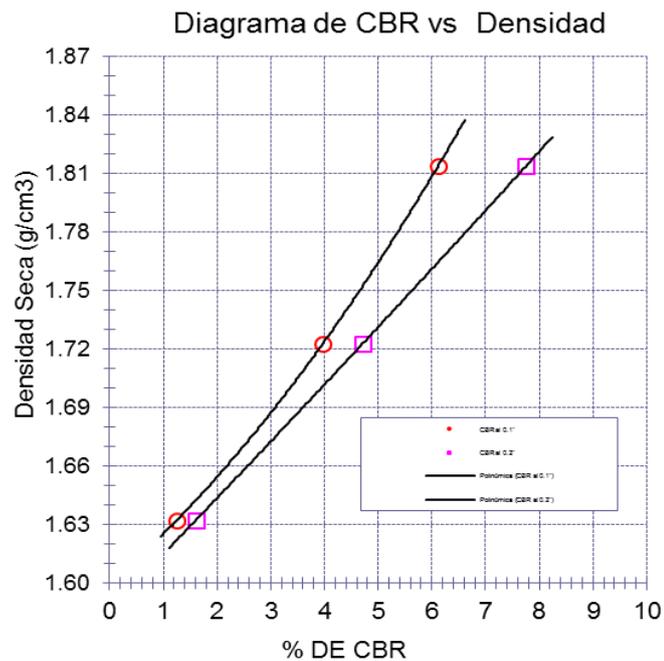
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.814 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 16.42%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

**Tabla XCV.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	6.1	0.25	1.813	0.1"	100	6.1
02	25	4.0	0.32	1.723	0.1"	95	4.0
03	12	1.2	0.33	1.632	0.2"	100	7.8
					0.2"	95	4.7

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 67** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.0% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.0% considerándose una subrasante insuficiente.

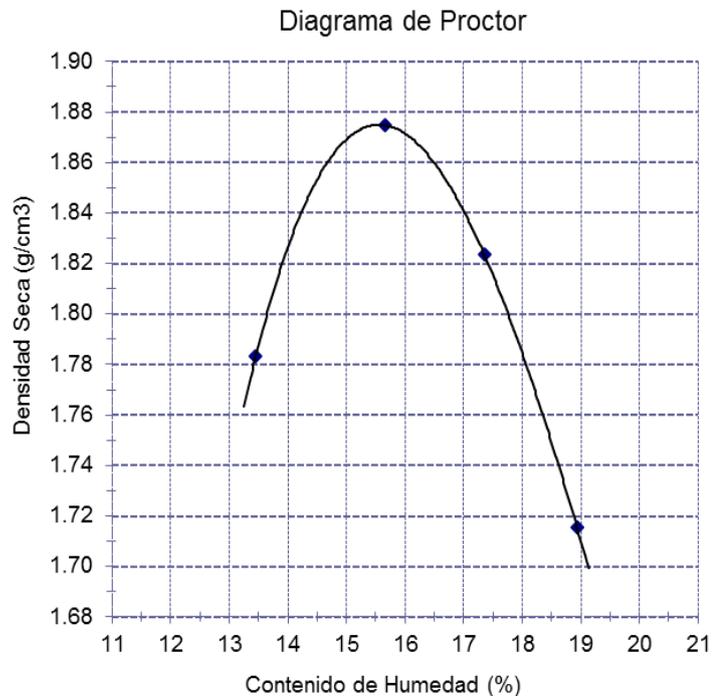
r) **Muestra de suelo natural con adición de 1.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.**

**Tabla XCVI.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	13.45	15.66	17.35	18.93
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.783	1.875	1.824	1.716
Humedad Óptima	%	15.55			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.875			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.



**Fig. 68** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

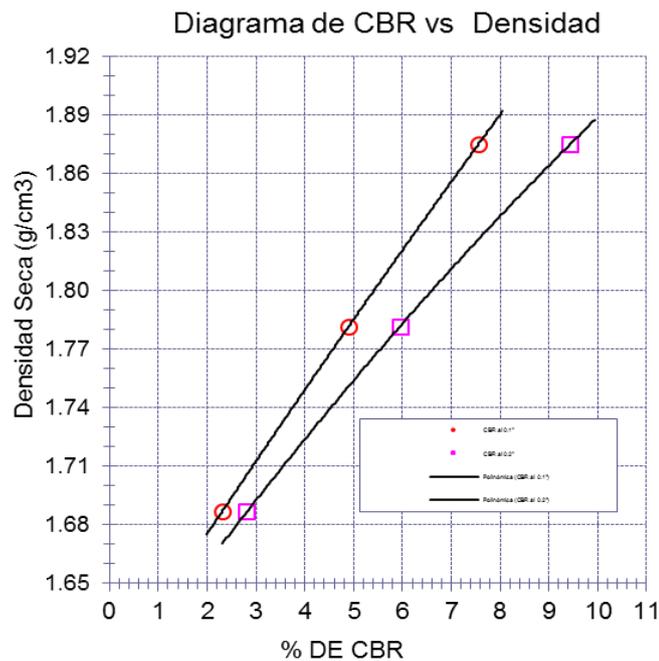
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.875 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.55%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

**Tabla XCVII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.6	0.28	1.875	0.1"	100	7.6
02	25	4.9	0.49	1.781	0.1"	95	4.9
03	12	2.3	0.52	1.687	0.2"	100	9.4
					0.2"	95	5.9

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 69** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se presentan los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.9% considerándose una subrasante insuficiente.

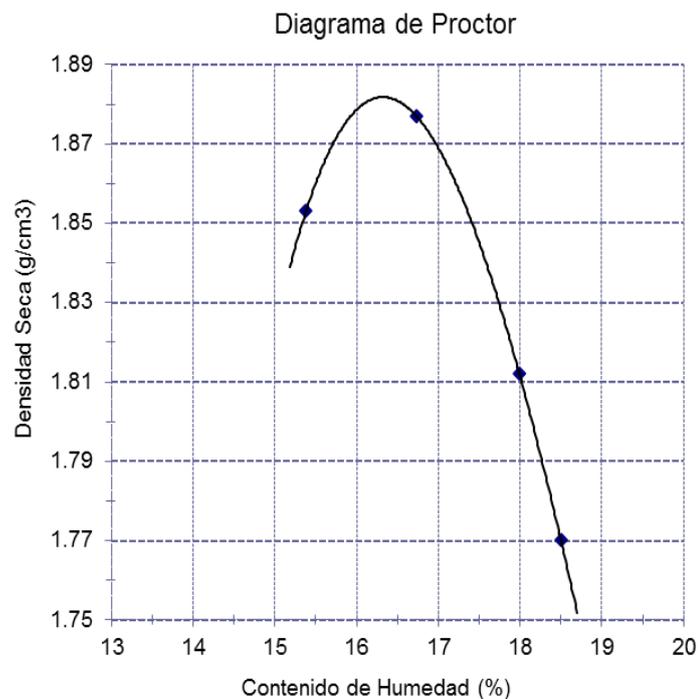
s) Muestra de suelo natural con adición de 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

**Tabla XCVIII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	15.38	16.73	17.99	18.50
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.853	1.877	1.812	1.770
Humedad Óptima	%	16.30			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.882			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.



**Fig. 70** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

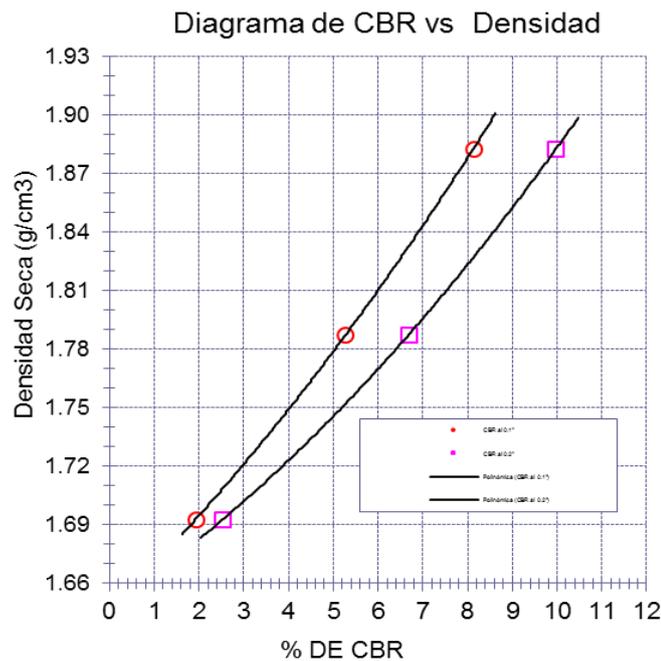
En la tabla y figura anteriores se muestra la densidad seca máxima de 1.882 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 16.30%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

**Tabla XCIX.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	8.1	0.44	1.882	0.1"	100	8.1
02	25	5.3	0.49	1.787	0.1"	95	5.3
03	12	1.9	0.51	1.693	0.2"	100	10.0
					0.2"	95	6.7

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 71** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 5.3% considerándose una subrasante insuficiente.

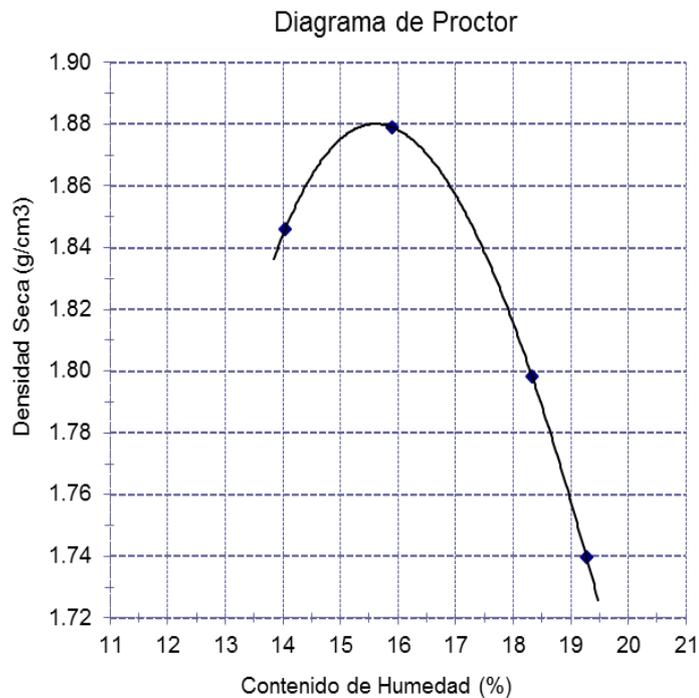
t) **Muestra de suelo natural con adición de 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.**

**Tabla C.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	14.04	15.90	18.33	19.28
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.846	1.879	1.798	1.740
Humedad Óptima	%	15.58			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.880			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.



**Fig. 72** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

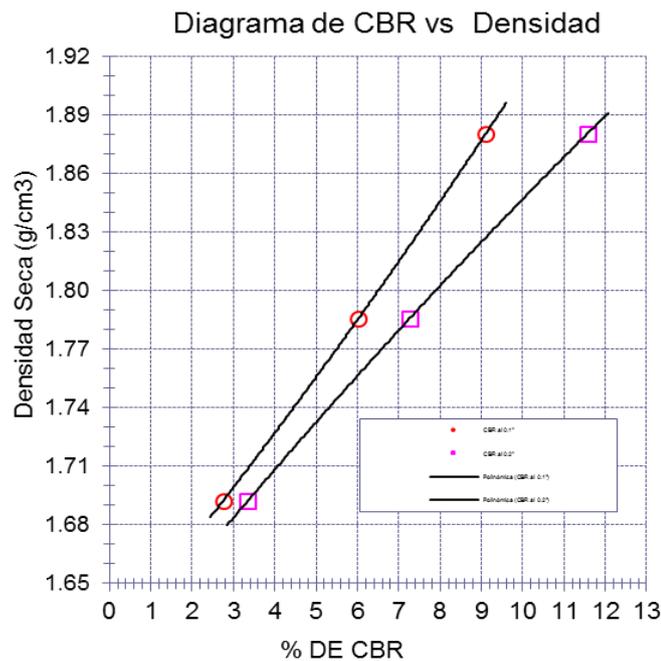
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.88 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.580%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

**Tabla CI.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	9.1	0.26	1.880	0.1"	100	9.1
02	25	6.0	0.35	1.786	0.1"	95	6.0
03	12	2.8	0.39	1.692	0.2"	100	11.6
					0.2"	95	7.3

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 73** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 6.0% considerándose una subrasante regular.

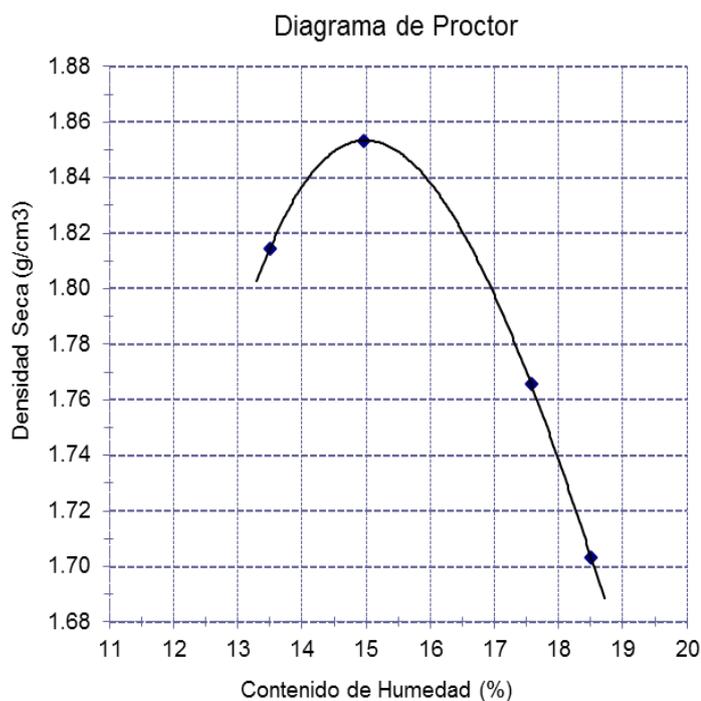
**u) Muestra de suelo natural con adición de 1.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.**

**Tabla CII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	13.50	14.96	17.57	18.51
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.814	1.853	1.766	1.703
Humedad Óptima	%	15.00			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.853			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.



**Fig. 74** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 1.5% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 1.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

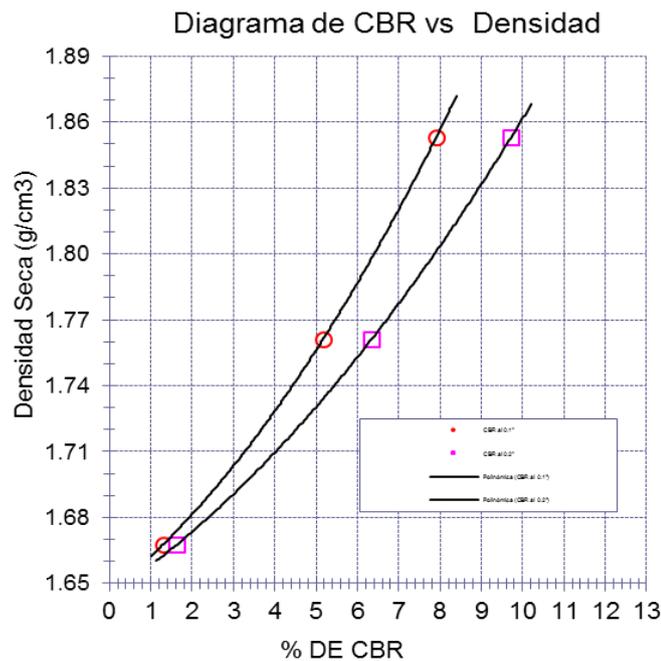
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.853 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.00%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

**Tabla CIII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.9	0.43	1.853	0.1"	100	7.9
02	25	5.2	0.54	1.761	0.1"	95	5.2
03	12	1.3	0.58	1.668	0.2"	100	9.7
					0.2"	95	6.3

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 75** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 1.5% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 1.5% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 5.2% considerándose una subrasante insuficiente.

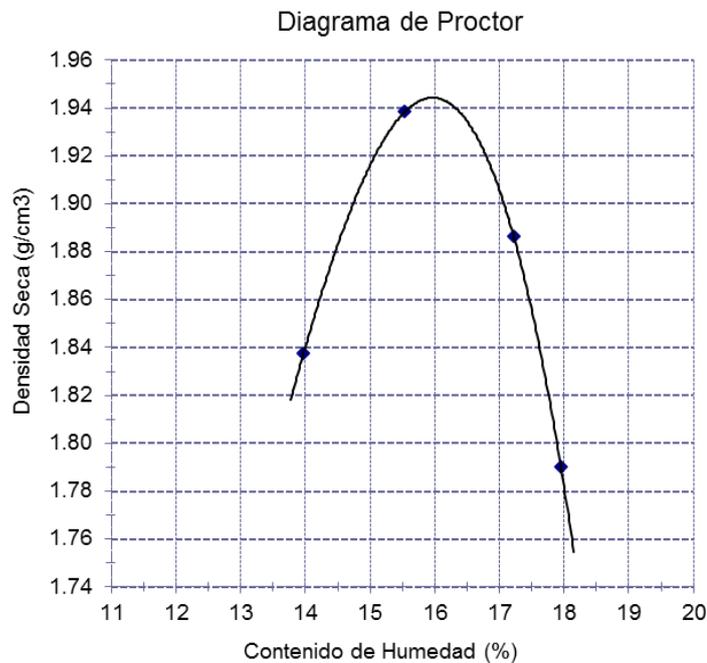
v) Muestra de suelo natural con adición de 2.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

**Tabla CIV.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	13.97	15.54	17.22	17.95
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.838	1.938	1.886	1.790
Humedad Óptima	%	15.97			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.944			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.



**Fig. 76** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 2.5% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

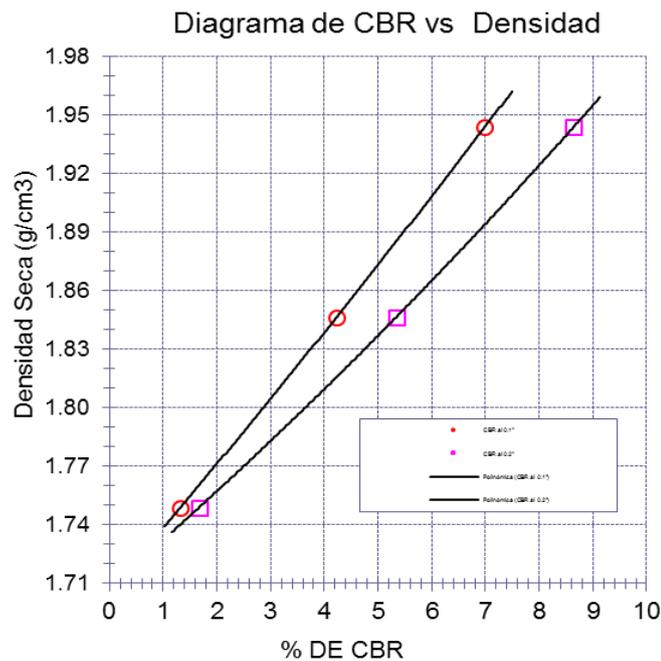
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.944 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.97%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

**Tabla CV.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.0	0.42	1.944	0.1"	100	7.0
02	25	4.2	0.54	1.847	0.1"	95	4.2
03	12	1.3	0.58	1.749	0.2"	100	8.7
					0.2"	95	5.4

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 77** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 2.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 2.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.2% considerándose una subrasante insuficiente.

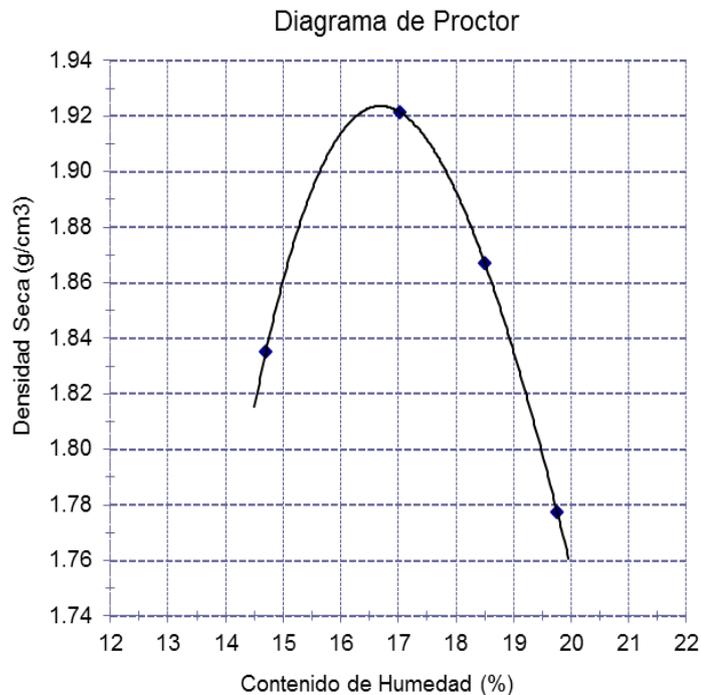
w) Muestra de suelo natural con adición de 2.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

**Tabla CVI.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	14.70	17.03	18.50	19.76
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.835	1.921	1.867	1.778
Humedad Óptima	%	16.74			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.923			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.



**Fig. 78** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 5.0% yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

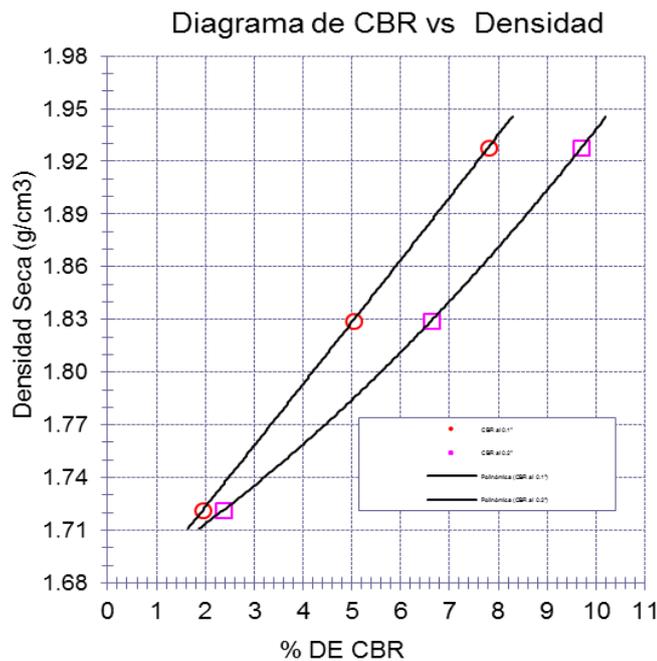
En la tabla y figura anteriores se observa que la densidad seca máxima es de 1.923 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 16.74%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

**Tabla CVII.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.8	0.46	1.928	0.1"	100	7.7
02	25	5.0	0.50	1.829	0.1"	95	5.0
03	12	2.0	0.55	1.722	0.2"	100	9.6
					0.2"	95	6.5

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 79** Resultados de CBR – suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 5.0% de yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 5.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 5.0% considerándose una subrasante insuficiente.

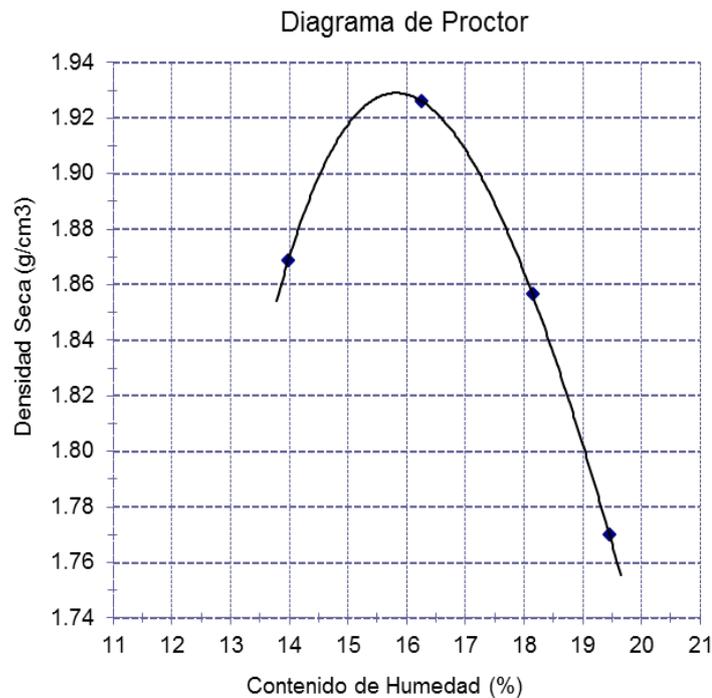
x) Muestra de suelo natural con adición de 2.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

**Tabla CVIII.**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	13.98	16.25	18.14	19.45
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.869	1.926	1.857	1.770
Humedad Óptima	%	15.80			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.929			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.



**Fig. 80** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 7.5% de yeso reciclado.

Nota: En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

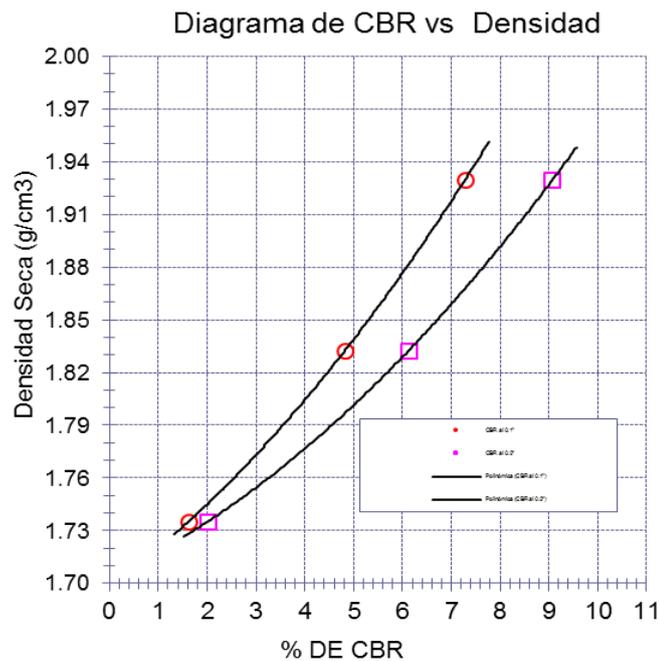
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.929 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 15.80%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

**Tabla CIX.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	7.3	0.57	1.929	0.1"	100	7.3
02	25	4.8	0.60	1.832	0.1"	95	4.8
03	12	1.6	0.65	1.735	0.2"	100	9.1
					0.2"	95	6.1

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 81** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 7.5% yeso reciclado.

*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.8% considerándose una subrasante insuficiente.

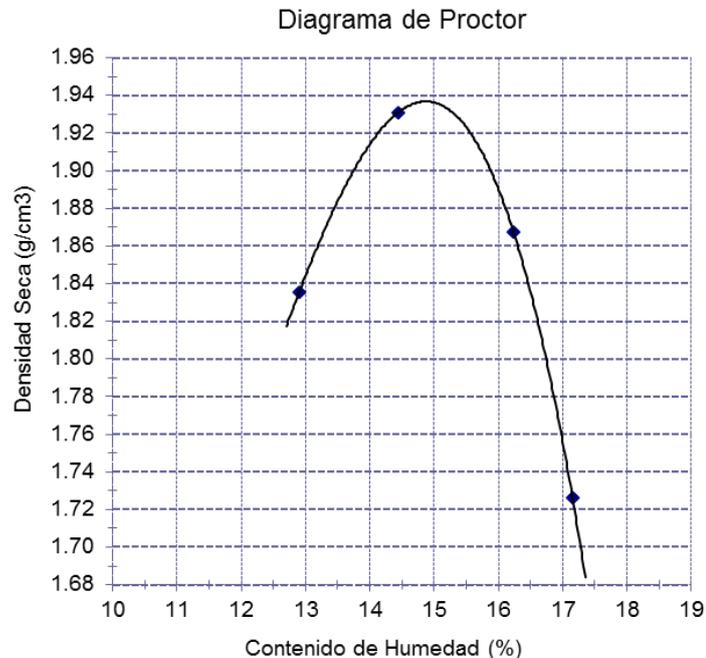
**y) Muestra de suelo natural con adición de 2.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.**

**Tabla CX .**

Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

Contenido de Humedad	%	12.90	14.43	16.23	17.15
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.836	1.931	1.868	1.726
Humedad Óptima	%	14.85			
Densidad Seca Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.937			

Nota: La tabla muestra el porcentaje de humedad optimo y densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.



**Fig. 82** Ensayo de compactación proctor modificado de suelo natural – 2.0% de fibras de yute – 10.0% de yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se aprecia la cantidad de humedad necesaria para alcanzar la densidad seca máxima del suelo con adición de 2.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

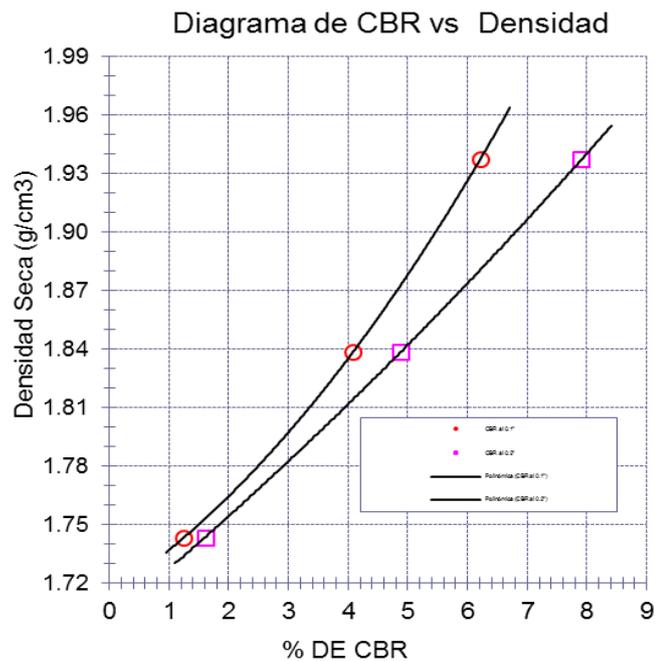
En la tabla y figura anteriores se presenta la densidad seca máxima de 1.937 gr/cm<sup>3</sup>, con un contenido de humedad de 14.85%, en una muestra de suelo natural con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

**Tabla CXI.**

Resultados de CBR al 100% y 95% del Suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado.

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión	Densidad seca	CBR a la penetración	% de MDS	CBR
		(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(Pulg)		(%)
01	56	6.2	0.51	1.937	0.1"	100	6.2
02	25	4.1	0.57	1.838	0.1"	95	4.1
03	12	1.2	0.60	1.743	0.2"	100	7.9
					0.2"	95	4.9

*Nota:* La tabla muestra los resultados de CBR a diferentes grados de compactación.



**Fig. 83** Diagrama de CBR vs densidad seca de un suelo natural con 2.0% de fibras de yute y 10.0% yeso reciclado.

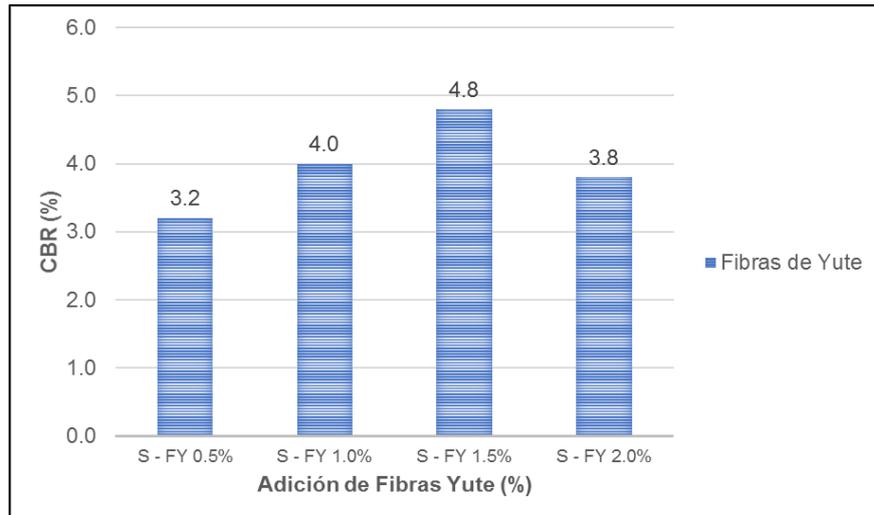
*Nota:* La figura muestra la relación de la densidad seca con el índice de CBR.

En la tabla y figura anteriores se observa los resultados del ensayo de CBR para un suelo con incorporación de 2.0% de fibras de yute y 10.0% de yeso reciclado, donde se determinó que el valor de CBR al 95% de MDS es de 4.1% considerándose una subrasante insuficiente.

**Tabla CXII.**  
Resumen de resultados de CBR.

Ítem	Máxima Densidad Seca	CBR (100%)	CBR (95%)
Suelo Natural	1.982 g./cc	3.3	2.2
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm	1.975 g./cc	4.3	3.2
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm	2.043 g./cc	6.0	4.0
<b>Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm</b>	<b>1.910 g./cc</b>	<b>7.6</b>	<b>4.8</b>
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm	1.865 g./cc	7.2	3.8
Suelo / Yeso reciclado 2.5%	1.932 g./cc	5.9	3.4
Suelo / Yeso reciclado 5.0%	1.925 g./cc	7.4	4.0
<b>Suelo / Yeso reciclado 7.5%</b>	<b>1.854 g./cc</b>	<b>6.8</b>	<b>4.6</b>
Suelo / Yeso reciclado 10.0%	1.879 g./cc	6.2	3.9
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	2.001 g./cc	7.5	4.0
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	1.918 g./cc	6.7	4.4
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%	1.858 g./cc	7.8	4.9
Suelo / Fibra de yute 0.5% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	1.783 g./cc	6.9	4.3
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	1.825 g./cc	7.0	4.5
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	1.919 g./cc	7.3	4.9
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%	1.846 g./cc	7.7	5.3
Suelo / Fibra de yute 1.0% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	1.814 g./cc	6.1	4.0
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	1.875 g./cc	7.6	4.9
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	1.882 g./cc	8.1	5.3
<b>Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%</b>	<b>1.880 g./cc</b>	<b>9.1</b>	<b>6.0</b>
Suelo / Fibra de yute 1.5% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	1.853 g./cc	7.9	5.2
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 2.5%	1.944 g./cc	7.0	4.2
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 5.0%	1.923 g./cc	7.7	5.0
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 7.5%	1.929 g./cc	7.3	4.8
Suelo / Fibra de yute 2.0% / 20 mm / Yeso reciclado 10.0%	1.937 g./cc	6.2	4.1

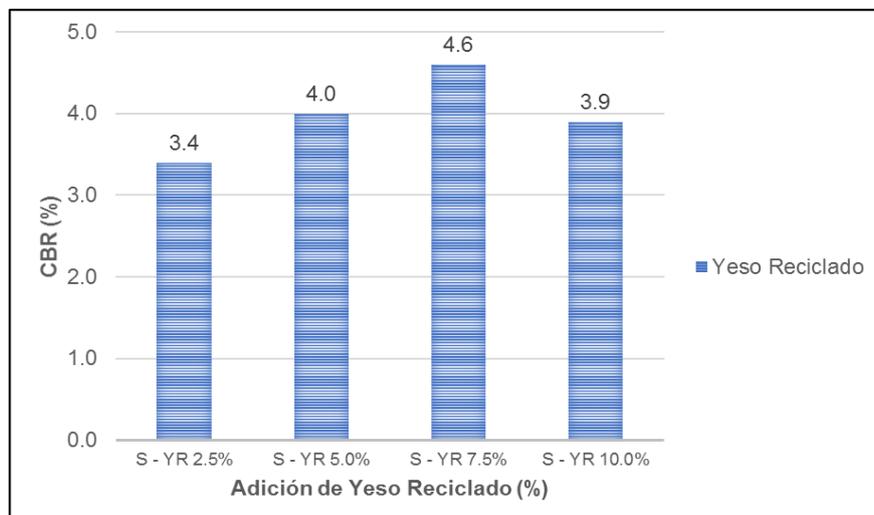
*Nota:* Elaboración propia.



**Fig. 84** Resultados de CBR al 95% de una muestra de suelo con adición de fibras de yute.

*Nota:* En la figura se muestra los valores de CBR al adicionar 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de fibras de yute, en una muestra de suelo natural.

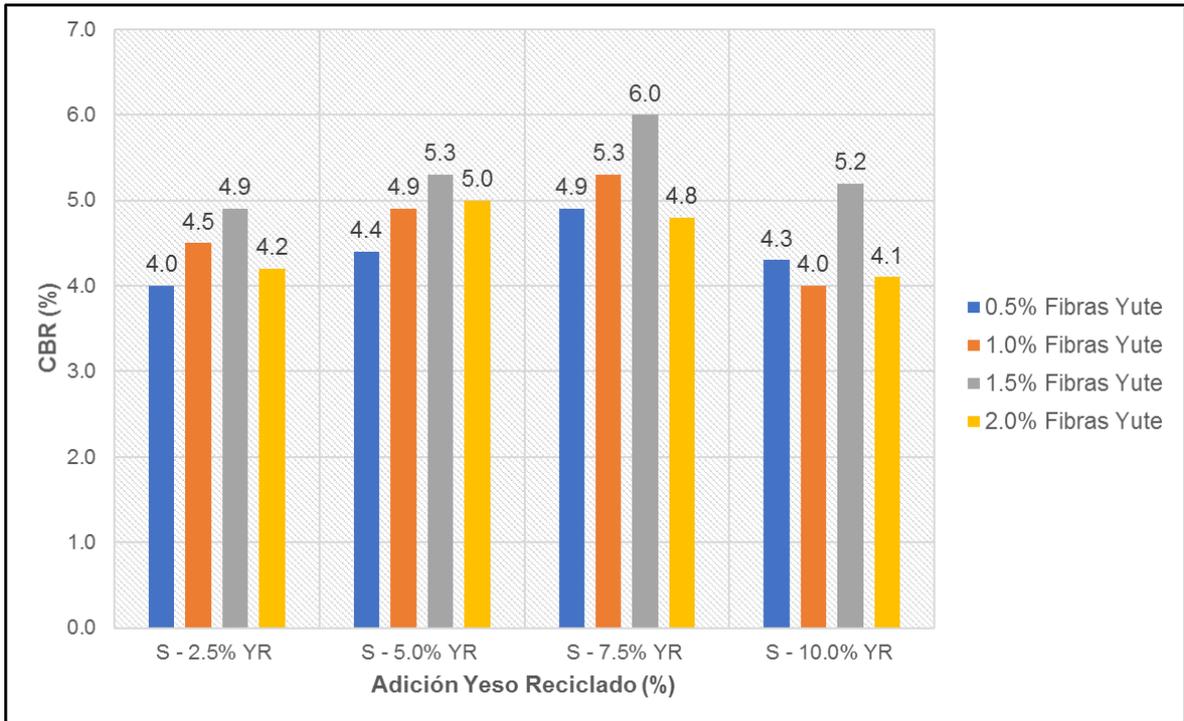
Los resultados comprueban que al adicionar 1.5% de fibras de yute se obtiene 4.8% de CBR, incrementando en 118% su valor con respecto a una muestra de suelo natural.



**Fig. 85** Resultados de CBR al 95% de una muestra de suelo con adición de yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se observa los valores de CBR al adicionar 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10.0% de yeso reciclado.

Los resultados evidencian que al adicionar 7.5% de yeso reciclado se obtiene 4.6% de CBR, incrementando en 109% su valor con respecto a una muestra de suelo natural.



**Fig. 86** Resultados de CBR al 95% de una muestra de suelo con adición de fibras de yute y yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se observa los valores de CBR al adicionar 0.5%, 1.0%, 1.5%, y 2.0% de fibras de yute y 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10.0% de yeso reciclado sobre una muestra de suelo natural.

Los resultados muestran que al adicionar 7.5% de yeso reciclado y 1.5% de fibras de yute se obtiene 6.0% de CBR al 95% de su densidad seca máxima, incrementando en 173% su valor con respecto a una muestra de suelo natural.

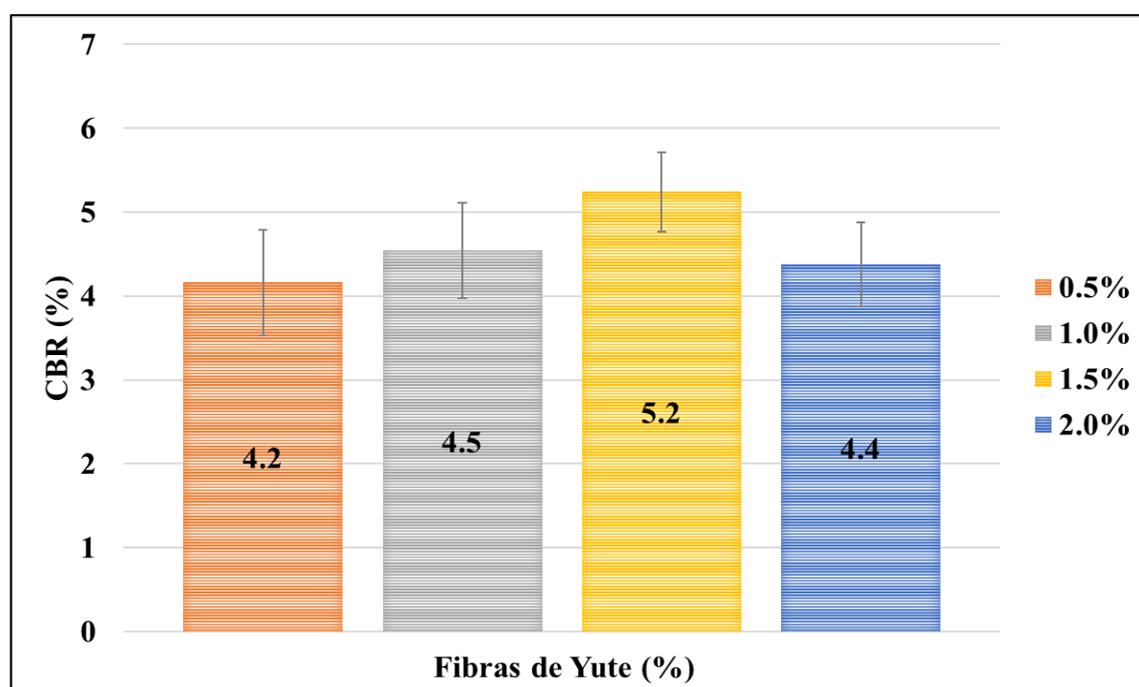
## Análisis de desviación estándar y coeficiente de variación.

Tabla CXIII.

Análisis de desviación estándar y coeficiente de variación de las fibras de yute.

Fibras de yute	Promedio CBR	Des. Estándar	Coef. de Variación
0.5%	4.2	0.63	15.07
1.0%	4.5	0.57	12.52
<b>1.5%</b>	<b>5.2</b>	<b>0.47</b>	<b>9.01</b>
2.0%	4.4	0.50	11.46

Nota: La tabla muestra el promedio de los resultados de CBR de las fibras de yute.



**Fig. 87** Grafica de la desviación estándar y coeficiente de variación de las fibras de yute.

Nota: En la figura se aprecia gráficamente los resultados de desviación estándar y coeficiente de variación de las fibras de yute.

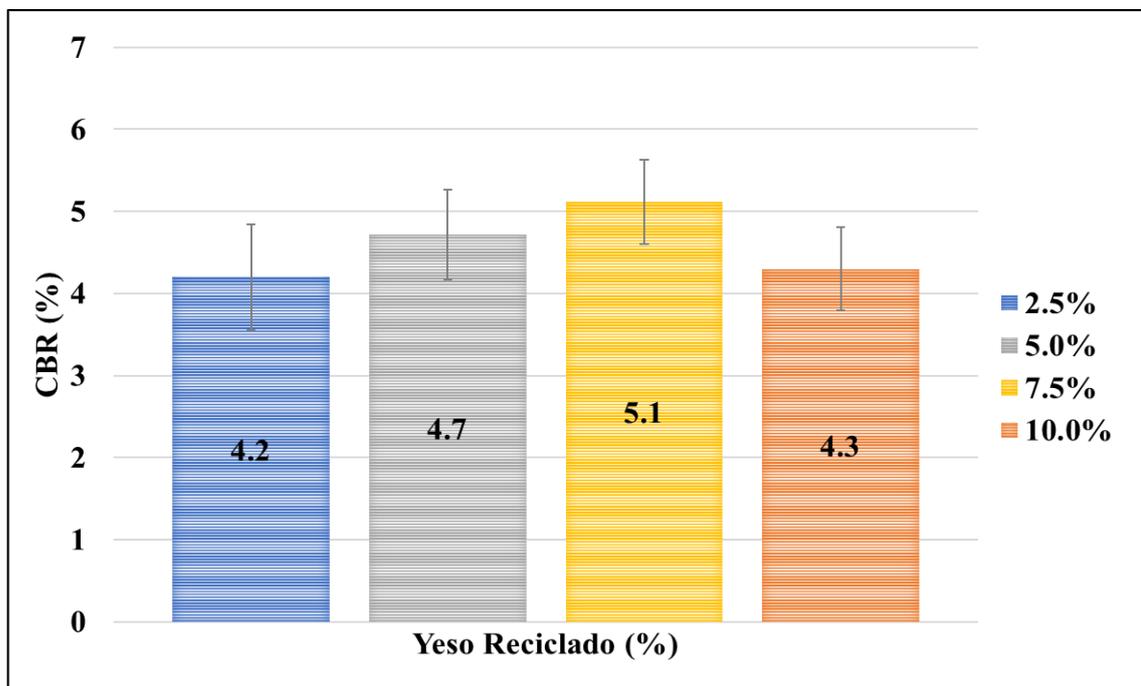
Dentro del análisis se determinó que el porcentaje de 1.5% de fibras de yute presenta una desviación estándar de 0.47, deduciendo que este porcentaje posee cierta confiabilidad por ser un valor bajo y tener coeficiente de variación menor.

**Tabla CXIV.**

Análisis de desviación estándar y coeficiente de variación del yeso reciclado.

Yeso reciclado	Promedio CBR	Des. Estándar	Coef. de Variación
2.5%	4.2	0.65	15.41
5.0%	4.7	0.55	11.60
<b>7.5%</b>	<b>5.1</b>	<b>0.51</b>	<b>10.01</b>
10.0%	4.3	0.51	11.90

*Nota:* La tabla muestra el promedio de los resultados de CBR del yeso reciclado.



**Fig. 88** Grafica de la desviación estándar y coeficiente de variación del yeso reciclado.

*Nota:* En la figura se aprecia gráficamente los resultados de desviación estándar y coeficiente de variación del yeso reciclado.

Dentro del análisis se determinó que el porcentaje de 7.5% de yeso reciclado presenta una desviación estándar de 0.51, deduciendo que este porcentaje poseen cierta confiabilidad por ser un valor bajo y tener coeficiente de variación menor.

### 3.2 Discusión

Los ensayos ejecutados en laboratorio sirvieron para establecer las características físicas de las muestras extraídas, y posteriormente identificar la clase de suelo al que pertenecían. Según clasificación SUCS, se comprobó que el suelo relevante en la zona del sector La Joyita de Pimentel, es una arcilla arenosa de baja plasticidad, y según la clasificación AASHTO clasifica como un suelo malo. Los resultados poseen similitud con lo encontrado por los autores [19] quienes en su investigación obtuvieron una arcilla de baja plasticidad según clasificación SUCS.

Del ensayo de relación de soporte California se pudo determinar que el suelo en condición natural presenta un CBR al 95% de la MDS de 2.2%, clasificando según el manual de suelos y pavimentos como una sub rasante inadecuada. Luego de adicionar fibras de yute en porcentajes entre 0.5% y 2.0%, se comprueba que 1.5% es el contenido óptimo para incrementar el CBR en 118% con respecto a una muestra sin tratar. El contenido óptimo es similar a lo analizado por [10] quienes al incorporar 1.5% de fibras de yute, comprobaron que el valor de CBR incrementó en 209%, de igual forma los autores [8] indican que 1.5% es el porcentaje que permite mejorar en 64% la resistencia a la compresión de un suelo blando. Es importante resaltar que en ambas investigaciones se manejaron similares intervalos de porcentajes, ya que autores como [11], utilizaron en su investigación porcentajes entre 0.25% y 1.5%, con intervalos de 0.25%. Definiendo que 1.25% es el contenido óptimo para que el valor de CBR incremente en 163% en un suelo expansivo. En condiciones de longitud y espesor de las fibras naturales el autor [22], coincide con la presente investigación, puesto que utilizó fibras de 20 mm de largo y 1 mm de diámetro, pero el porcentaje más favorable en su investigación fue 1.0%.

La adición de yeso reciclado entre 2.5% y 10.0% estableció que el contenido óptimo fue de 7.5%, para que el valor de CBR al 95% de la MDS incremente en 109% con respecto a una muestra natural. Los autores [19], manejaron porcentajes entre 0% y 15%, estableciendo que 5% de yeso reciclado incrementa la resistencia mecánica en 166%, de igual manera [16], definió que 5% de yeso, incrementa en 139% el valor de CBR de un suelo inestable. Por otro lado [20] manejaron porcentajes entre 2.5% y 10%, mencionando que 10% es el contenido óptimo de yeso reciclado. De las investigaciones se asume que los resultados obtenidos por

los autores difieren debido a que no se manejan porcentajes similares, ya que en los estudios anteriores no se tomó en cuenta la adición 7.5% de yeso reciclado.

La adición en conjunto de 1.5% de fibras de yute y 7.5% de yeso reciclado logran un incremento de 141% del valor de CBR al 95% de la MDS, siendo este un valor superior que cuando se trabaja con estos materiales por separado. Si bien en la actualidad no se han presentado investigaciones que combinen ambos materiales, investigadores como [21] hicieron uso de una fibra natural y un material cementante; en su estudio al incorporar 0.5% de fibras de caña y 6.25% de cal hidratada, se incrementan en 71% la resistencia mecánica de un suelo expansivo, lo que demuestra que las fibras natural y los materiales de desechos de construcción aportan significativamente en el mejoramiento de un suelo inestable.

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

##### **4.1 Conclusiones**

El suelo predominante en la zona en estudio es una arcilla arenosa de baja plasticidad, al que se le considera un suelo malo que se requiere sea estabilizado.

Luego de adicionar de manera independiente los materiales seleccionados en la muestra de suelo arcilloso, se determina que el contenido óptimo de fibras de yute es de 1.5%, con este porcentaje la máxima densidad seca fue de 1.91 g/cc y el valor de CBR de 4.8%, incrementando 118% la resistencia del suelo, asimismo cuando se agrega 7.5% de yeso reciclado, la máxima densidad seca fue de 1.854 g/cc y el valor de CBR de 4.6%, aumentando en 109% la resistencia, deduciendo que las fibras de yute brindan un mejor resultado. En el caso de la adición de ambos materiales con la muestra de suelo arcilloso, se establece que el porcentaje óptimo de fibras de yute es de 1.5% y de yeso reciclado de 7.5%, con esta adición la máxima densidad seca fue de 1.88 g/cc y el valor de CBR de 6.0%, incrementando en 173% respecto a la muestra de suelo natural, cambiando la condición de una sub rasante inadecuada a una sub rasante regular, con estos resultados se comprueba que ambos materiales en conjunto trabajan mejor que de forma aislada.

Dentro del análisis de resultados, cabe mencionar que cuando el contenido de fibras de yute es mayor a 1.5%, estas se agrupan y generan vacíos dentro de la muestra, haciendo disminuir la resistencia mecánica del suelo; de igual forma ocurre cuando el contenido de yeso reciclado es mayor a 7.5%, ya que el material tiende a expandirse luego de pasar el periodo de saturación de cuatro días, debido

a que el yeso es un material soluble en agua, lo que lo hace más blando y menos resistente a la compresión.

La técnica de estabilización utilizando fibras de yute y yeso reciclado propuesta en esta investigación, es valiosa tanto para la gestión de residuos sólidos como para la industria de la construcción.

#### **4.2 Recomendaciones**

Es oportuno que al momento de extraer las muestras se realice de manera adecuada, con el fin de no alterar las características naturales del suelo en estudio.

Se recomienda realizar futuros ensayos de CBR con la mezcla de materiales eco amigables como los utilizados en la presente investigación, en suelos con mejores características mecánicas y físicas, con el fin de comprobar que son capaces de mejorar las propiedades mecánicas de un suelo.

Se sugiere realizar estudios con intervalos menores, tanto para las fibras de yute y yeso reciclado, con el objetivo de ser preciso con la cantidad optima de ambos materiales.

Para el caso de las fibras de yute es recomendable se pueda trabajar con longitudes mayores a 20 mm, puesto que no se ha comprobado si una longitud mayor incrementa el valor de CBR.

## REFERENCIAS

- [1] K. . K. Onochie and A. P. Balkis, "Polypropylene fiber reinforced Alker as a structurally stable and sustainable building material.," *Journal of Cleaner Production*, vol. 279, 2021.
- [2] A. Shaikh, P. D. Maneeth and K. Sharanabasappa , "Enhancement of Bearing Properties of Black Cotton Soil by Optimal Blending Of Jute and Coir Fibres as a Reinforcement," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, pp. 2278 - 3075, 2019.
- [3] L.-L. Zeng, X. Bian, L. Zhao, Y.-J. Wang and Z.-S. Hong, "Effect of phosphogypsum on physiochemical and mechanical behaviour of cement stabilized dredged soil from Fuzhou, China.," *Geomechanics for Energy and the Environment*, vol. 25, no. 100195, 12 mayo 2020.
- [4] D. S. Vijayan and D. Parthiban, "Effect of Solid waste based stabilizing material for strengthening of Expansive soil- A review.," *Environmental Technology & Innovation*, vol. 20, no. 101108, 11 agosto 2020.
- [5] A. Behnood, "Soil and clay stabilization with calcium- and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques.," *Transportation Geotechnics*, vol. 17, pp. 14-32, 20 agosto 2018.
- [6] A. Anhed, N. Nagy, M. H. El Naggar and T. Kamei, "Stabilisation of soft soil with recycled plaster admixtures," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. 171, no. 1, pp. 12 - 20, 2018.
- [7] M. Amrani, Y. Taha, A. Kchikach, M. Benzaazoua and R. Hakkou, "Phosphogypsum recycling: New horizons for a more sustainable road material application.," *Journal of Building Engineering*, vol. 101267, pp. 336-343, 8 febrero 2020.
- [8] G. Silva, S. Kim, B. Bertolotti, J. Nakamatsu and R. Aguilar, "Optimization of a reinforced geopolymer composite using natural fibers and construction wastes.," *Construction and Building Materials*, vol. 258, no. 1, 2020.
- [9] P. J. Venda Oliviera, A. A. Correia and C. Joao, "Effect of the type of soil on the cyclic behaviour of chemically stabilised soils unreinforced and reinforced with polypropylene fibres.," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 115, pp. 336-343, 2018.
- [10] S. Ashfak, P. Maneeth y S. Kori, «Enhancement of bearing properties of black cotton soil by optimal blending of jute and coir fibres as a reinforcement,» *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, nº 12, pp. 4172 - 4177, octubre 2019.

- [11] S. Kumar, A. K. Sahu y S. Naval, «Influence of jute fibre on CBR value of expansive soil.,» *Civil Engineering Journal*, vol. 6, nº 6, pp. 1180-1194, junio 2020.
- [12] L. Wei, X. C. Shou, H. Y. Zhang y Q. Shi, «Mechanical properties of soil reinforced with both lime and four kinds of fiber,» *Construction and Building Materials*, vol. 172, pp. 300-308, 30 mayo 2018.
- [13] J. Zhang, A. Deng y M. Jaksa, «Enhancing mechanical behavior of micaceous soil with jute fibers and lime additives,» *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 13, nº 5, pp. 1093 - 1100, 14 abril 2021.
- [14] W. León Pari , «Estabilización de la subrasante añadiendo fibras de aserrín en el Asentamiento Humano Los Ángeles Comas – 2020,» Lima, 2020.
- [15] D. K. Ponce Crispín, "Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande - Huancavelica.," Huancavelica, 2018.
- [16] J. S. Carranza Gómez, «Estabilización de suelos incorporando cal y yeso como aglomerantes naturales en el tramo La Capilla - Cedropampa. Cajamarca 2021,» Chiclayo, 2021.
- [17] E. G. Bernal Céspedes y V. M. Cueva Díaz, «Aplicación de ecoestabilizantes de suelo cohesivo a partir de ceniza de Oryza Sativa del camino Collique Alto - Pucalá – Lambayeque 2021.,» Chiclayo, 2021.
- [18] P. M. Hoyle Vega y C. A. Rodriguez Lopez, «Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de Musa Paradisiaca y cenizas de hojas Eucaliptus de los caseríos Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Áncash – 2019,» Chimbote, 2019.
- [19] A. Al-Adili, N. M. Salim and K. Y. Al-Soudany, "Response of Soft Soil Mixing with Recycled Gypsum (Plasterboard) as Stabilized Agent for Soil underneath oil tank as a case study.," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 579, 2019.
- [20] Y. Işık y C. Berrin, «Gypsum: An additive for stabilization of swelling clay soils,» *Applied Clay Science*, vol. 44, nº 1-2, pp. 166-172, 2009.
- [21] L. C. Dang, B. Fatahi and H. Khabbaz, "Behaviour of Expansive Soils Stabilized with Hydrated Lime and Bagasse Fibres.," *Procedia Engineering*, vol. 143, no. 1, pp. 658-665, 2016.
- [22] S. Benel Cerna, "Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material afirmado de la cantera Bazán - Cajamarca - 2017," Cajamarca, 2017.
- [23] W. M. Bonifacio Vergara and J. A. Sánchez Bernilla, "Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque," Chiclayo, 2015.

- [24] L. M. De la Cruz Gutierrez and K. K. Salcedo Rojas, "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE ADITIVOS (EcoRoad 2000) PARA PAVIMENTACIÓN EN PALIAN – HUANCAYO - JUNIN," Huancayo, 2016.
- [25] J. C. Díaz, "Estudio de estabilización de suelos con el sistema consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo – C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba – San Martín,2016," Tarapoto, 2018.
- [26] W. Valle, "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PLÁSTICOS CON MINERALIZADORES EN AMBIENTES SULFATADOS O YESÍFEROS," Madrid, 2010.
- [27] S. Benel, "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE YUTE EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA 'BAZÁN' – CAJAMARCA 2017," Cajamarca, 2019.
- [28] K. Cubas and J. Falen, "EVALUACIÓN DE LAS CENIZAS DE CARBÓN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE ACTIVACIÓN ALCALINA Y APLICACIÓN EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS," Pimentel, 2016.
- [29] C. Gutiérrez, "ESTABILIZACION QUIMICA DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS EN EL PERU Y VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CLORURO DE MAGNESIO(BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE CALCIO," Lima, 2010.
- [30] C. Rimaicuna, "MANTENIMIENTO PERIODICO PARA EL PAVIMENTO ASFALTICO DEL TRAMO DE LA CARRETERA NACIONAL EMP.PE-1NL DESDE SAJINO (KM. 0+000)- C.P LA SAUCHA (KM.5+600), DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA,DEPARTAMENTO DE PIURA," Piura, 2018.
- [31] MTC, «Diseño Geométrico de Carreteras,» Lima, 2018.
- [32] MTC, "Manual Suelos y Pavimentos," Lima, 2014.
- [33] J. Masoud, L. Lauren, K. Francisco, R. Miskewitz, M. Kitazume and A. Maher, "Effect of gypsum and cement content on unconfined compressive strength of soft sediment," *International Journal of Geotechnical Engineering*, pp. 1-6, 2019.
- [34] H. Begliardo, "Reutilización de yeso recuperado de construcciones: un estudio basado en requisitos de aptitud de normas argentinas y chilenas," *Revista de la construcción*, vol. 12, no. 3, pp. 27-35, 2013.
- [35] A. Aly and U. Keizo, "Environmental effects on durability of soil stabilized with recycled gypsum," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 66, no. 2-3, pp. 84-92, 2011.

- [36] A. Ahmed, K. Ugai and T. Kamei, "Investigation of recycled gypsum in conjunction with waste plastic trays for ground improvement," *Construction and Building Materials*, vol. 25, no. 1, pp. 208-217, 2011.
- [37] T. Kirian and B. Jagan, "A CRITICAL REVIEW ON APPLICATIONS OF NATURAL JUTE FIBRES A CASE STUDY," *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, vol. 7, no. 3, pp. 200-210, 2016.
- [38] P. Vettorelo and J. Clariá, "Suelos Reforzados con Fibras: Estado del Arte y Aplicaciones," *REVISTA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES*, vol. 1, no. 1, pp. 27-34, 2014.
- [39] E. Cabezas and Y. Serrato, "EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE UN SUELO GRUESO REFORZADO CON FIBRAS DE COCO (cocotero, cocos nucifera)," Girardot, 2019.
- [40] D. Garcia and A. Romero, "VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA ENTRE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO– CEMENTO Y LA ESTABILIZACIÓN CON SUELO – CEMENTO Y FIBRA DE FIQUE," Ibagué, 2019.
- [41] C. S. Alfaro Cajahuamaca, "Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno, Tunanmarca - Jauja," Huancayo, 2019.
- [42] FAO, *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Proyecciones al año 2010*, Roma: ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2004, p. 137.
- [43] P. Aggarwal and S. Bajinder, "Application of Jute Fiber in the Improvement of Subgrade Characteristics," *Proc. of Int. Conf. on Advances in Civil Engineering*, pp. 51-53, 2010.
- [44] T. Swain and S. Biswas, "Abrasive Wear Behaviour of Surface Modified Jute Fiber Reinforced Epoxy Composites," *Materials Research*, vol. 20, no. 3, pp. 661-674, 2017.
- [45] DEYUTE, "DEYUTE," 2022. [Online]. Available: <https://www.deyute.com/es/el-yute-deyute/>.
- [46] A. Becerra and A. Herrera, "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018," Chiclayo, 2019.
- [47] A. Ravines, "PRUEBAS CON UN PRODUCTO ENZIMÁTICO COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUELOS PARA CARRETERAS," Piura, 2010.
- [48] MTC, "Manual de Ensayo de Materiales," Lima, 2016.
- [49] L. Bañón and J. F. Beviá García, *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*, C. d. O. S. Ortiz e Hijos, Ed., Alicante, 2000.

- [50] C. Velásquez, "INFLUENCIA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I EN LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA DINAMARCA, SECTOR LA MOLINA," Cajamarca, 2018.
- [51] G. Ramos, "MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCVELICA 2014 TEMA: GEOTECNIAVIAL," Huancayo, 2014.
- [52] A. Aldaood, M. Bouasker and M. Al-Mukhtar, "Mechanical Behavior of Gypseous Soil Treated with Lime.," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 39, no. 2, pp. 719-733, 2020.
- [53] C. M. Cuadros Surichaqui, "Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio.," Huancayo, 2017.
- [54] I. Kafodya and F. Okonta, "Effects of natural fiber inclusions and pre-compression on the strength properties of lime-fly ash stabilised soil.," *Construction and Building Materials*, vol. 170, no. 1, pp. 737-746, 2018.
- [55] G. P. Ramos Hinojosa, "Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras.," Huancayo, 2014.

# **ANEXOS**

**Anexo 01:** Análisis Granulométrico, Límites Atterberg y contenido de humedad.

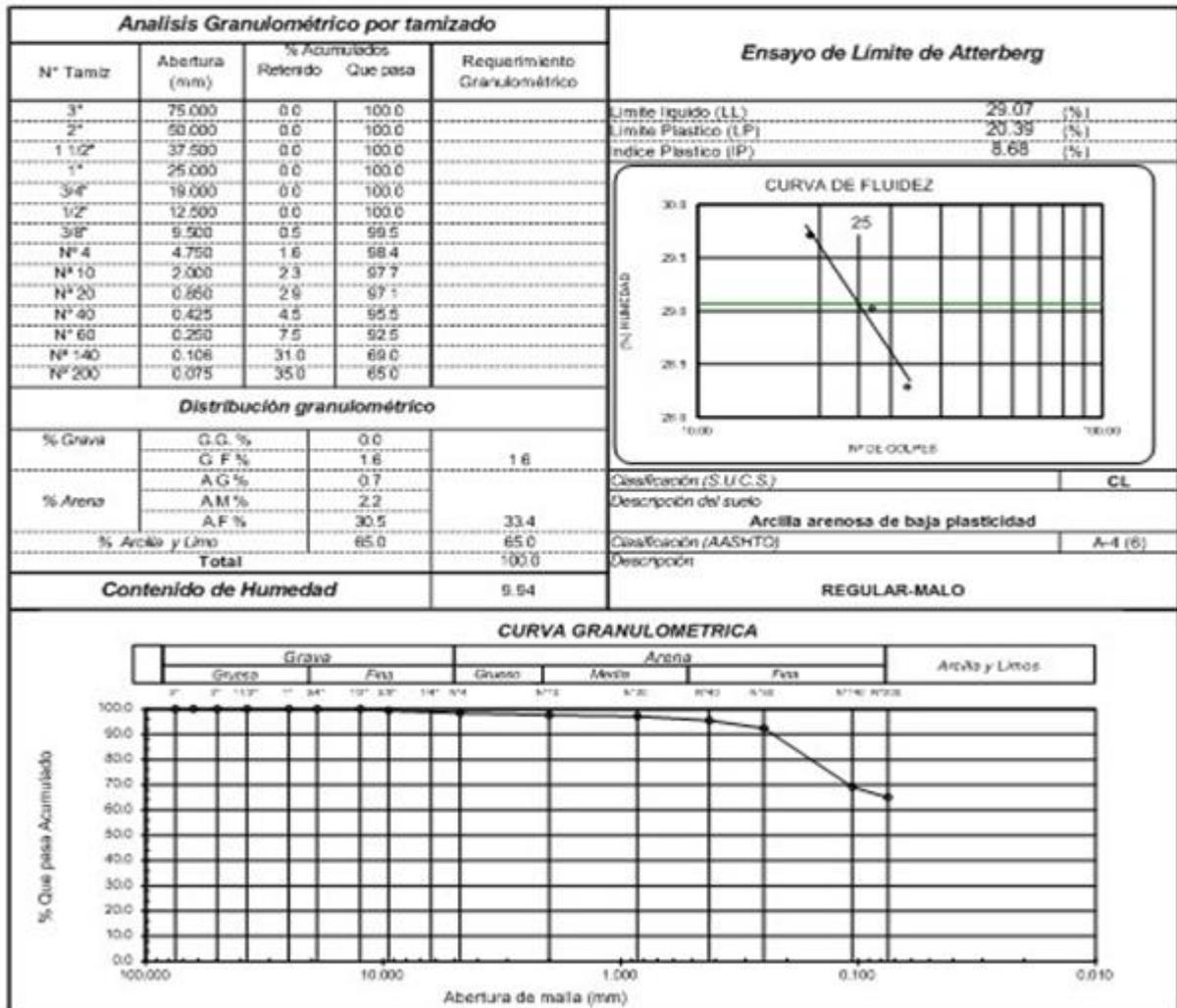
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 398.131  
 : N.T.P. 330.127 : 1998

Calicata: C - 1

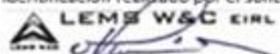
Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 0.75m.



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CEP. 246904

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo: : Domingo, 01 de mayo del 2022

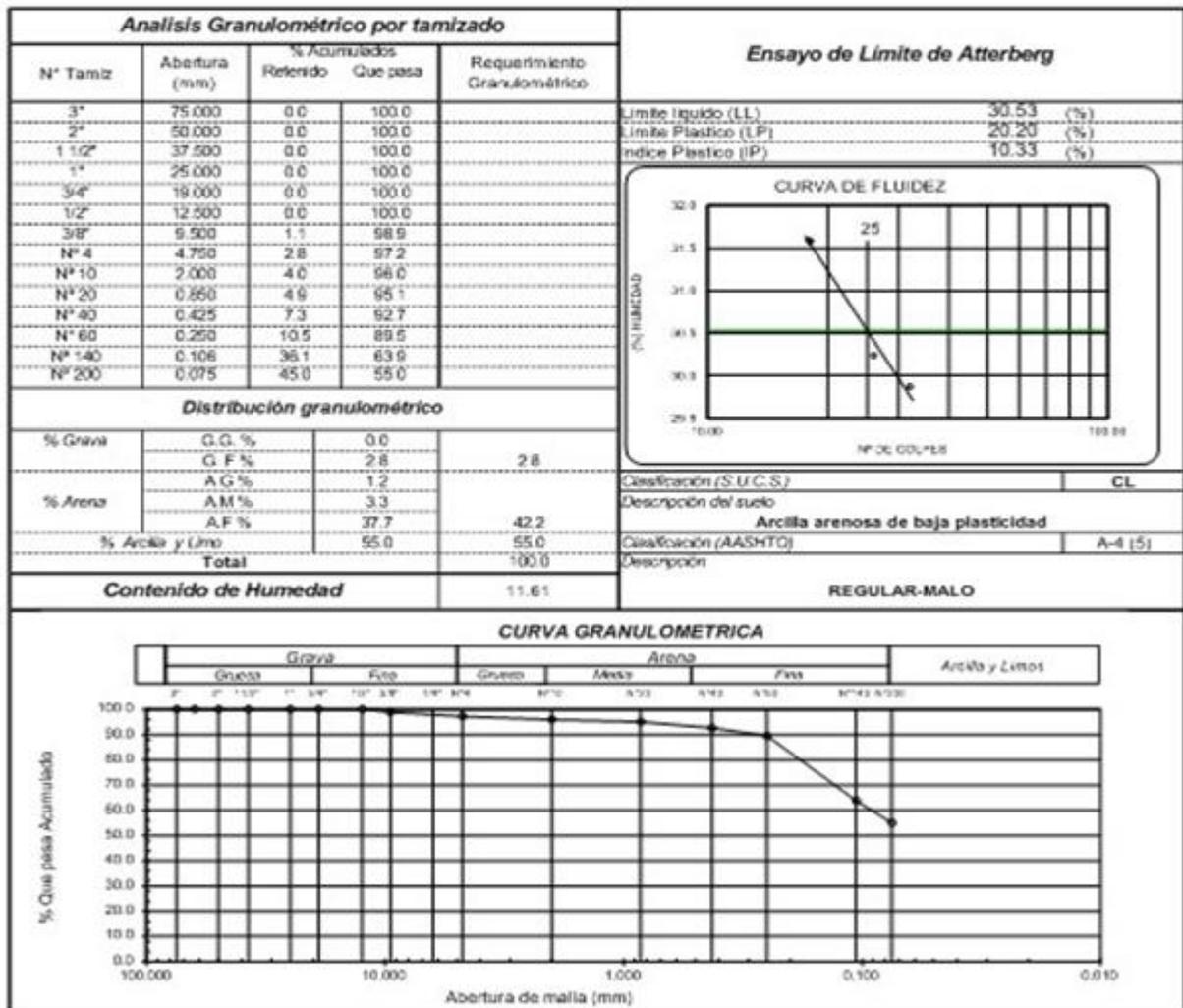
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.127 : 1996

Calicata: C - 1

Muestra: M - 2

Profundidad: 0.75 - 1.50m.



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

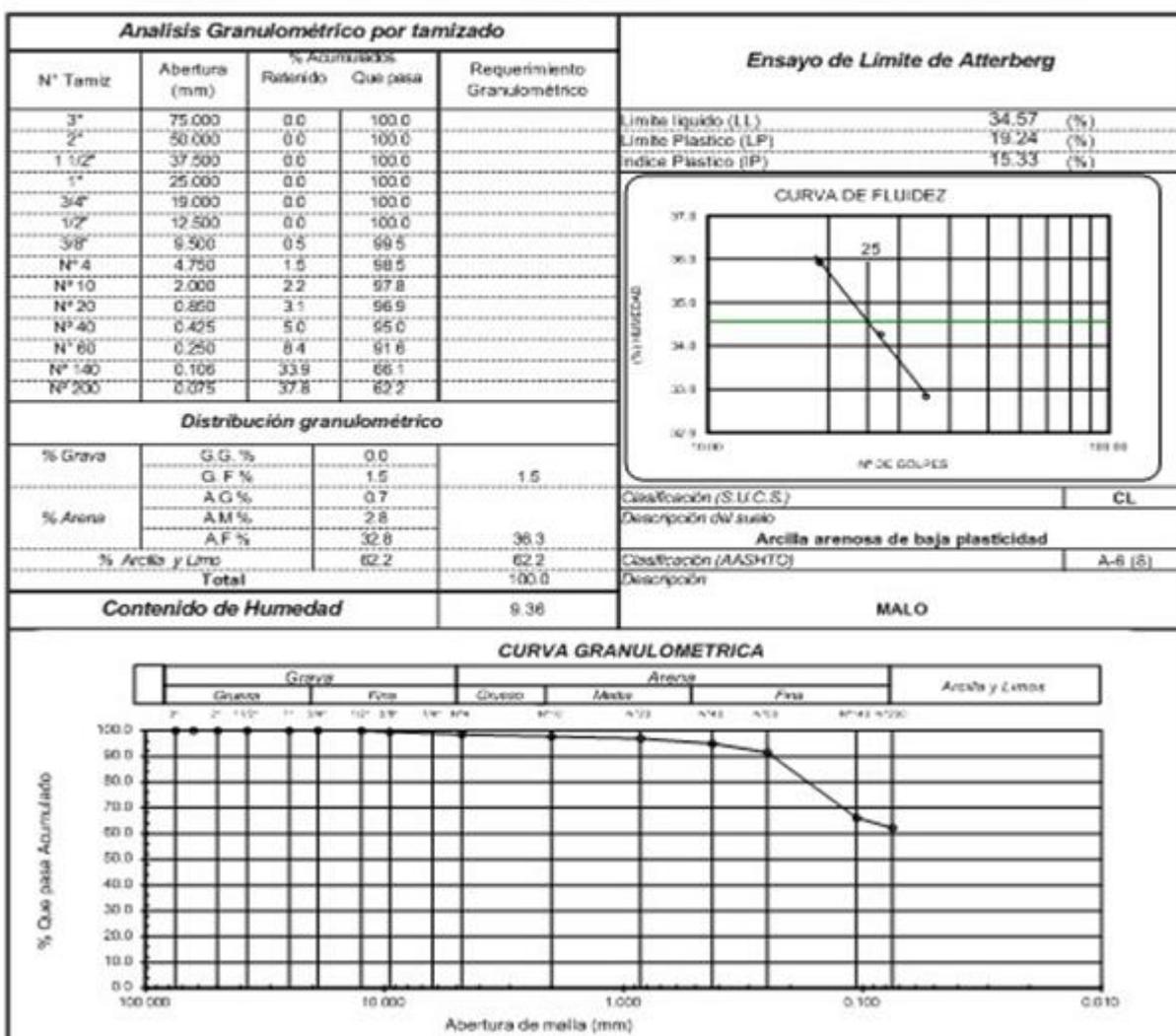
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128: 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C - 2

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 0.75m.



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**

Certificado INDECOPI N°0137704 RNP Servicios 50933289

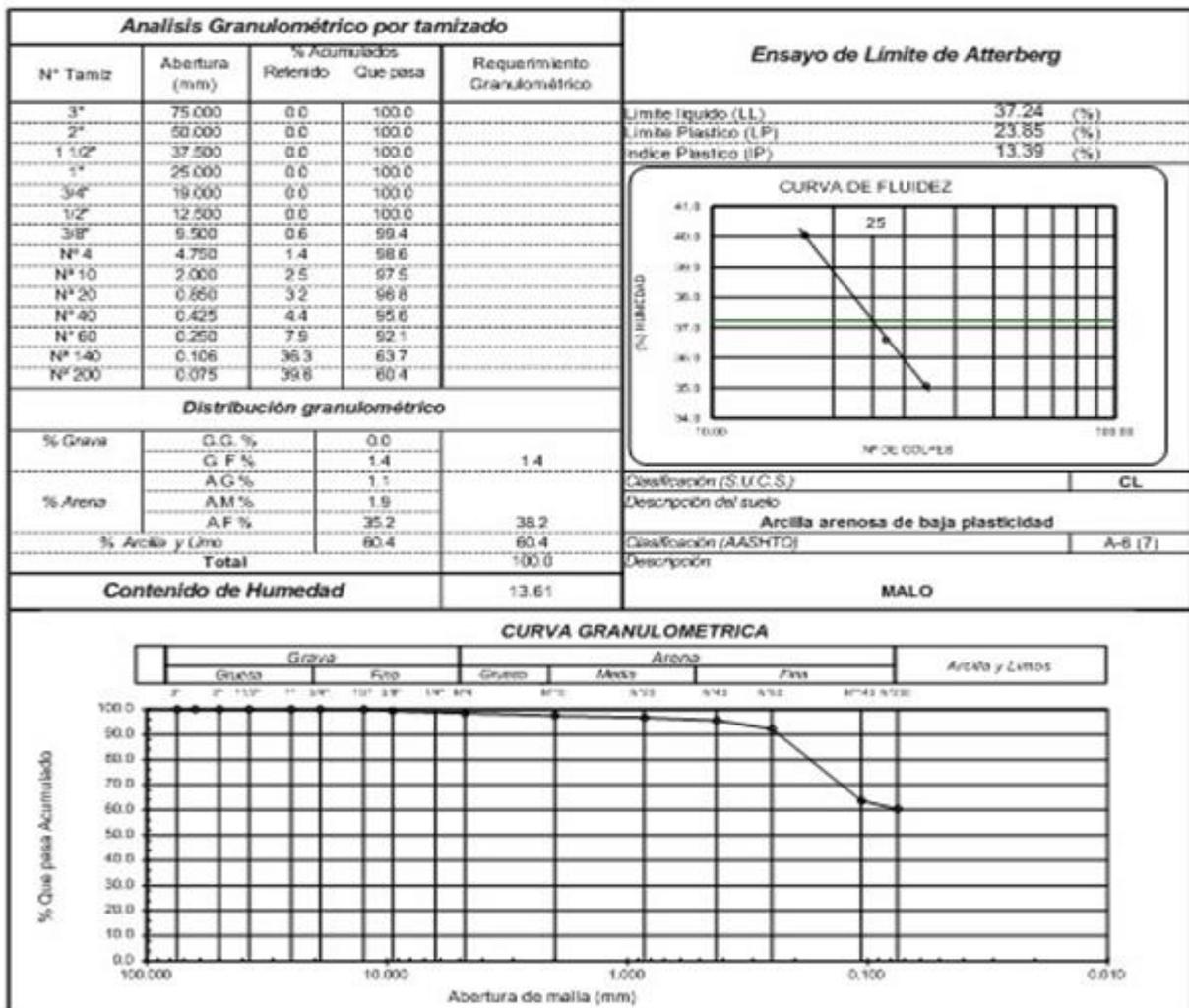
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycer@gmail.com

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022  
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
: N.T.P. 399.131  
: N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata: C - 2

Muestra: M - 2

Profundidad: 0.75m - 1.50m.



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

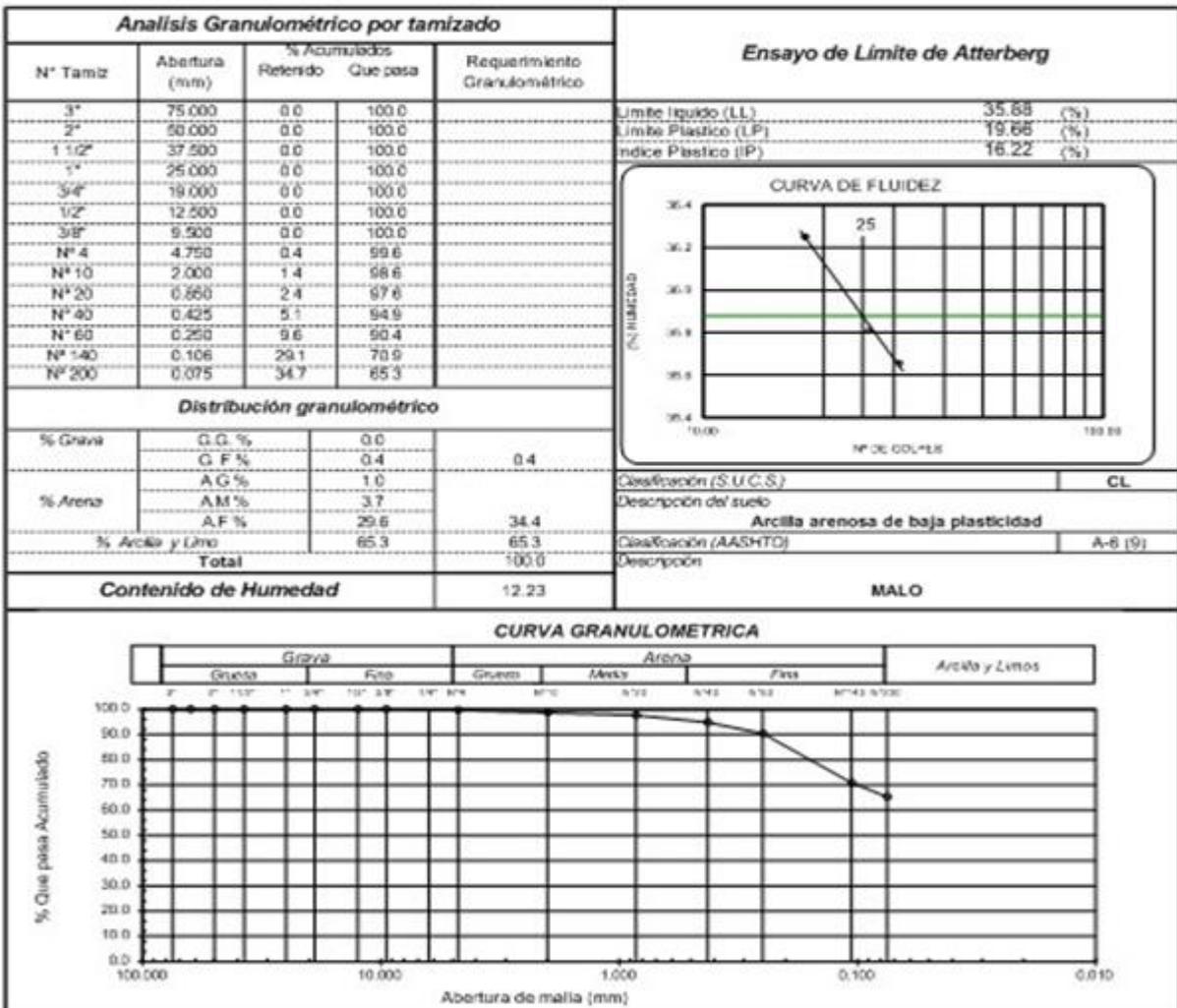
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata: C - 3

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 0.75m



Observaciones:  
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 I.E.C. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

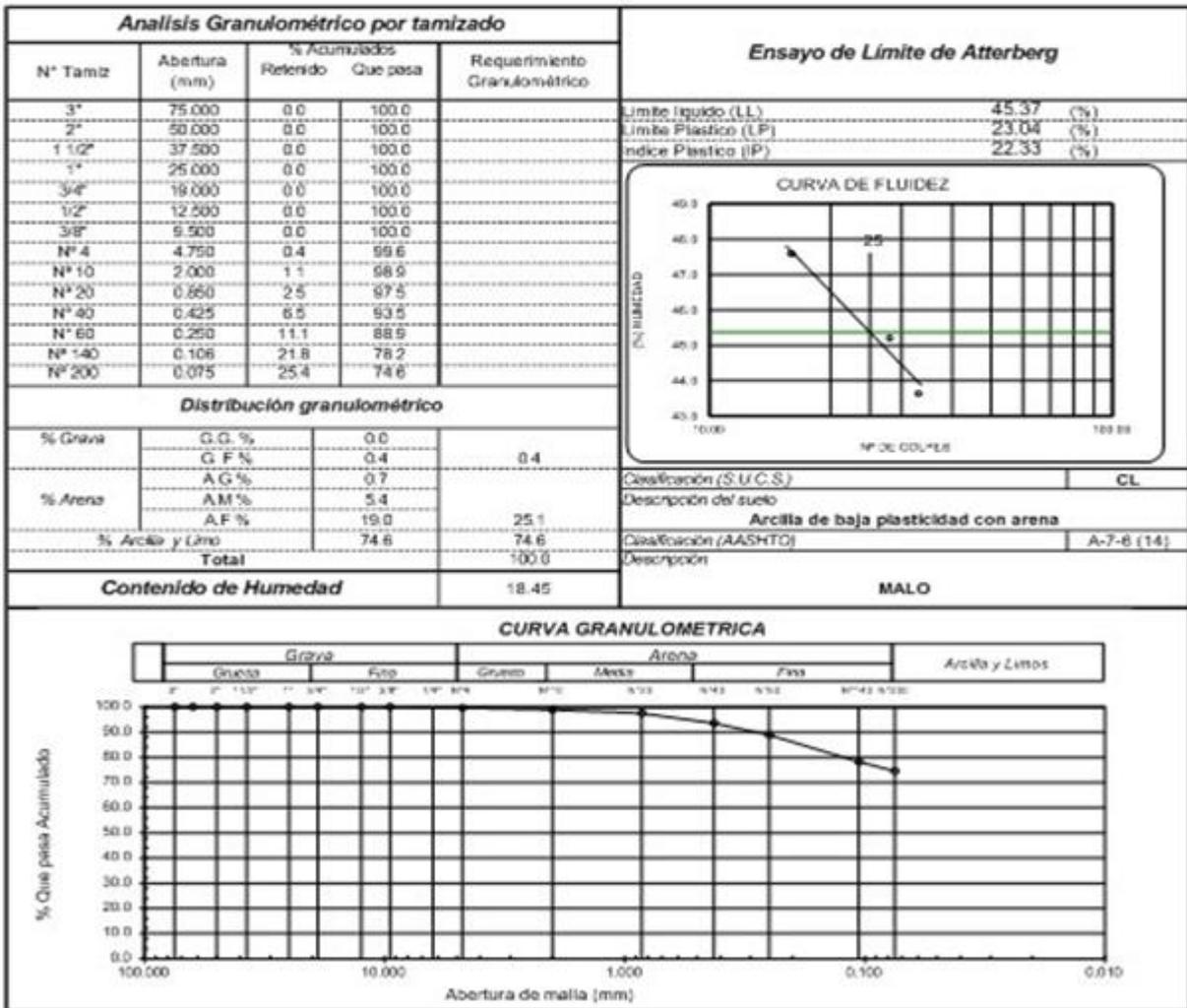
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.129 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata: C - 3

Muestra: M - 2

Profundidad: 0.75m - 1.50m.



Observaciones:  
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

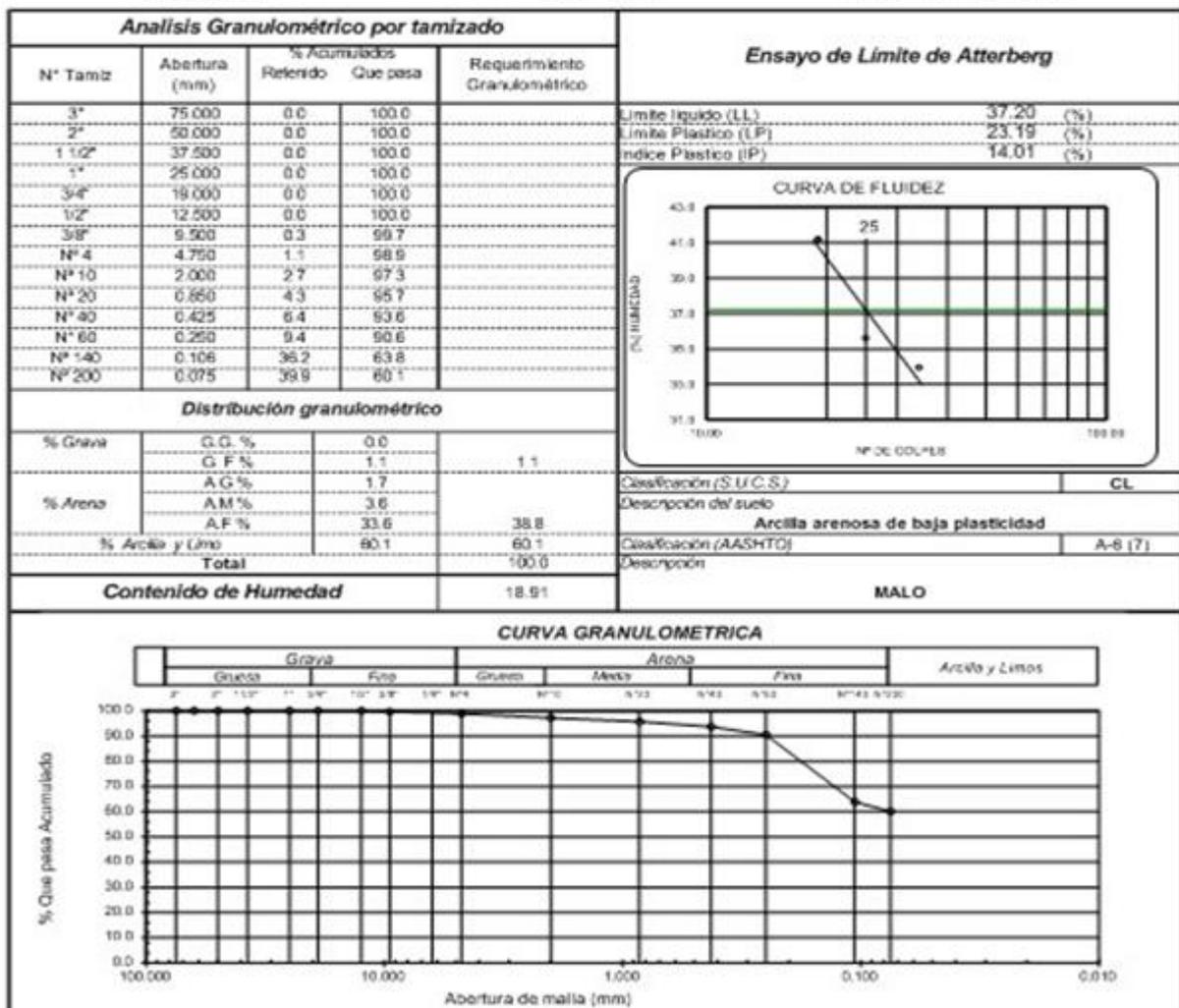
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N T P. 399.128 : 1999  
 : N I P. 356.1.31  
 : N T P. 399.127 : 1998

Calicata: C - 4

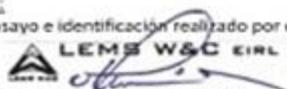
Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 0.75m



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



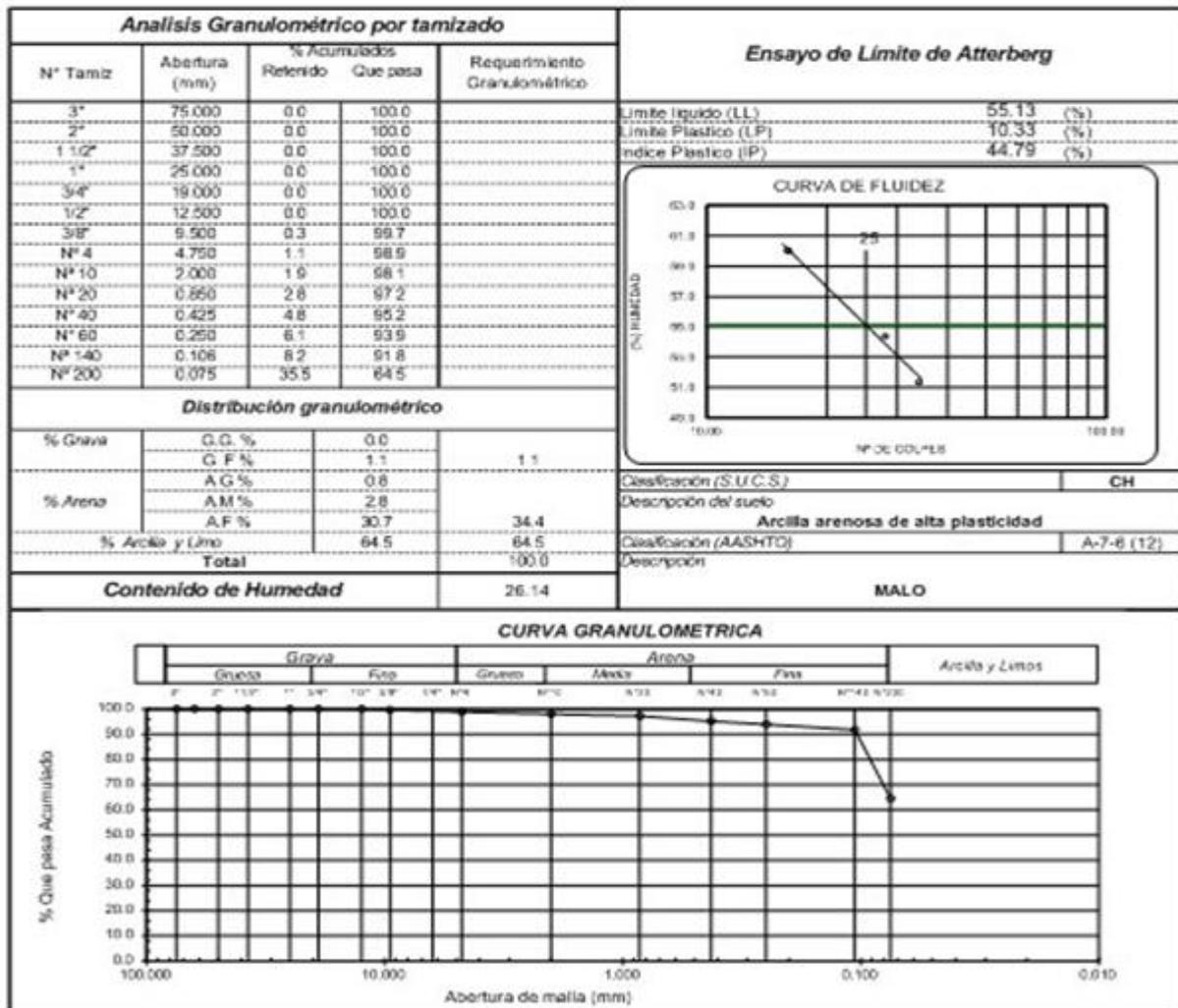
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022  
 ENSAYO : SUELO: Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.  
 : SUELOS: Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 396.131  
 : N.T.P. 330.127 : 1998

Calicata: C - 4

Muestra: M - 2

Profundidad: 0.75m - 1.50m.]



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

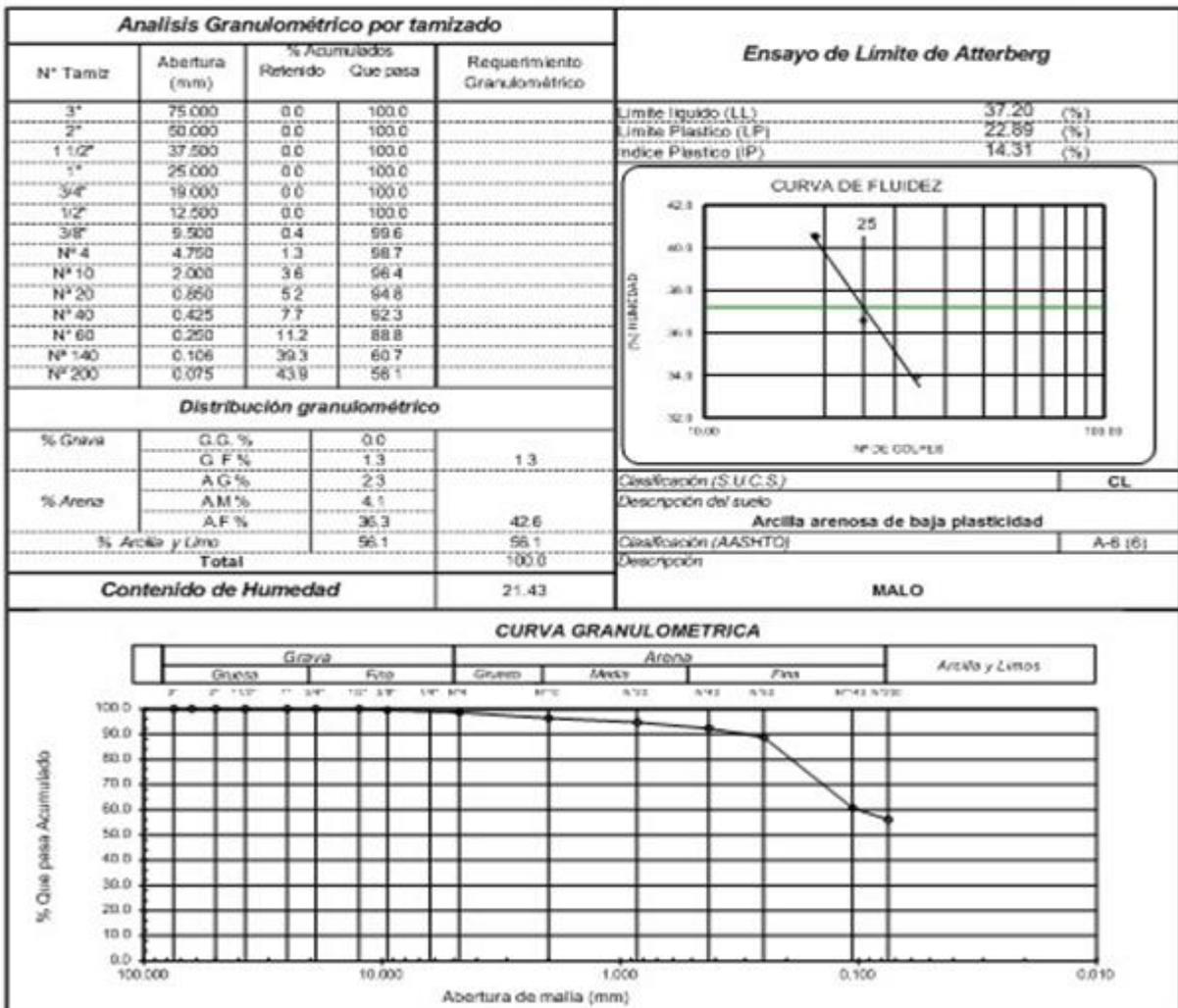
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 339.128 : 1999  
 : N.T.P. 338.131  
 : N.T.P. 339.127 : 1996

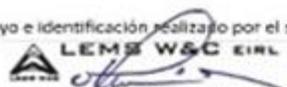
Calicata: C - 5

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 0.75m



Observaciones:  
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS \*ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

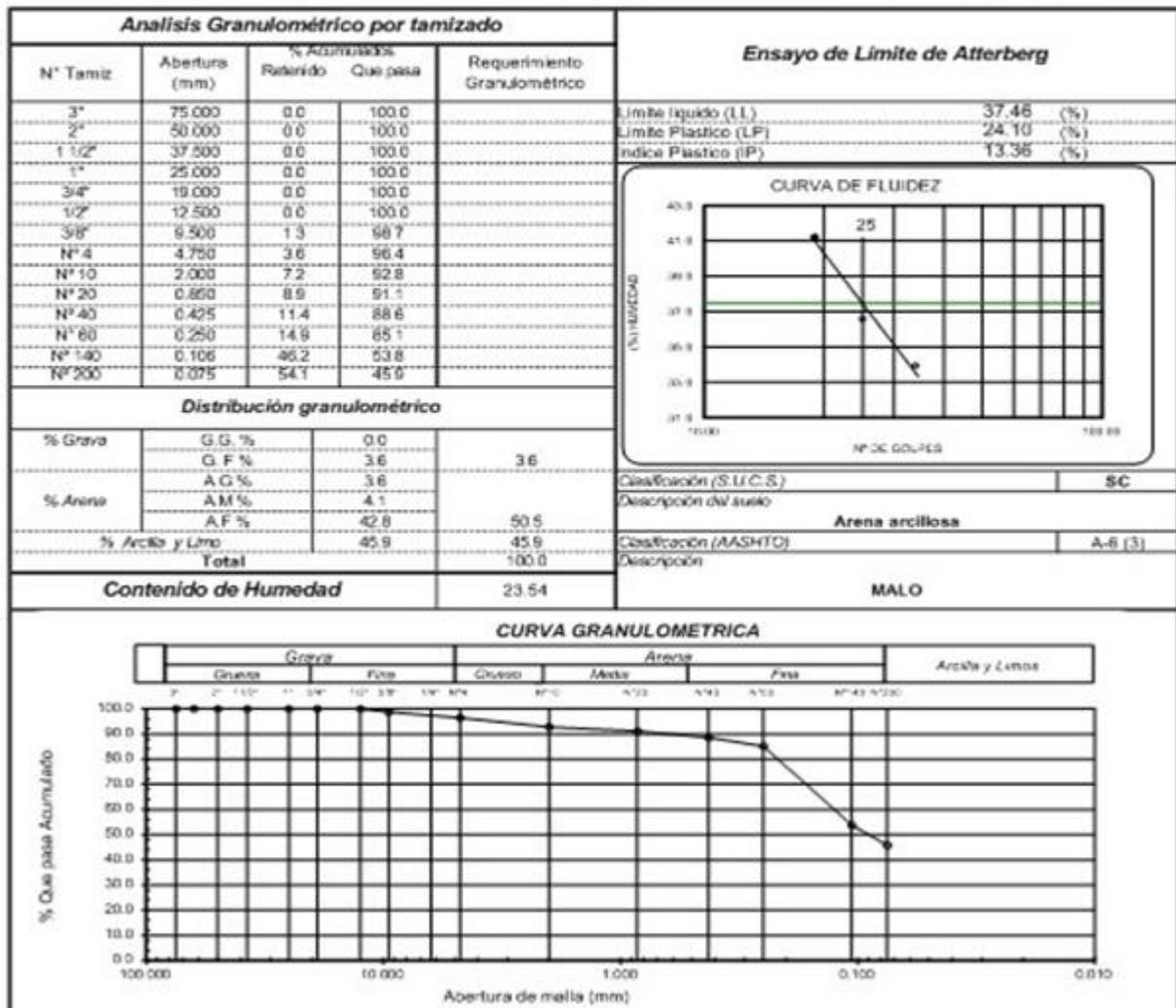
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1989  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1988

Calicata: C - 5

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.75m. - 1.50 m.



Observaciones:  
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

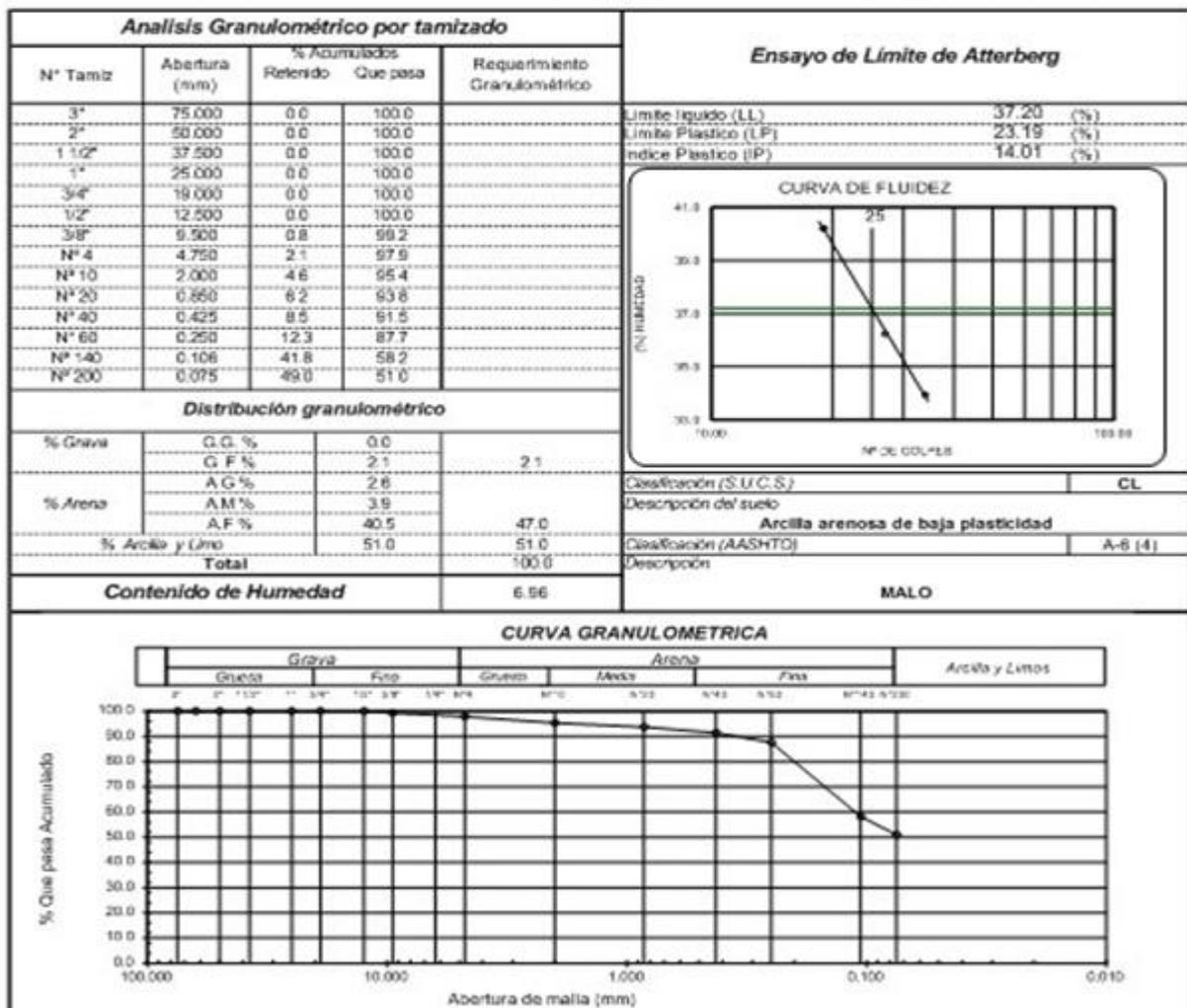
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata: C - 6

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00m - 0.75m



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 01 de mayo del 2022

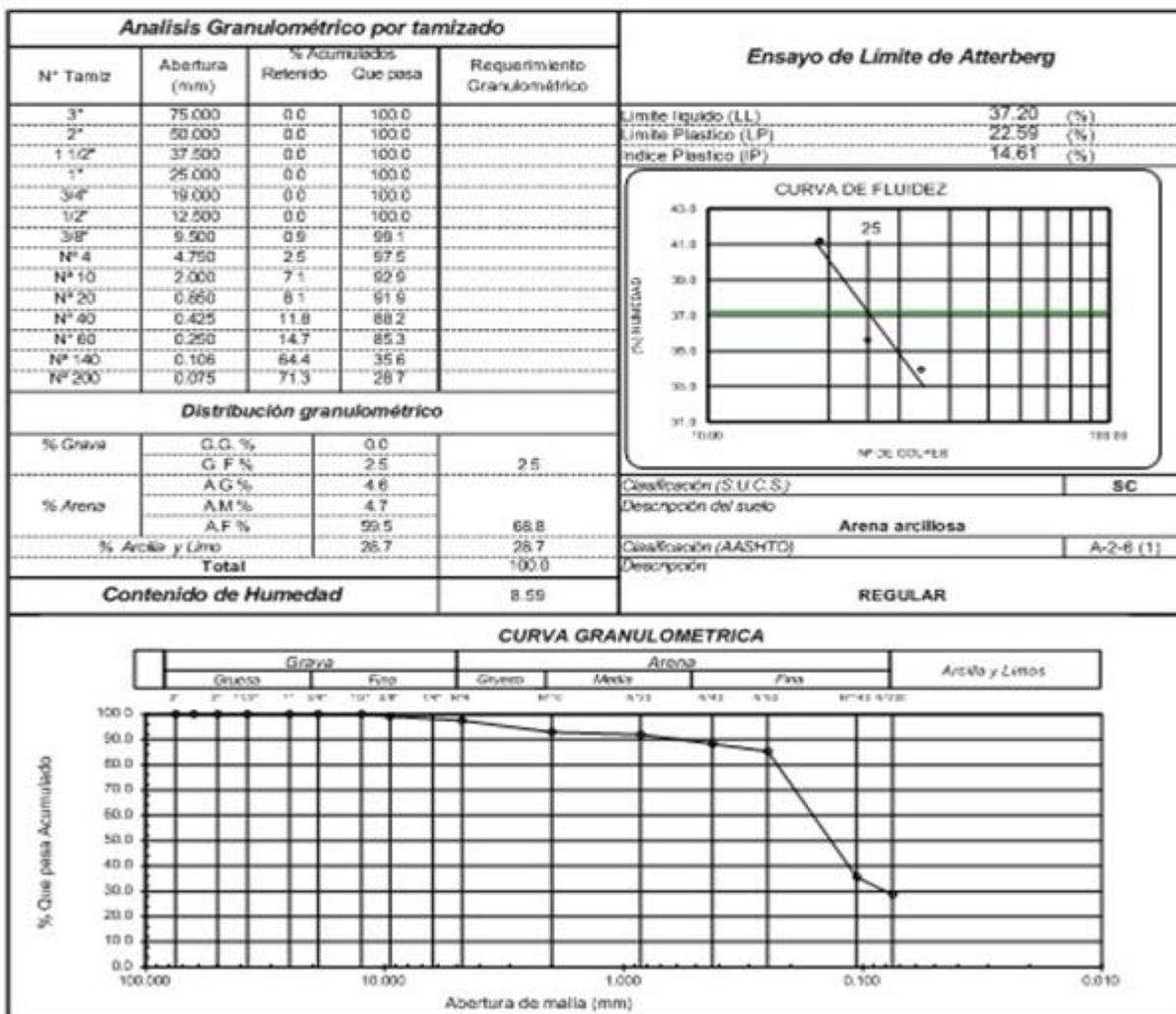
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 N.T.P. 399.131  
 N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata: C - E

Maestra: M - 1

Profundidad: 0.75m - 1.50m



**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## **Anexo 02: Análisis de peso específico**

Solicitante : Faleo Pulcon, Cristian Antonio  
 Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de Apertura : 02/05/2022

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

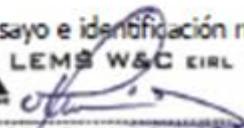
<u>Calicata</u>	: C-1
<u>Muestra</u>	: M-1
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 1.50 m
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	
	2.73

<u>Calicata</u>	: C-2
<u>Muestra</u>	: M-1
<u>Profundidad</u>	: 0.00m - 1.50 m
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	
	g/cm <sup>3</sup> 2.64

<u>Calicata</u>	: C-3
<u>Muestra</u>	: M-1
<u>Profundidad</u>	: 0.00 - 1.50 m
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	
	g/cm <sup>3</sup> 2.86

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

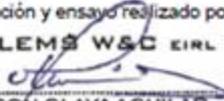



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Falen Puicon, Cristian Antonio  
 Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de emisión : 02/05/2022  
 ENSAYO : CEMENTOS. Metodo de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Portland  
 NORMA : NTP 334.005  
 Muestra 01

Masa de Yeso Reciclado	(gr)	47.6
Vol.inicial kerosene	(ml)	0
Vol.final desplazado kerosene	(ml)	24
Densidad Yeso Reciclado	(g/ml)	1.98

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 03:** Análisis de proctor modificado y CBR.

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

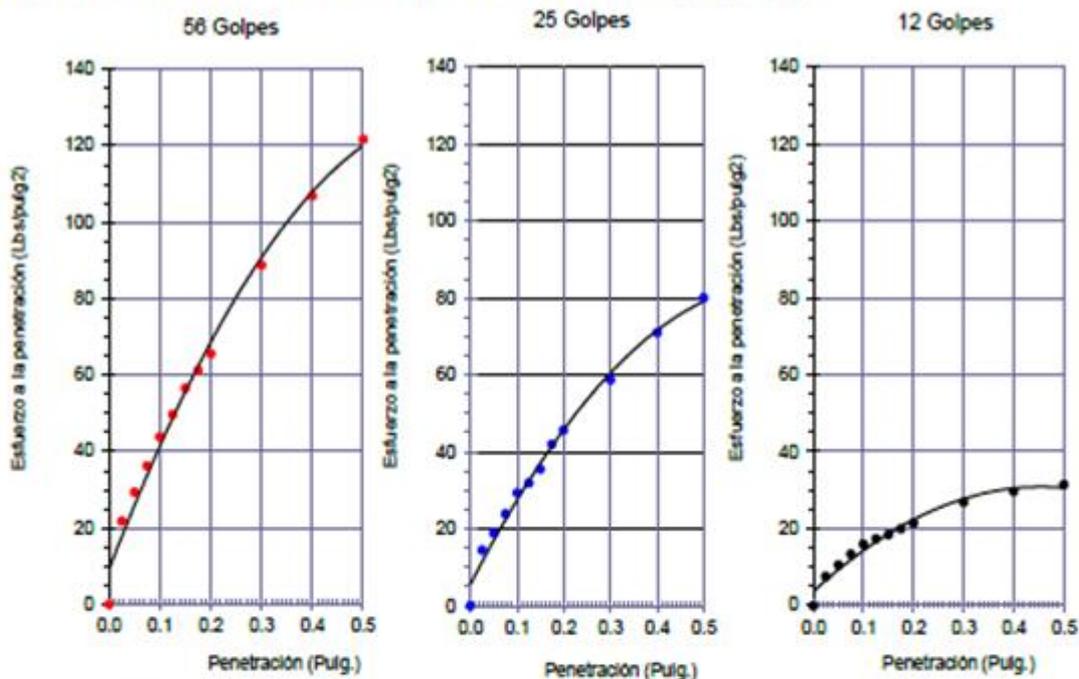
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 18 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

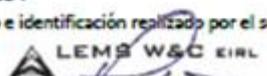
Muestra: Suelo Natural

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 18 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.982 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	11.90 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	3.3	0.73	1.983	0.1*	100	3.3
02	25	2.2	0.83	1.885	0.1*	95	2.2
03	12	1.1	0.37	1.784	0.2*	100	4.1
					0.2*	95	2.7

Diagrama de Proctor

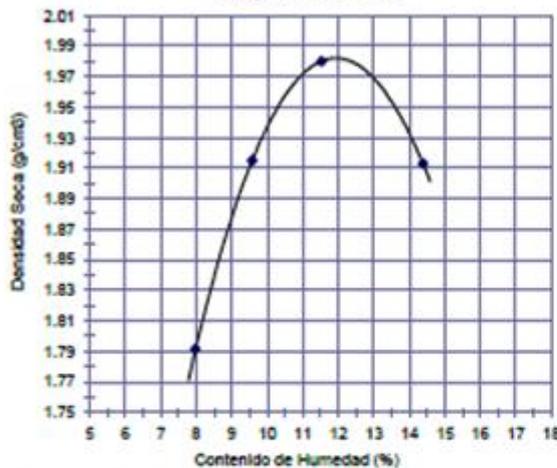
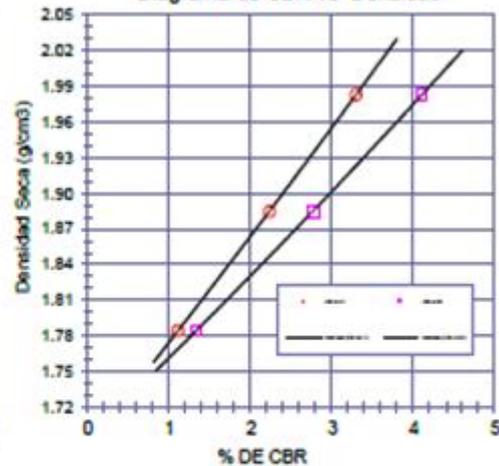


Diagrama de CBR vs Densidad



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

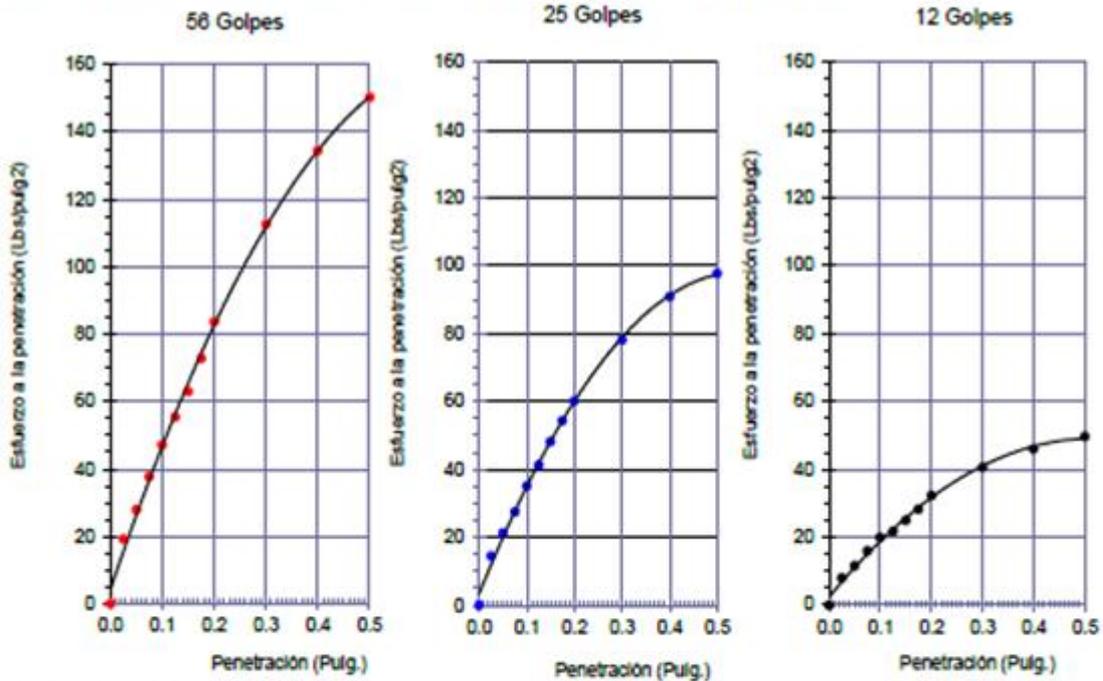
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Sábado, 28 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

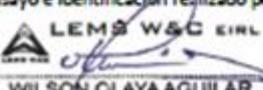
Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Sábado, 28 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

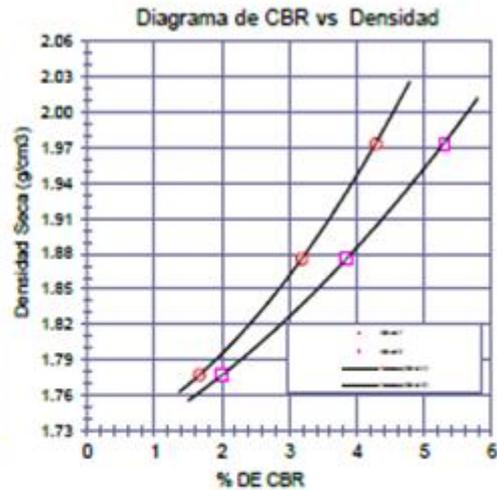
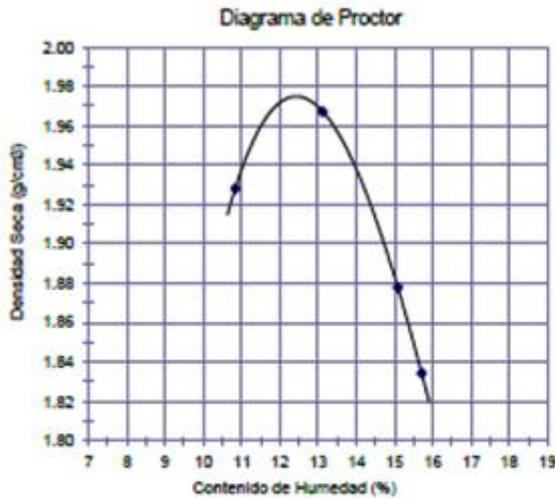
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

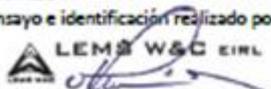
Máxima densidad seca	1.975 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	12.46 %

Espéclmer	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.3	0.70	1.974	0.1"	100	4.3
02	25	3.2	0.71	1.876	0.1"	95	3.2
03	12	1.7	0.75	1.777	0.2"	100	6.3
					0.2"	95	3.9



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGAÑOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

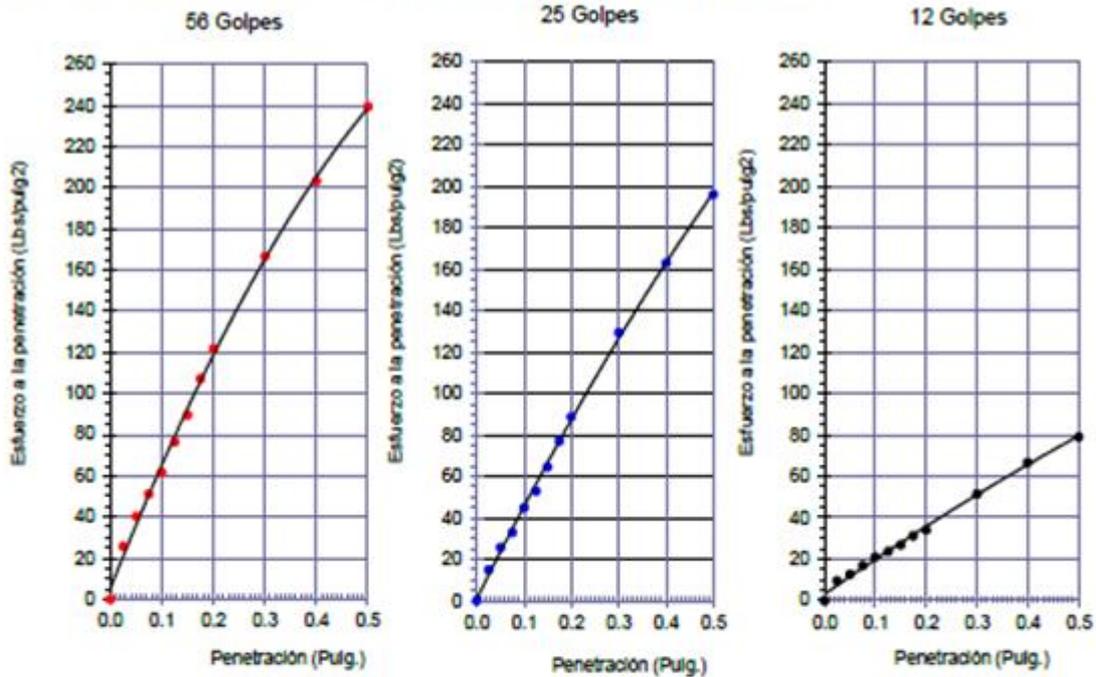
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Sábado, 28 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

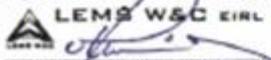
Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute

**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.**



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de recepción : Sábado, 28 de mayo del 2022.  
 Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

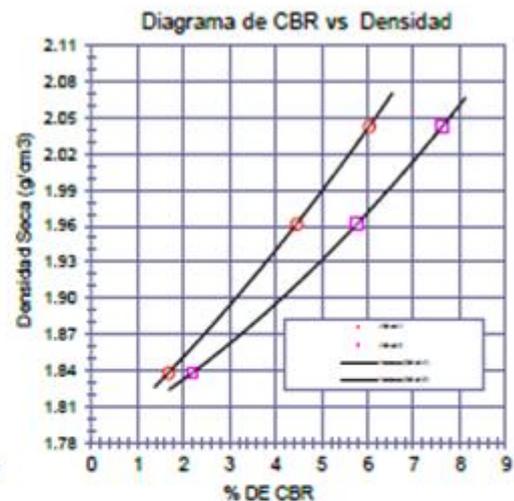
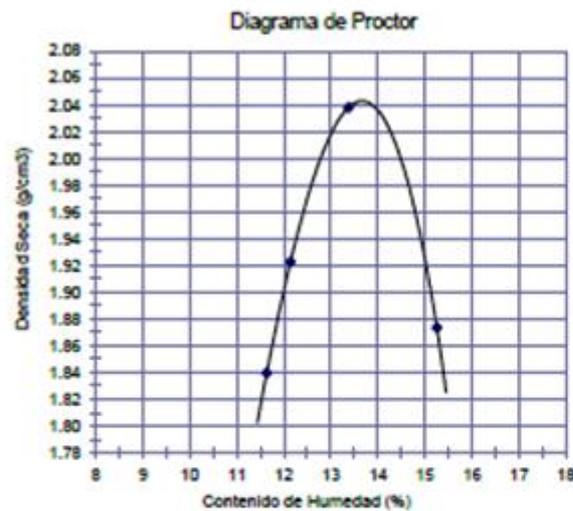
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

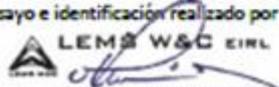
Máxima densidad seca	2.043 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	13.69 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDG	CBR (%)
01	56	6.0	0.61	2.043	0.1"	100	6.0
02	25	4.5	0.65	1.962	0.1"	95	4.0
03	12	1.7	0.68	1.838	0.2"	100	7.6
					0.2"	95	6.2



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

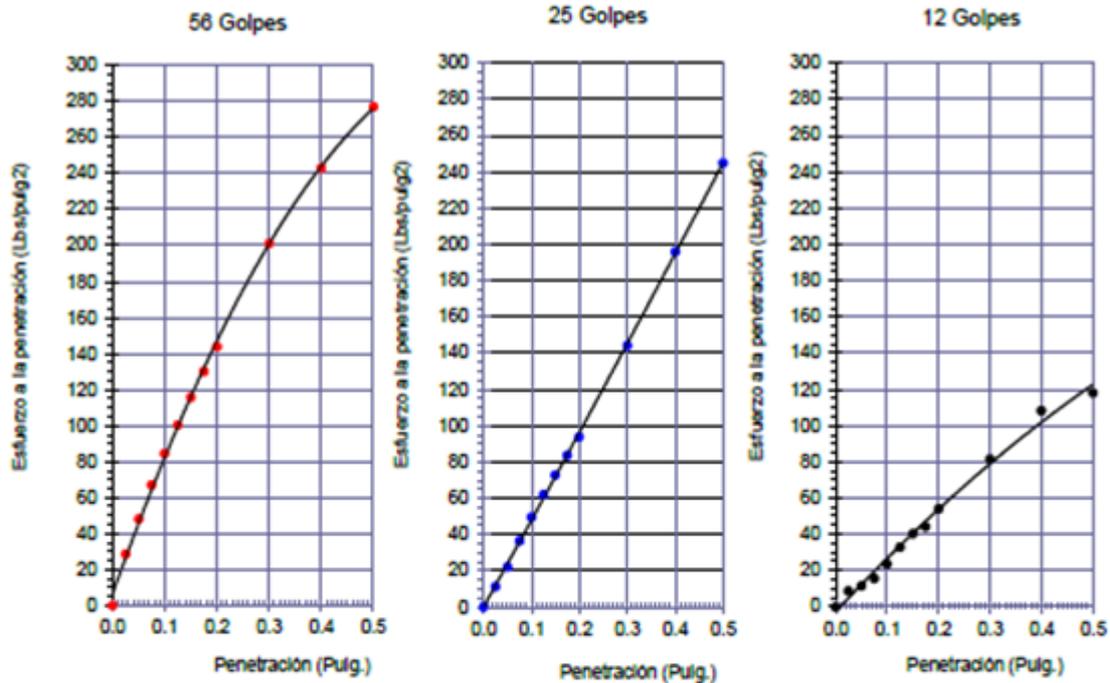
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Sábado, 28 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

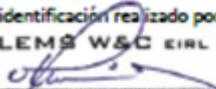
Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Sábado, 28 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

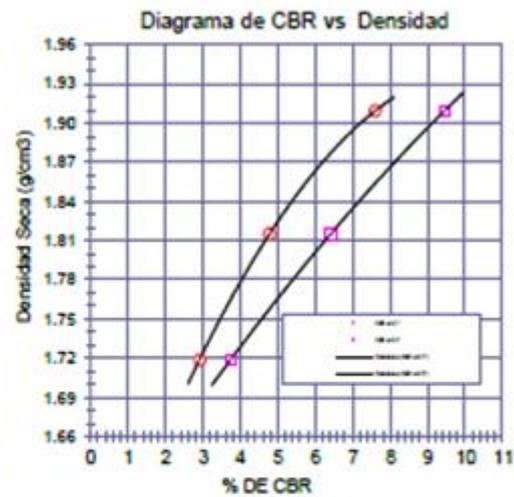
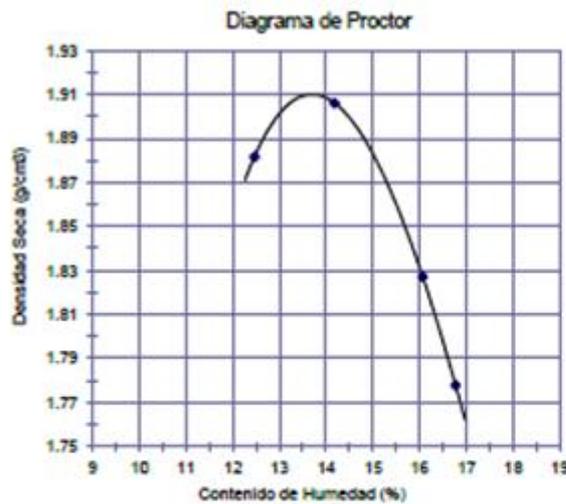
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.910 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	13.71 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Espesor (")	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDG	CBR (%)
01	56	7.6	0.17	1.909	0.1"	100	7.6
02	25	4.8	0.35	1.815	0.1"	95	4.8
03	12	2.9	0.36	1.719	0.2"	100	9.6
					0.2"	95	6.4



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

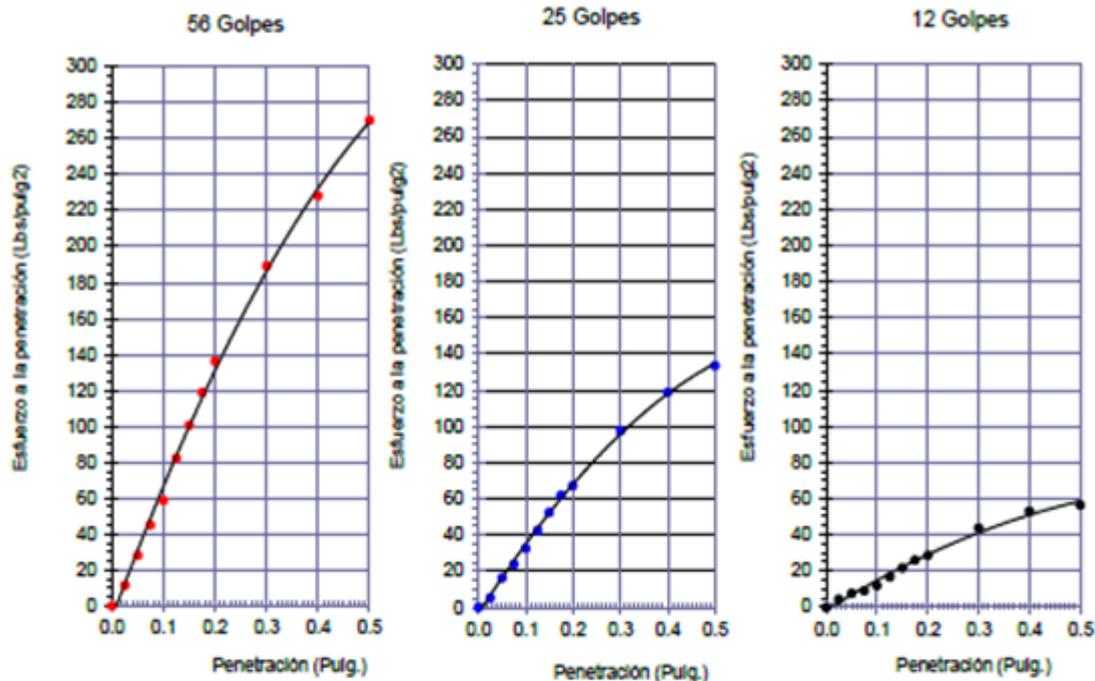
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Sábado, 28 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

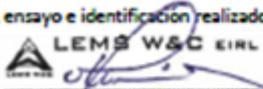
Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGRYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Sábado, 28 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

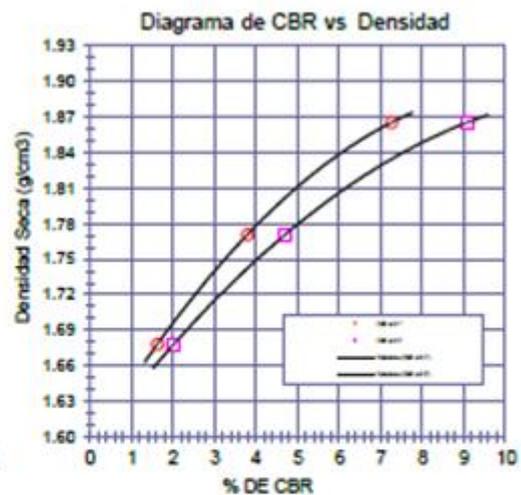
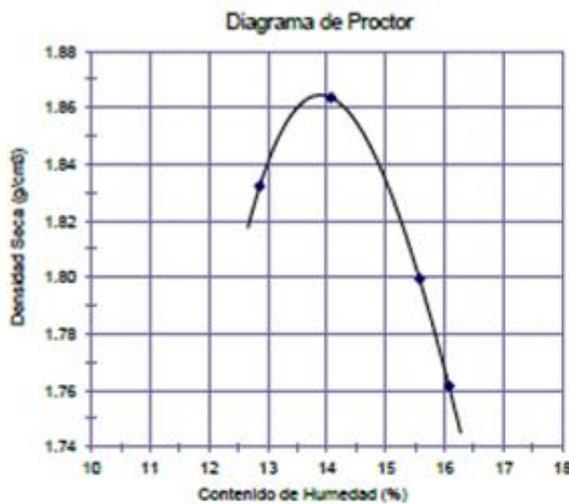
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.865 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	13.90 %

Espéclmer	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.3	0.50	1.865	0.1"	100	7.2
02	25	3.8	0.51	1.771	0.1"	95	3.8
03	12	1.6	0.53	1.678	0.2"	100	1.6
					0.2"	95	4.7



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

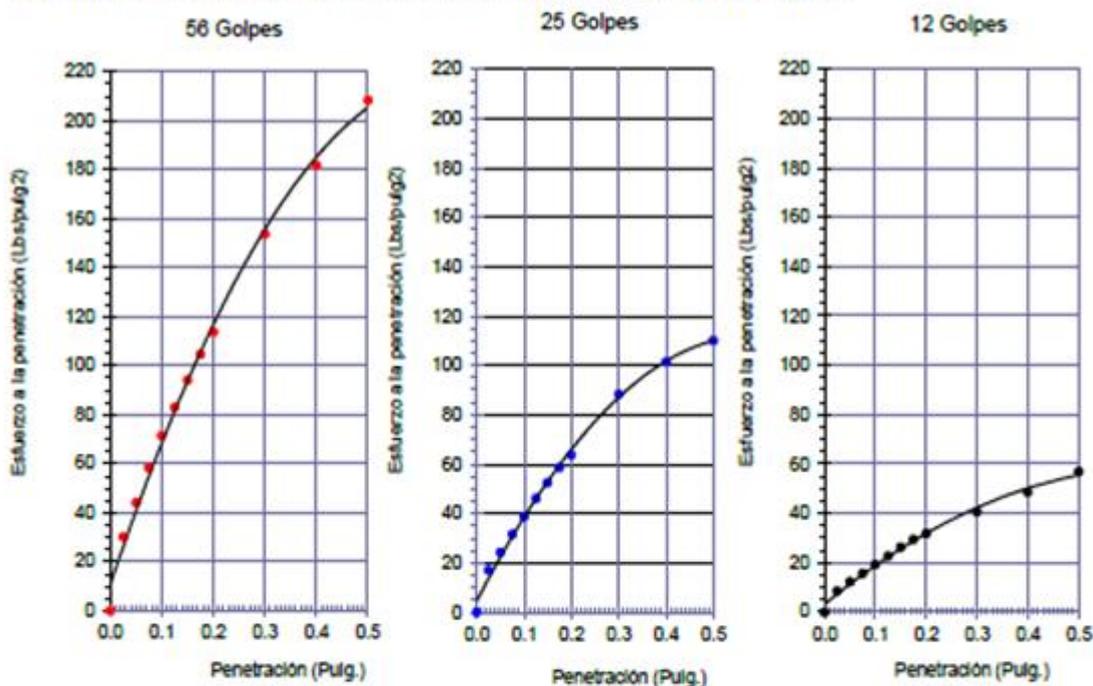
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

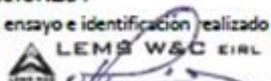
Muestra: Suelo Natural + 2.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

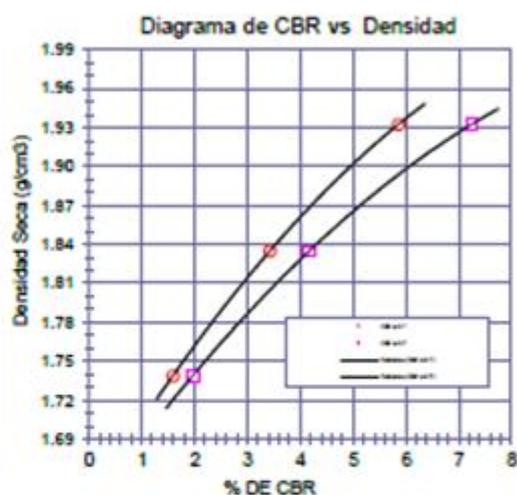
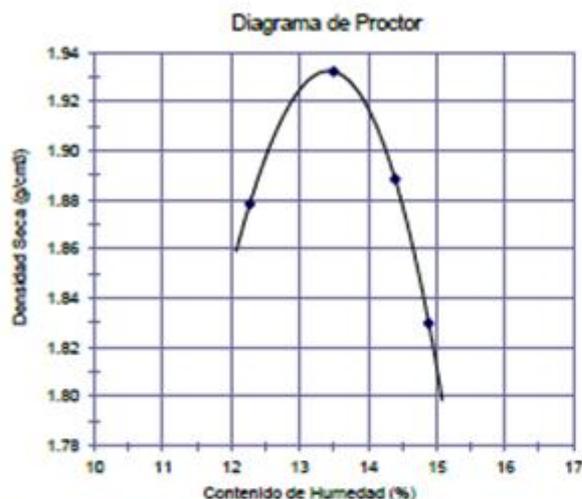
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 2.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.932 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	13.41 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expanción (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	5.9	0.74	1.932	0.1"	100	5.9
02	25	3.4	0.80	1.835	0.1"	95	3.4
03	12	1.6	0.81	1.739	0.2"	100	7.2
					0.2"	95	4.2



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

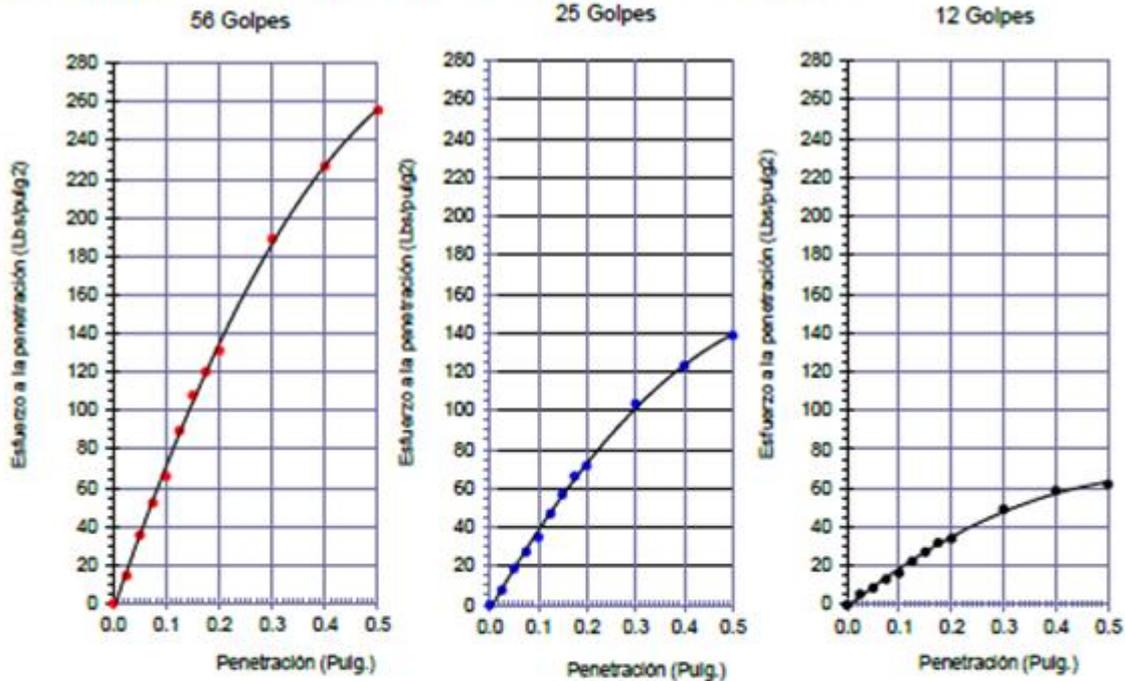
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

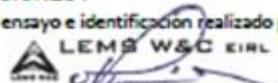
Muestra: Suelo Natural + 5.0% de Yeso

**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.**



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 5.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.925 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	14.07 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.4	0.27	1.925	0.1"	100	7.4
02	25	4.0	0.48	1.829	0.1"	95	4.0
03	12	2.0	0.51	1.733	0.2"	100	9.2
					0.2"	95	6.0

Diagrama de Proctor

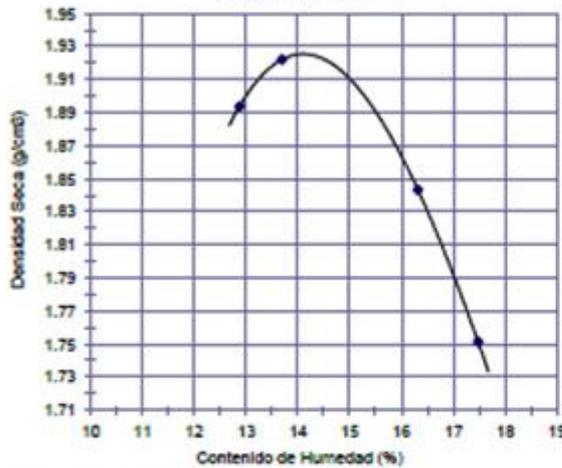
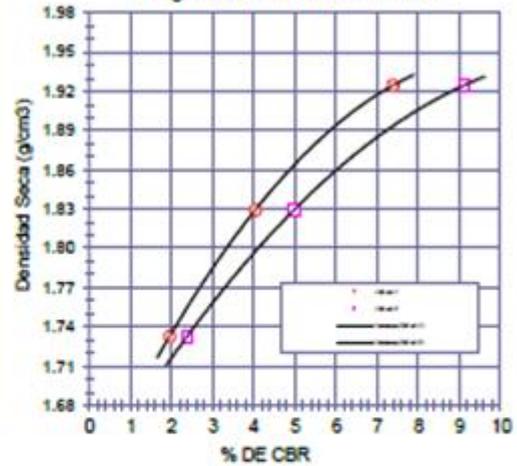
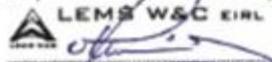


Diagrama de CBR vs Densidad



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

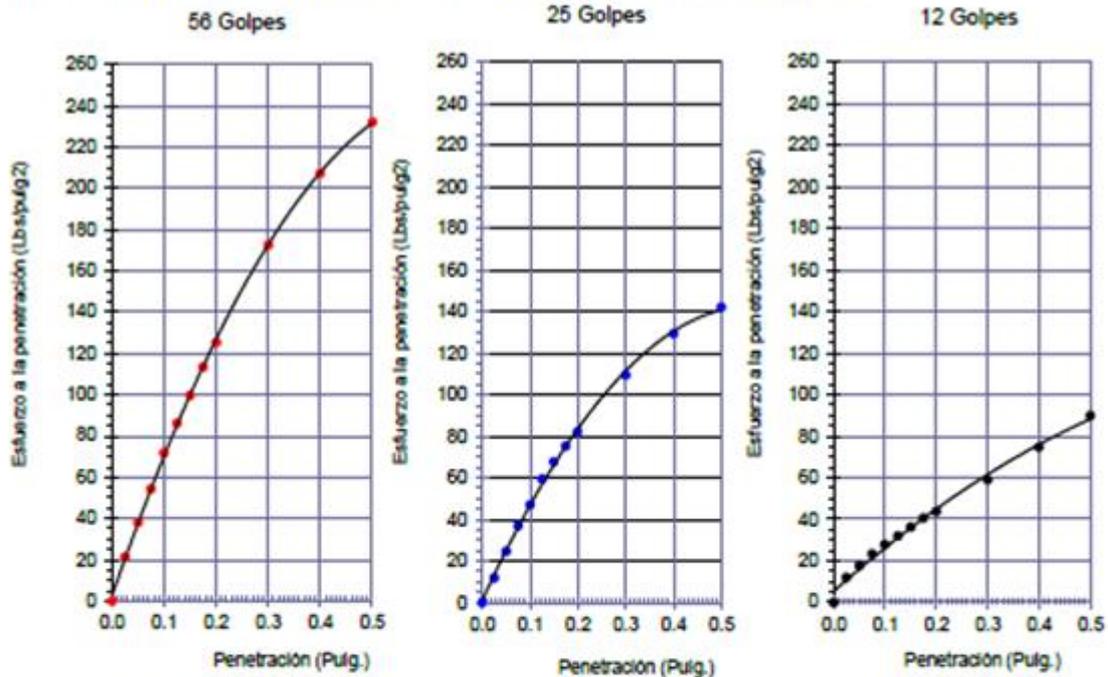
(Pág. 01 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

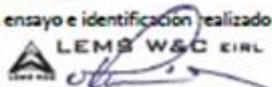
Identificación de la muestra:  
 Muestra: Suelo Natural + 7.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

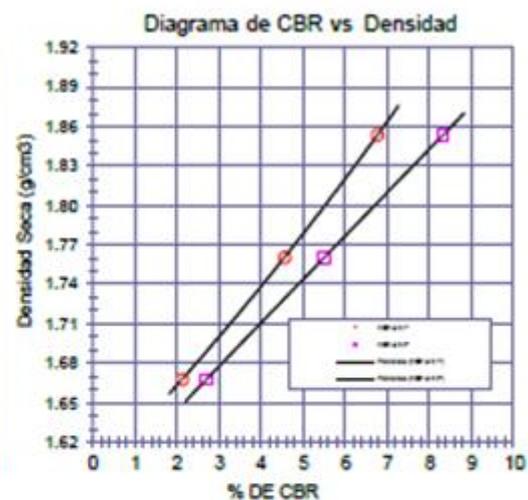
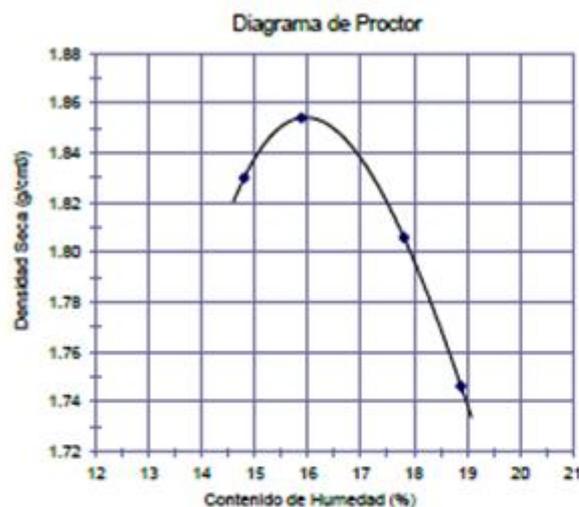
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 7.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

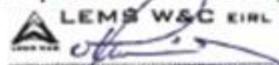
Máxima densidad seca	1.854 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.95 %

Espéclimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.8	0.20	1.854	0.1"	100	6.8
02	25	4.6	0.26	1.761	0.1"	95	4.6
03	12	2.1	0.37	1.668	0.2"	100	6.3
					0.2"	95	6.6



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

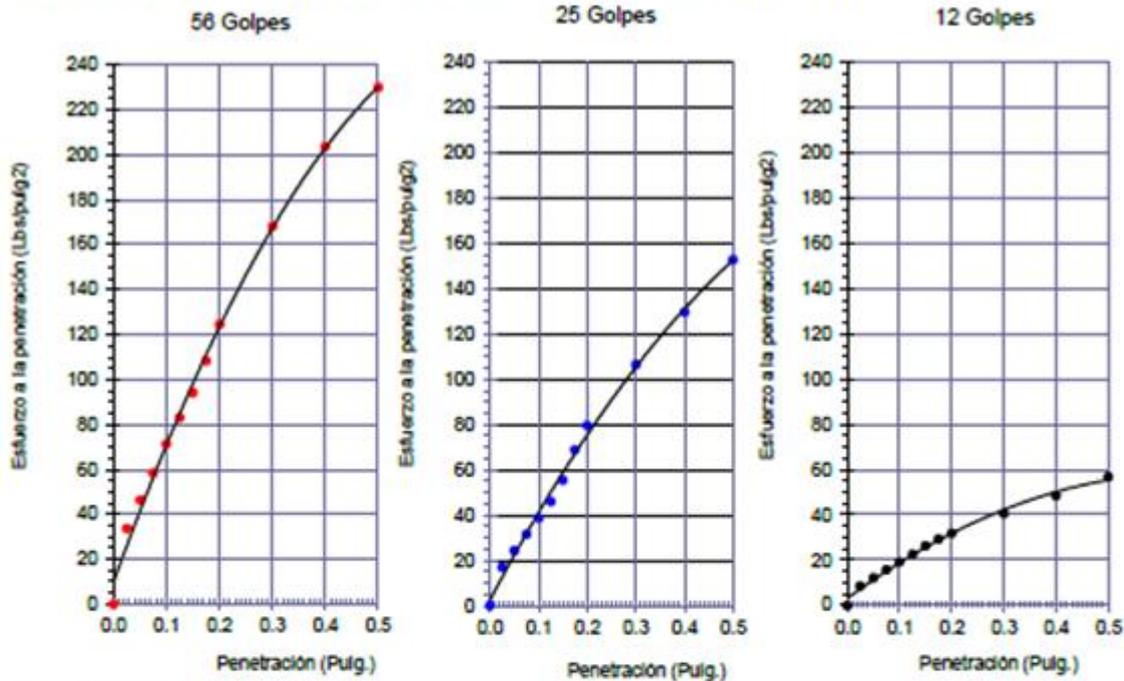
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.

Código : N.T.P. 330.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

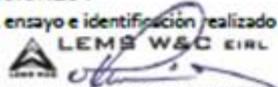
Muestra: Suelo Natural + 10.0% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".

Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de mayo del 2022.  
 Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

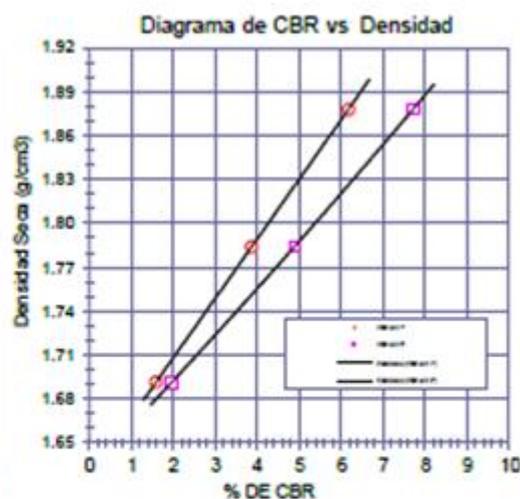
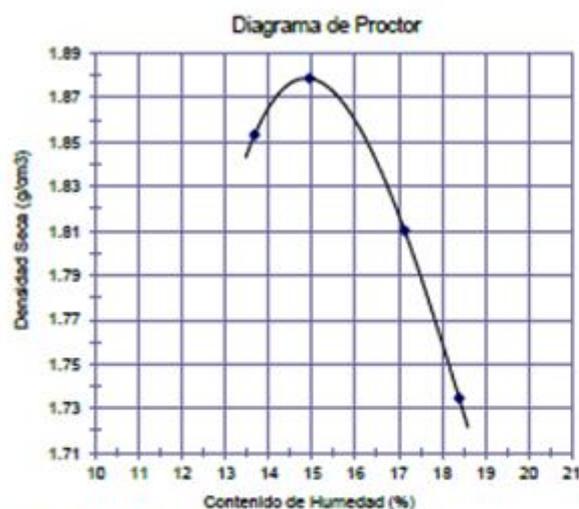
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 10.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.879 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	14.87 %

Especímen	Número de golpes por caso	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.2	0.54	1.878	0.1"	100	6.2
02	25	3.9	0.62	1.784	0.1"	95	3.9
03	12	1.6	0.69	1.691	0.2"	100	7.7
					0.2"	95	4.9



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

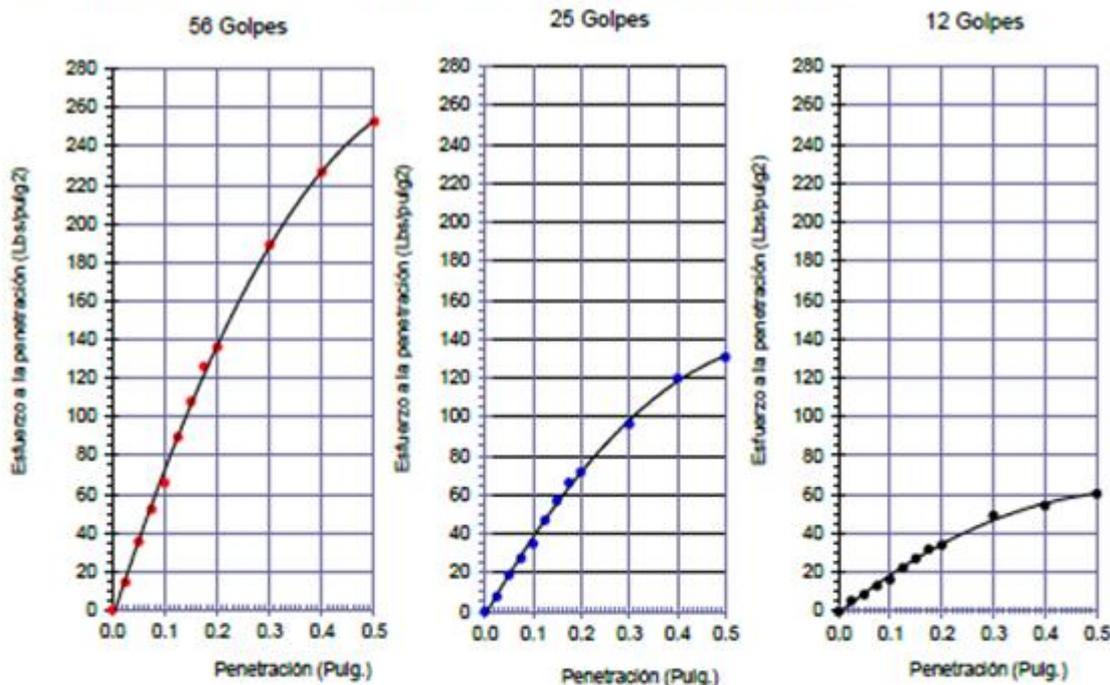
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022

Código : N.T.P. 338.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

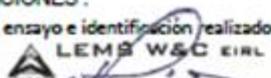
Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 2.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

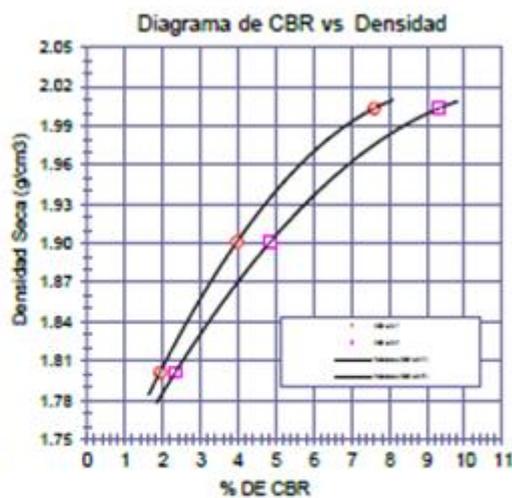
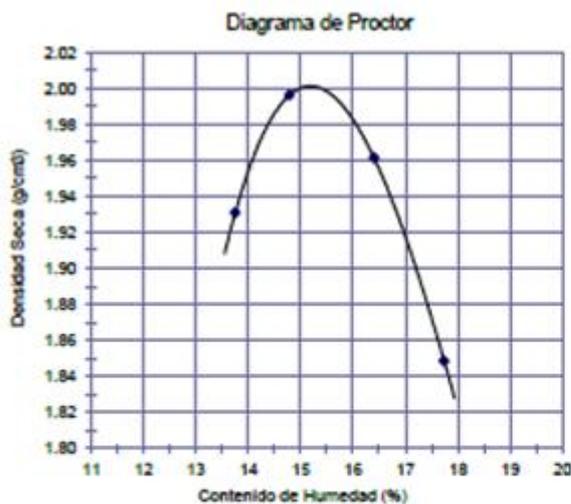
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 2.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

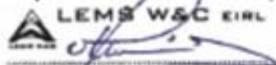
Máxima densidad seca	2.001 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.20 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.6	0.66	2.003	0.1"	100	7.6
02	25	4.0	0.68	1.901	0.1"	95	4.0
03	12	1.9	0.69	1.801	0.2"	100	9.2
					0.2"	95	4.9



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ESPECIALISTA EN MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

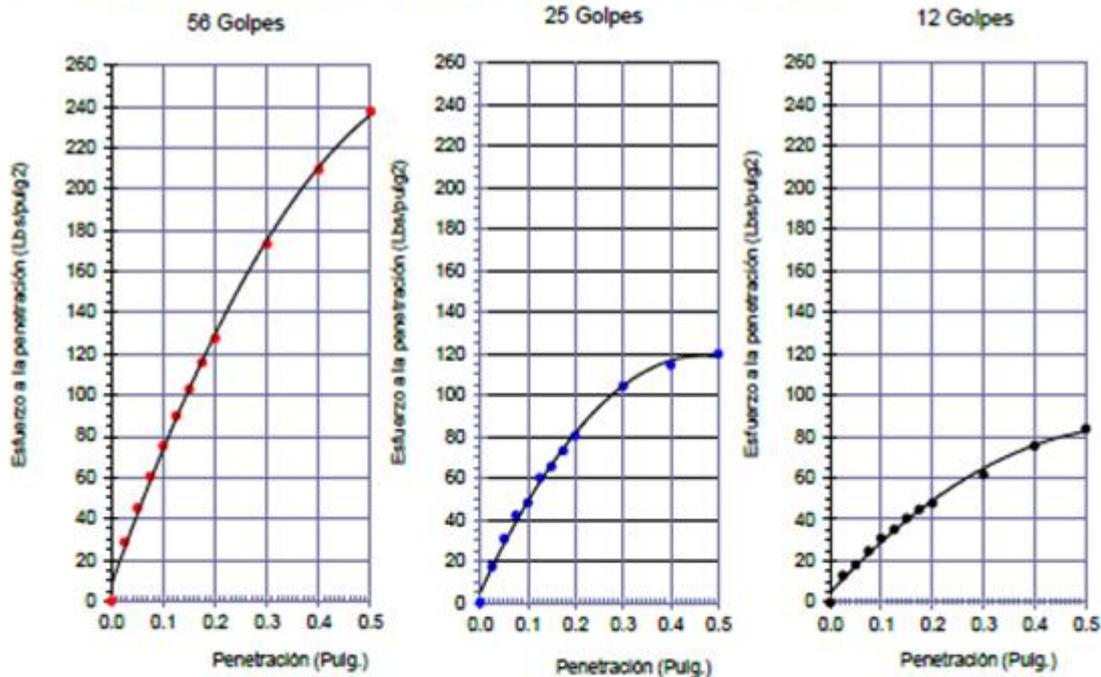
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

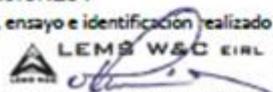
Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 5.0% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022

Código : N.T.P. 338.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

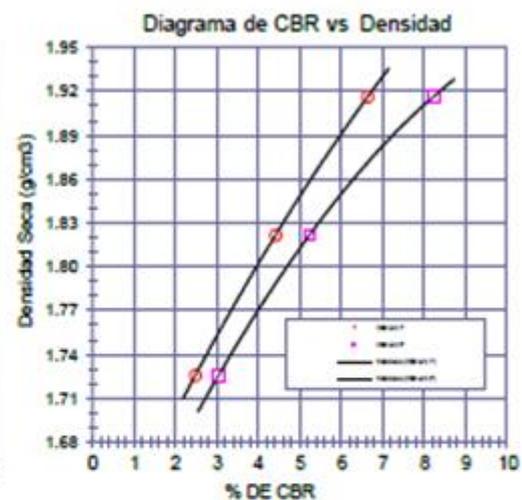
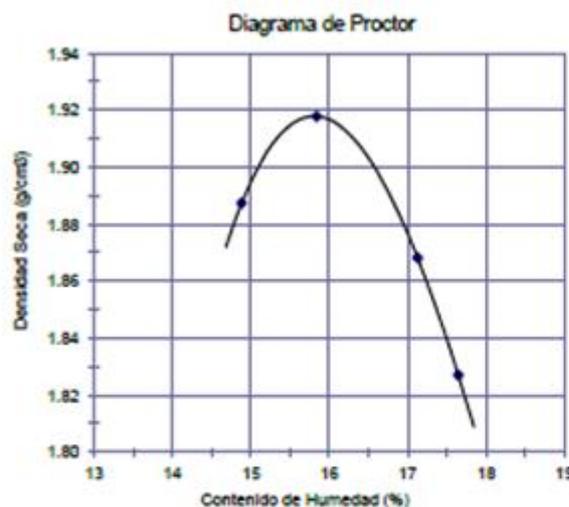
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 5.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

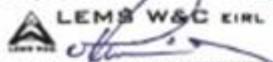
Máxima densidad seca	1.918 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.82 %

Espéclmer	Número de golpes por capa	CBR (%)	Espesor (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDG	CBR (%)
01	56	6.6	0.40	1.917	0.1"	100	6.7
02	25	4.4	0.42	1.822	0.1"	95	4.4
03	12	2.5	0.44	1.726	0.2"	100	6.3
					0.2"	95	6.2



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

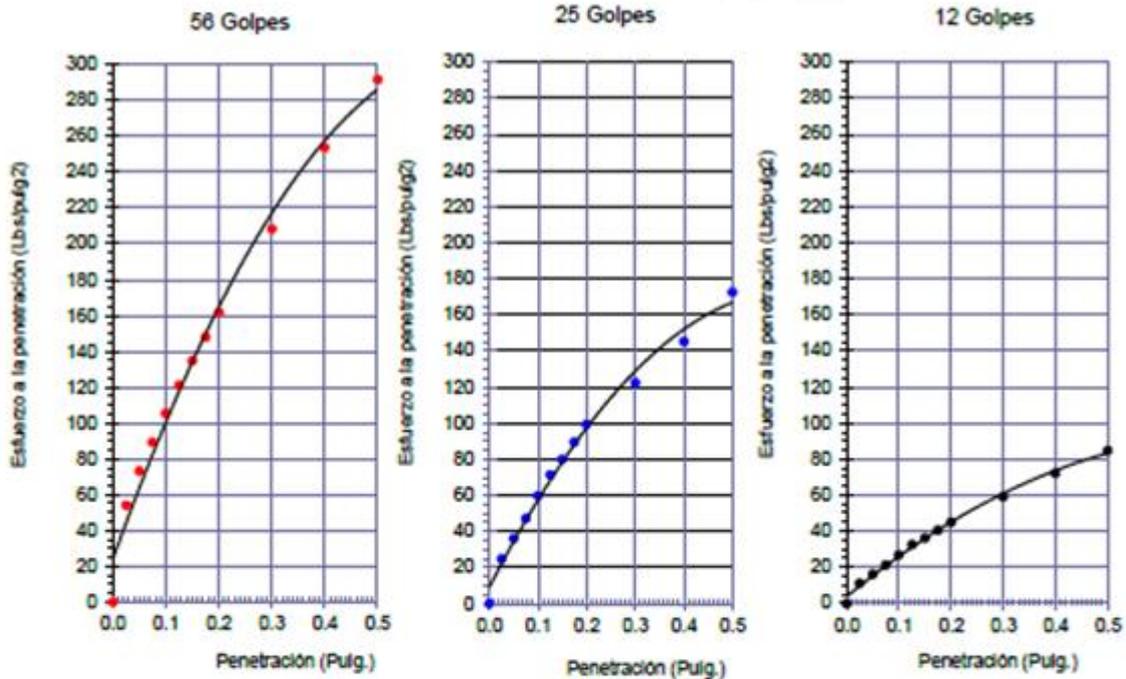
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

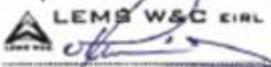
Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 7.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

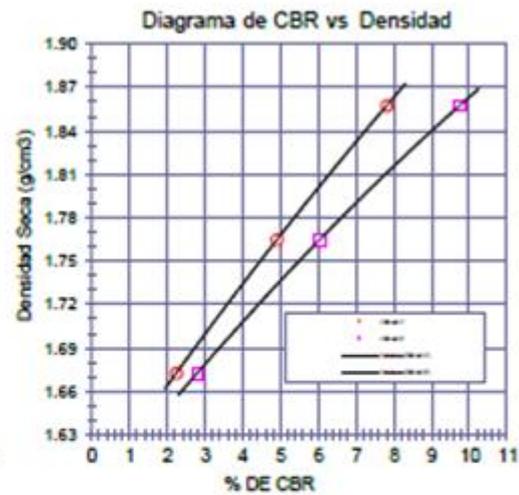
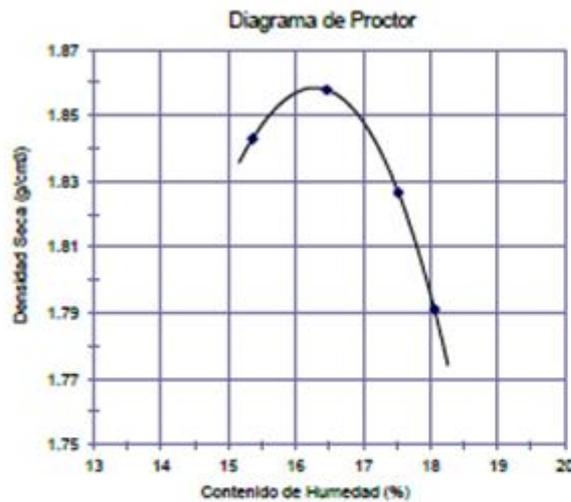
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 7.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.858 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.29 %

Explicador	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Fu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.8	0.20	1.858	0.1"	100	7.8
02	25	4.9	0.20	1.765	0.1"	95	4.9
03	12	2.2	0.26	1.673	0.2"	100	9.8
					0.2"	95	6.1



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

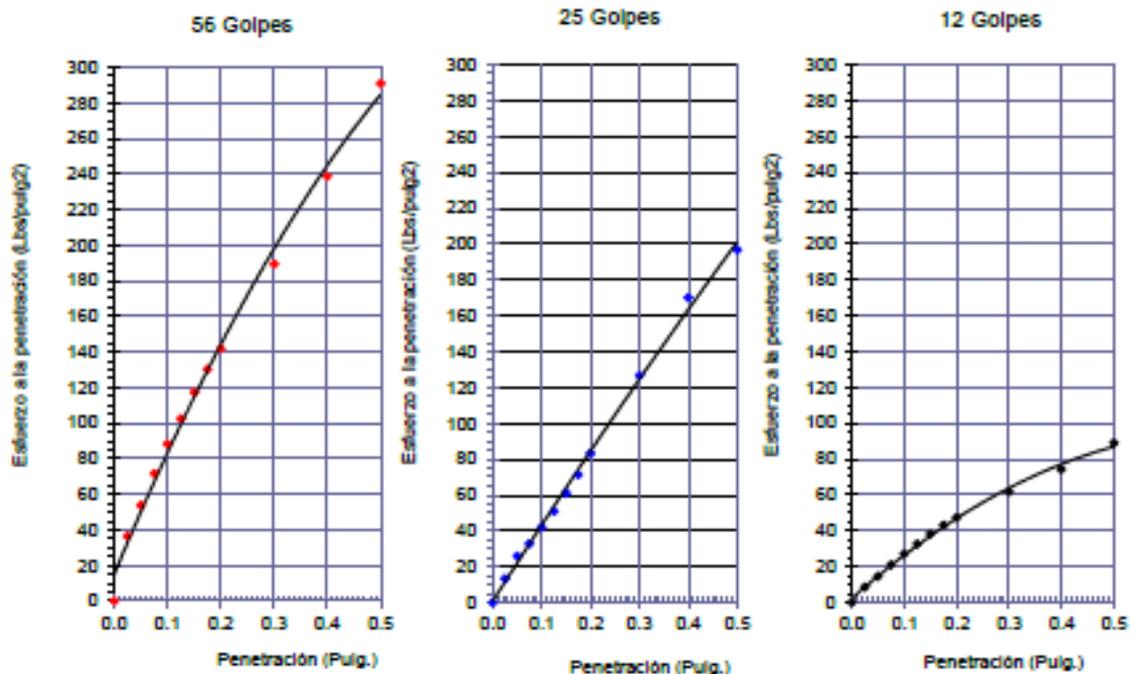
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chidayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 10.0% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 Golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ESPECIALIZADO EN MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chidayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Jueves, 02 de Junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

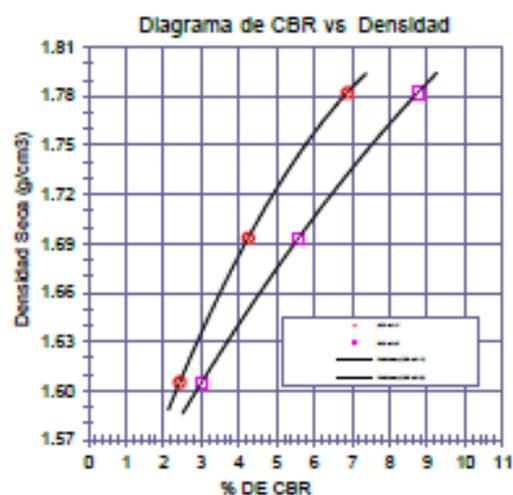
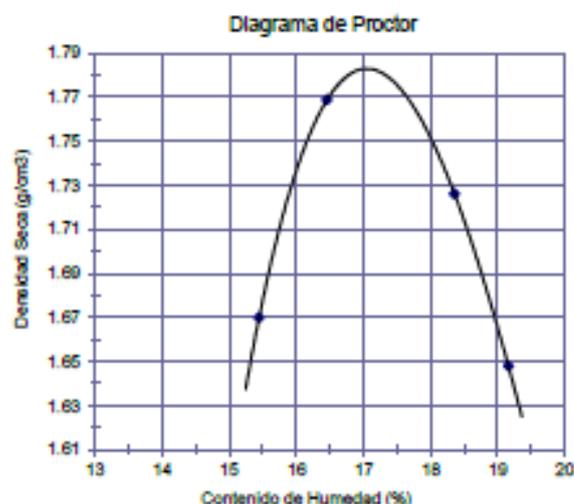
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 0.5% de Yute + 10.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.783 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	17.05 %

Epéndice	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDG	CBR (%)
01	56	6.9	0.21	1.782	0.1"	100	6.9
02	25	4.2	0.23	1.693	0.1"	95	4.3
03	12	2.4	0.27	1.605	0.2"	100	8.8
					0.2"	95	5.6



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

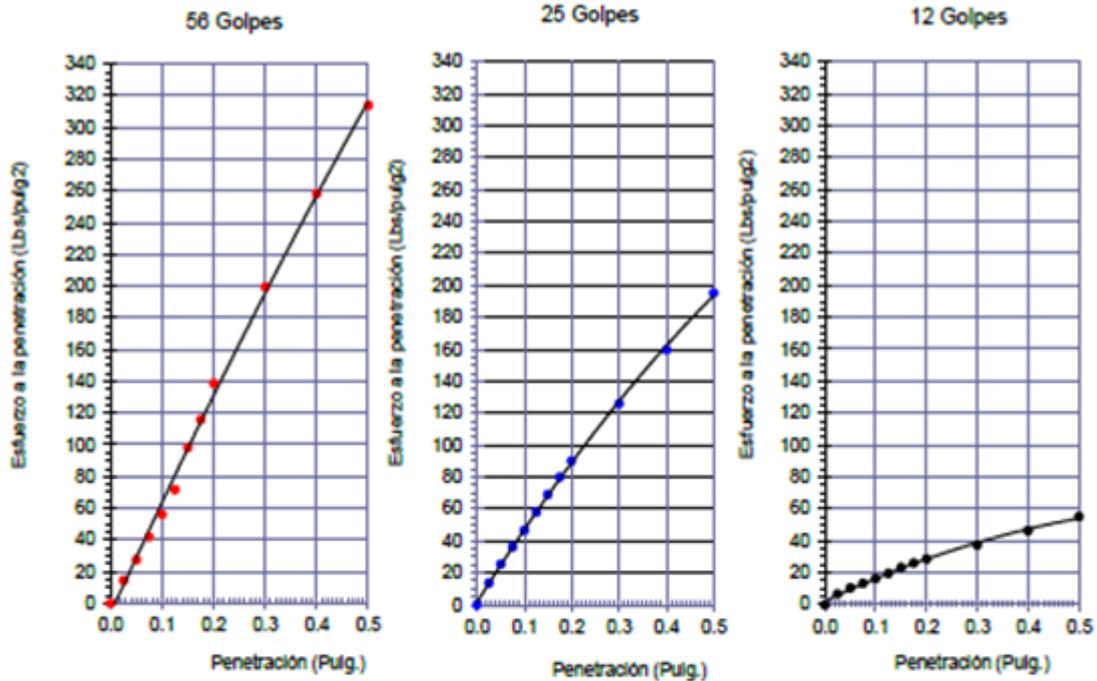
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Martes, 07 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute + 2.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Martes, 07 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

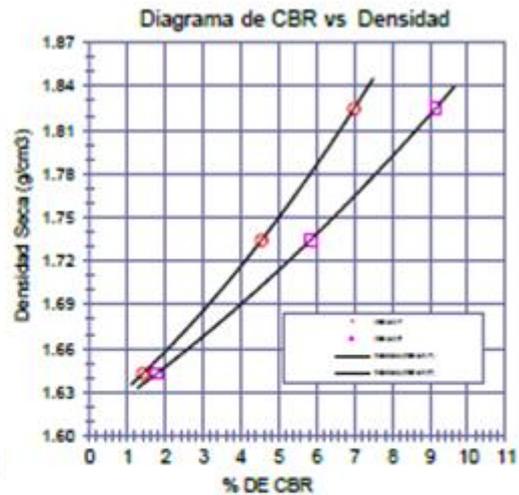
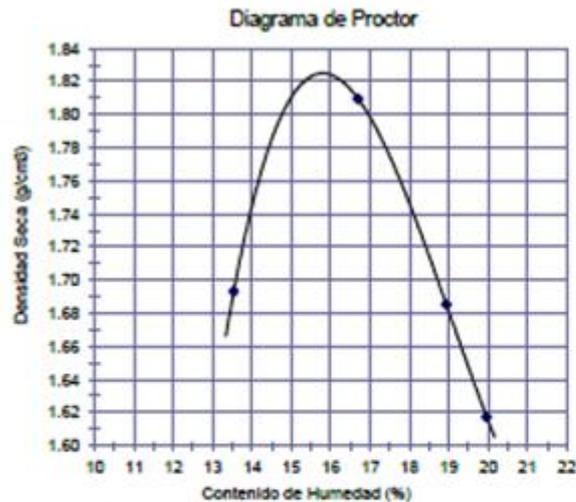
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute + 2.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.825 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.78 %

Espéclmer	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.0	0.55	1.825	0.1"	100	7.0
02	25	4.5	0.55	1.734	0.1"	95	4.6
03	12	1.4	0.61	1.643	0.2"	100	9.2
					0.2"	95	6.8



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

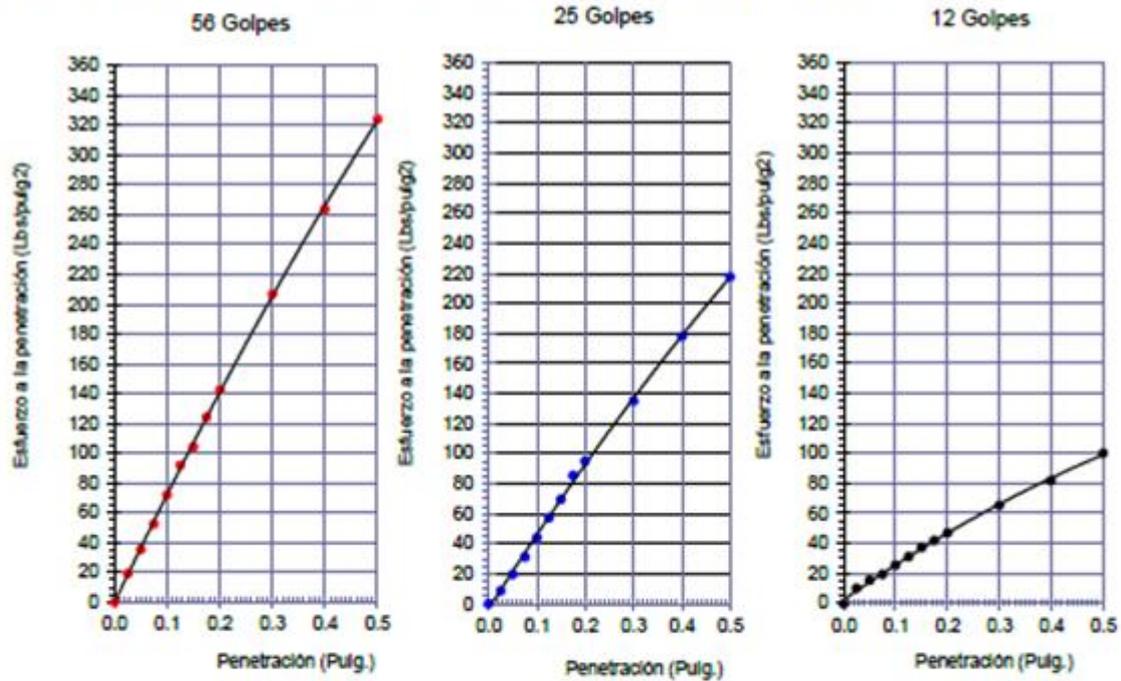
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Martes, 07 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

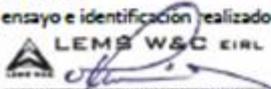
Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute + 5.0% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Martes, 07 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

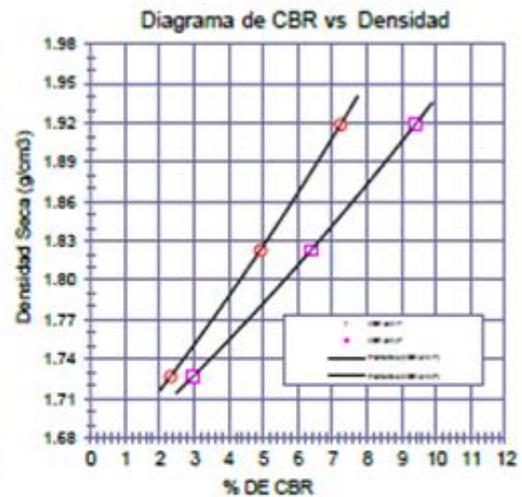
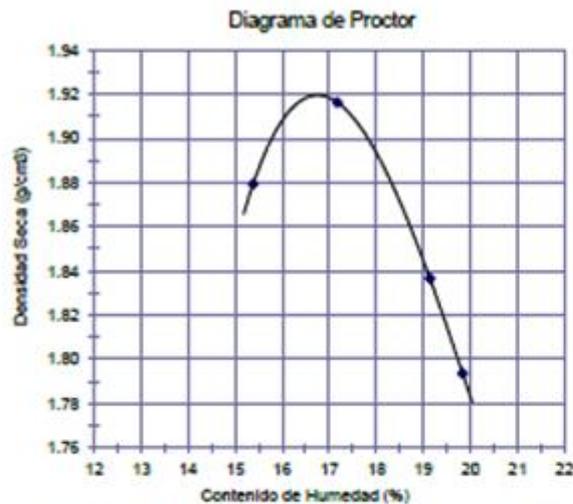
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute + 5.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

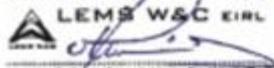
Máxima densidad seca	1.919 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.76 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Puig)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.2	0.40	1.919	0.1"	100	7.3
02	25	4.9	0.52	1.823	0.1"	95	4.9
03	12	2.3	0.54	1.727	0.2"	100	9.4
					0.2"	95	6.4



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

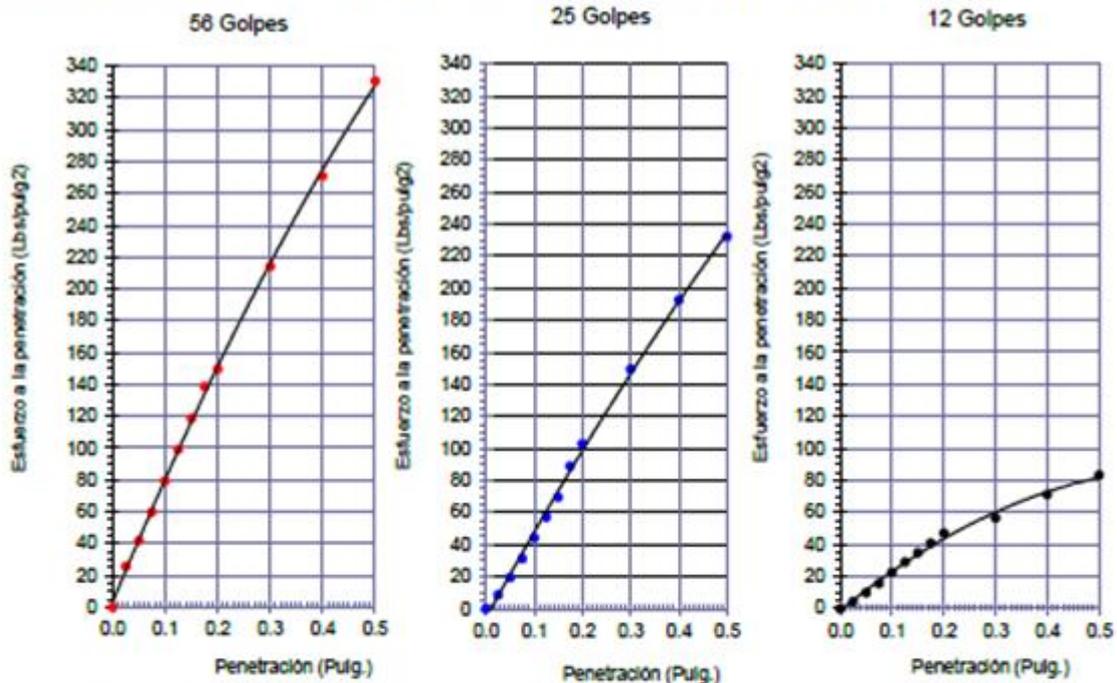
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Martes, 07 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

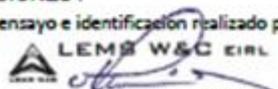
Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute + 7.5% de Yeso

**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.**



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Martes, 07 de junio del 2022

Código : N.T.P. 330.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

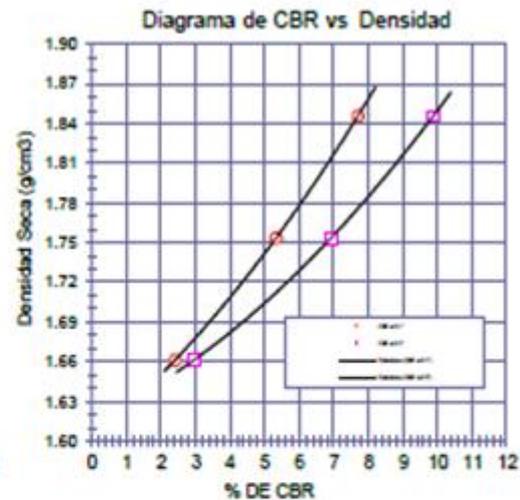
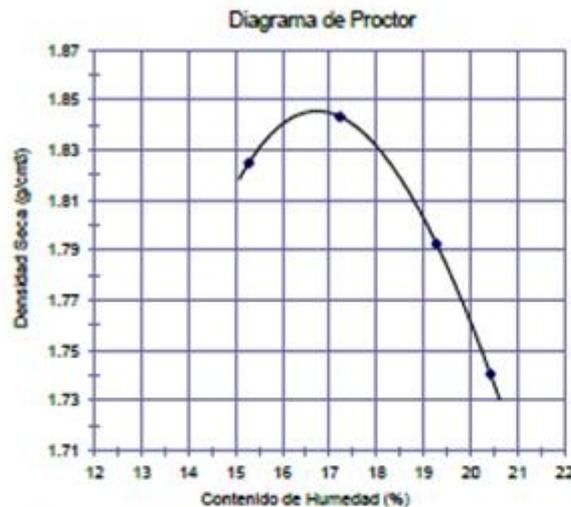
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute + 7.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

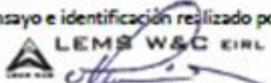
Máxima densidad seca	1.846 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.72 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.7	0.25	1.846	0.1"	100	7.7
02	25	5.3	0.32	1.753	0.1"	95	6.3
03	12	2.4	0.33	1.661	0.2"	100	9.9
					0.2"	95	6.9



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 2466904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

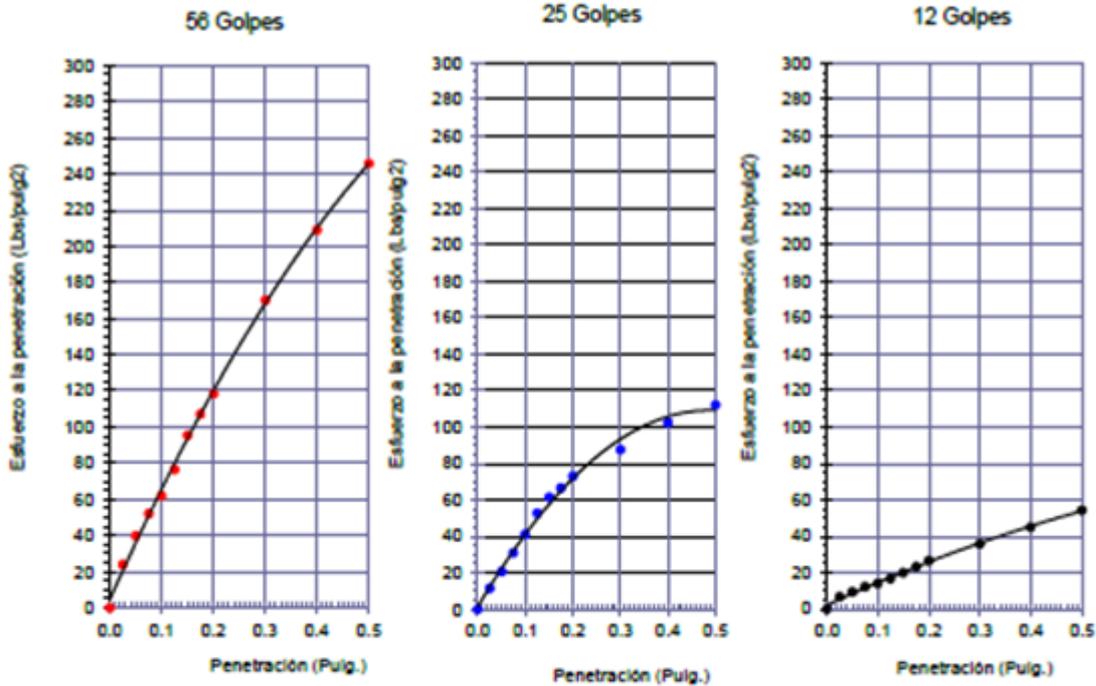
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 12 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Muestra: Guelo Natural + 1.0% de Yute + 10% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 12 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

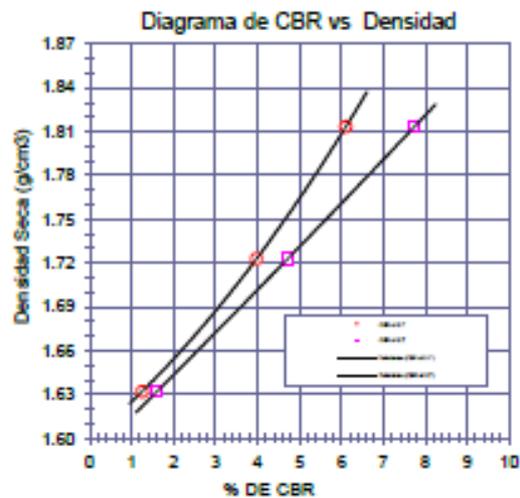
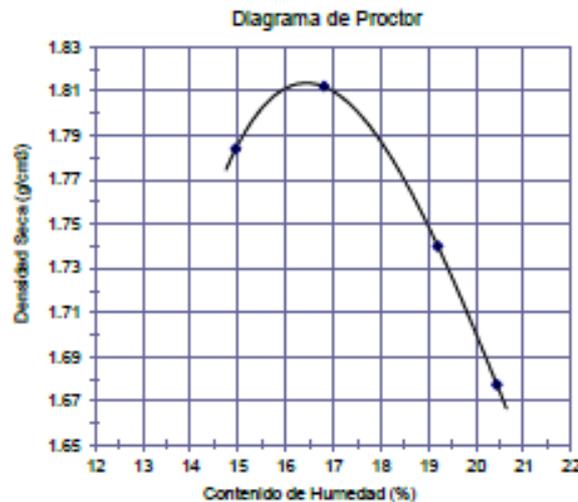
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.0% de Yute + 10% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.814 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.42 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.1	0.25	1.813	0.1"	100	6.1
02	25	4.0	0.32	1.723	0.1"	95	4.0
03	12	1.2	0.33	1.632	0.2"	100	7.8
					0.2"	95	4.7



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. EN AYUDAS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

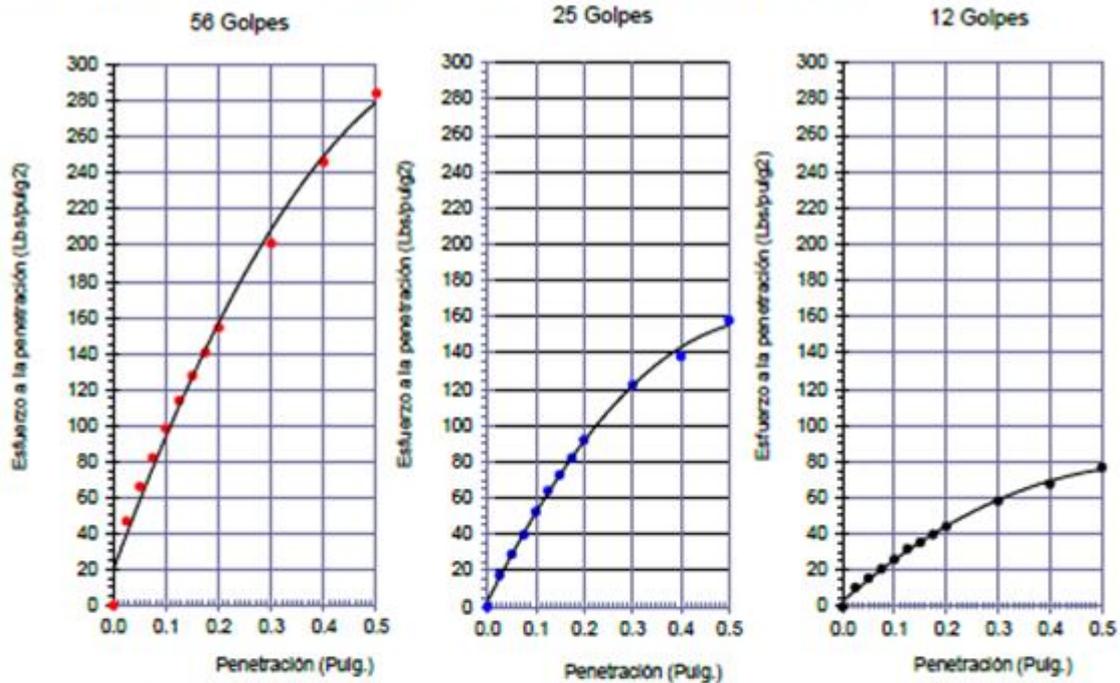
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 12 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

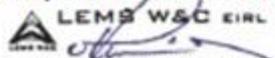
Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 2.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 12 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

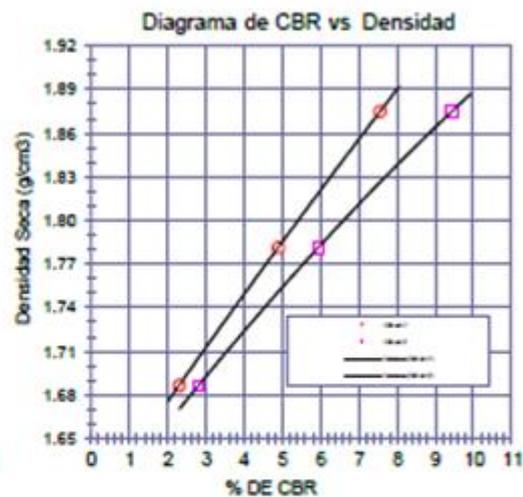
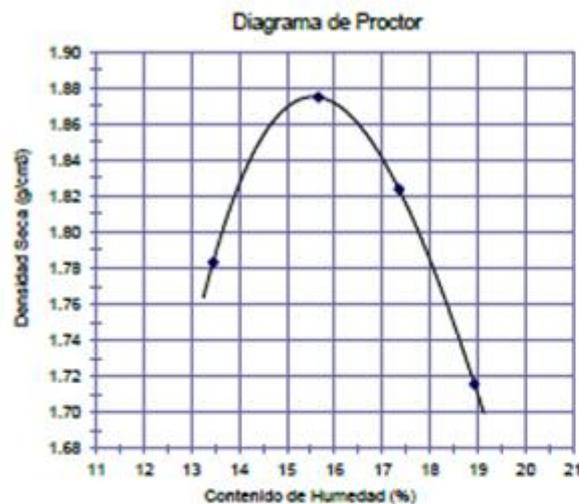
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 2.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

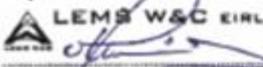
Máxima densidad seca	1.875 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.55 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Espesor (")	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.6	0.28	1.875	0.1"	100	7.6
02	25	4.9	0.49	1.781	0.1"	95	4.9
03	12	2.3	0.52	1.687	0.2"	100	9.4
					0.2"	95	5.9



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

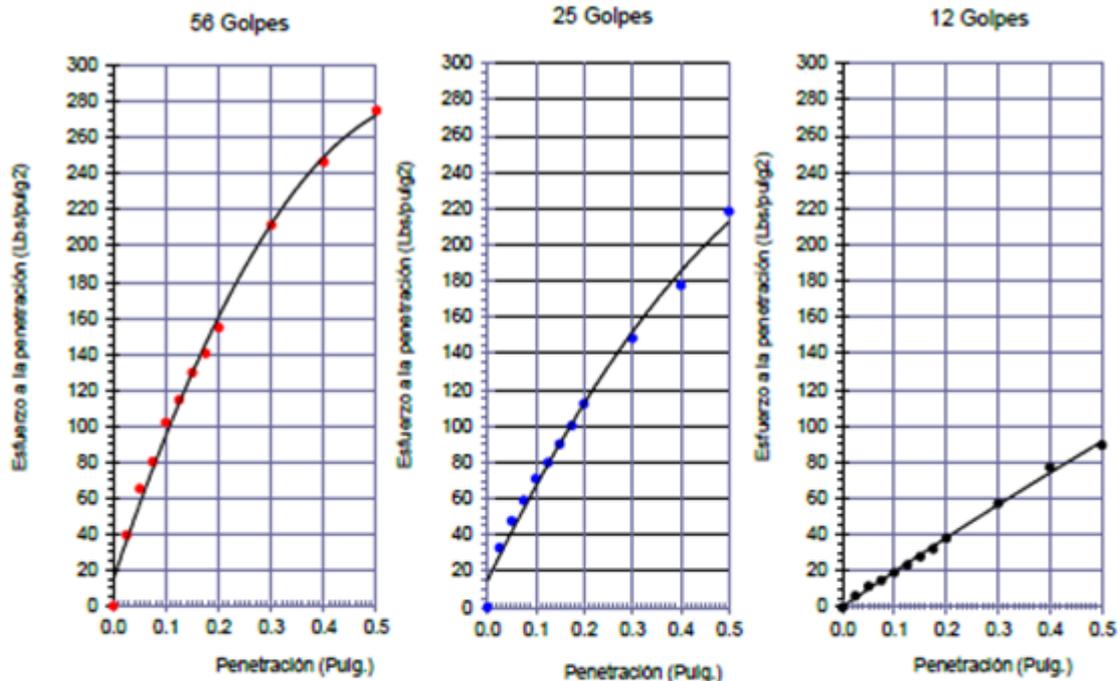
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 12 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 5.0% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de recepción : Domingo, 12 de junio del 2022

Código : N.T.P. 330.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

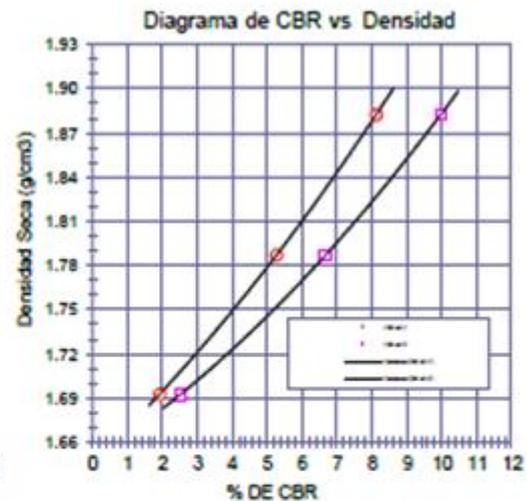
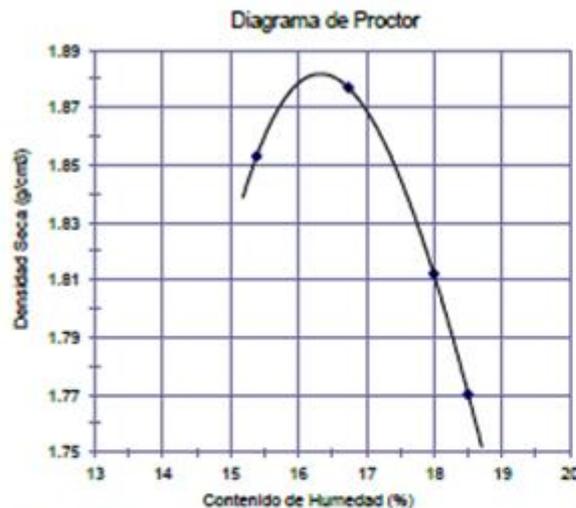
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 5.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.882 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.30 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Espesor (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	8.1	0.44	1.882	0.1"	100	8.1
02	25	5.3	0.49	1.787	0.1"	95	5.3
03	12	1.9	0.51	1.693	0.2"	100	10.0
					0.2"	95	6.7



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

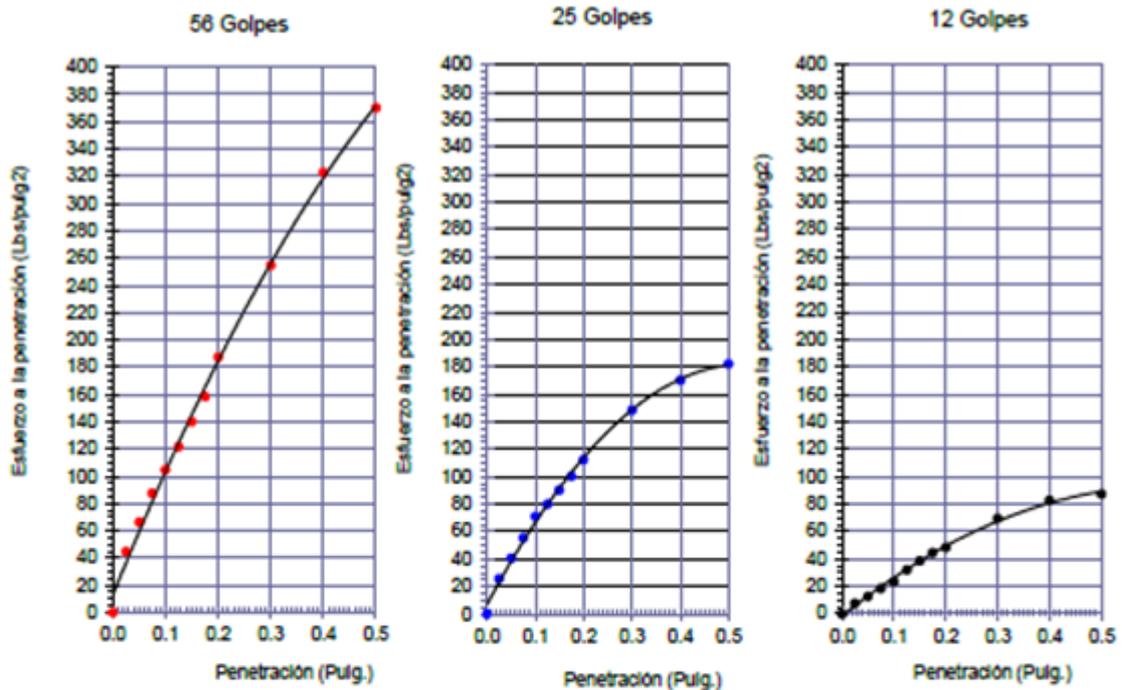
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 17 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

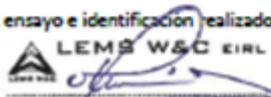
Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 7.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 17 de junio del 2022

Código : N.T.P. 330.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

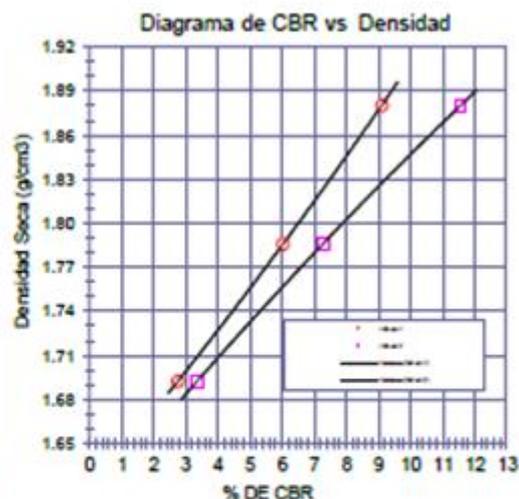
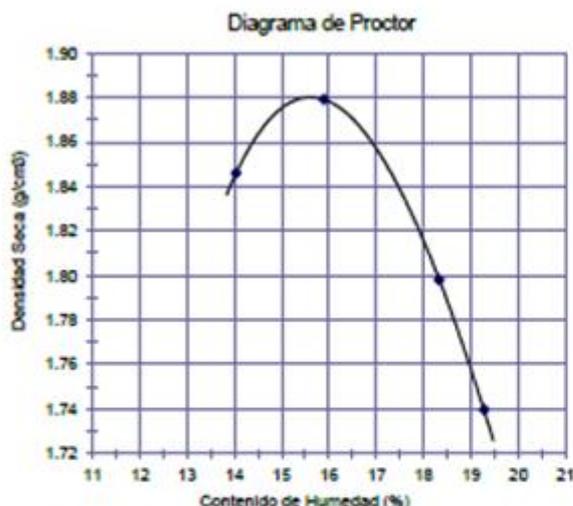
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 7.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

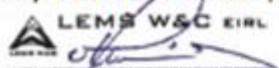
Máxima densidad seca	1.880 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.58 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Espesor (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	9.1	0.26	1.880	0.1"	100	9.1
02	25	6.0	0.35	1.786	0.1"	95	6.0
03	12	2.8	0.39	1.692	0.2"	100	11.6
					0.2"	95	7.3



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

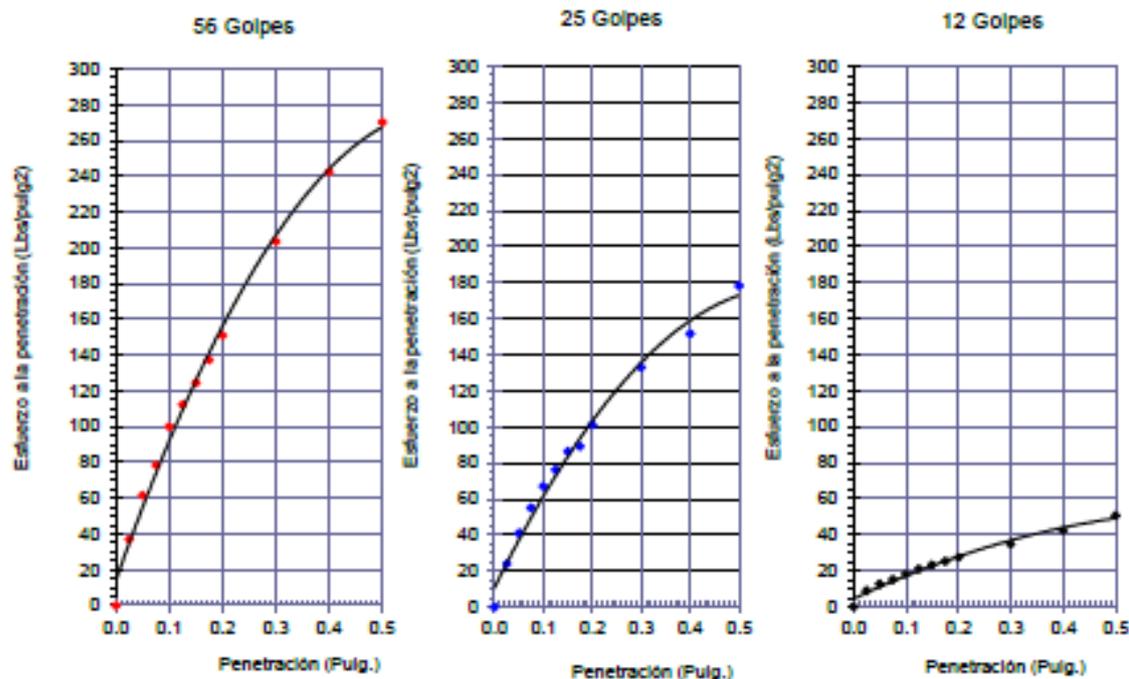
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 17 de Junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 10% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 Golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 17 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

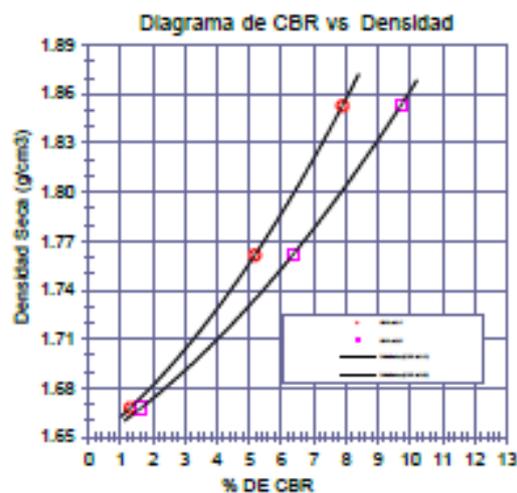
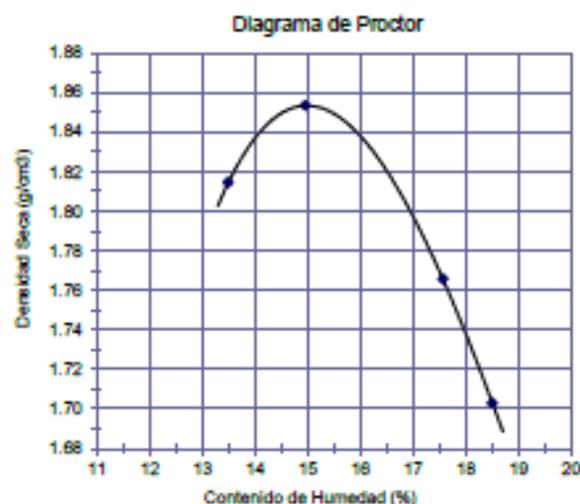
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 1.5% de Yute + 10% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.853 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.00 %

Expediente	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.9	0.43	1.853	0.1"	100	7.9
02	25	5.2	0.54	1.761	0.1"	95	5.2
03	12	1.3	0.58	1.668	0.2"	100	9.7
					0.2"	95	6.3



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ESPECIALIZADO EN MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

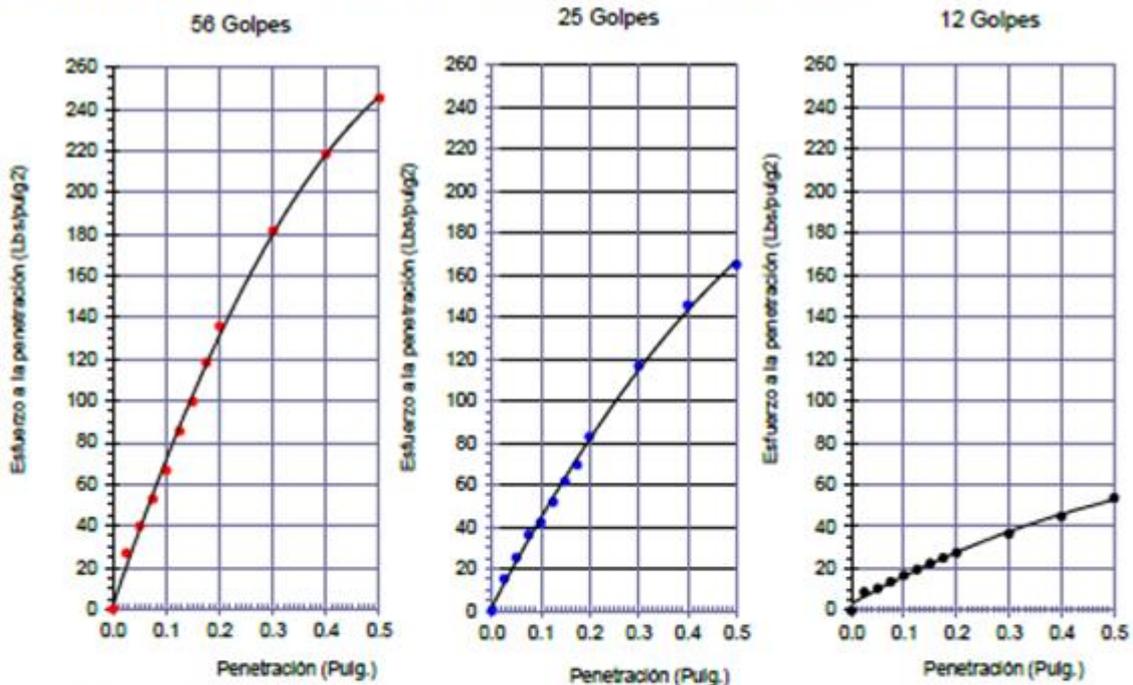
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 17 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

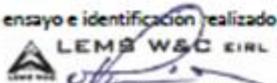
Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 2.5% de Yeso

**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.**



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 17 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 2.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.944 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.97 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.0	0.42	1.944	0.1"	100	7.0
02	25	4.2	0.54	1.847	0.1"	95	4.2
03	12	1.3	0.58	1.749	0.2"	100	6.7
					0.2"	95	6.4

Diagrama de Proctor

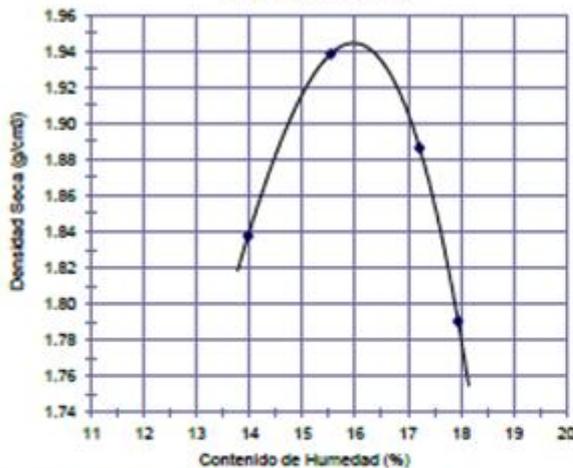
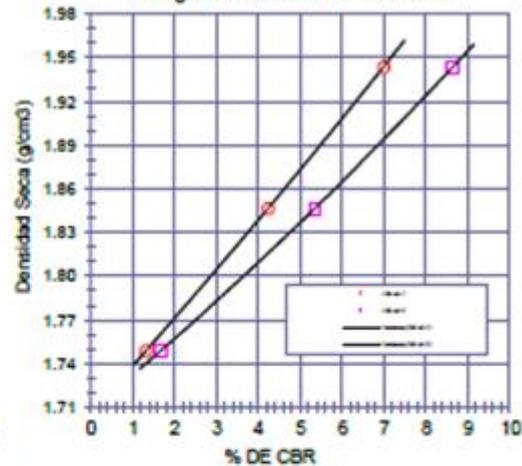


Diagrama de CBR vs Densidad



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

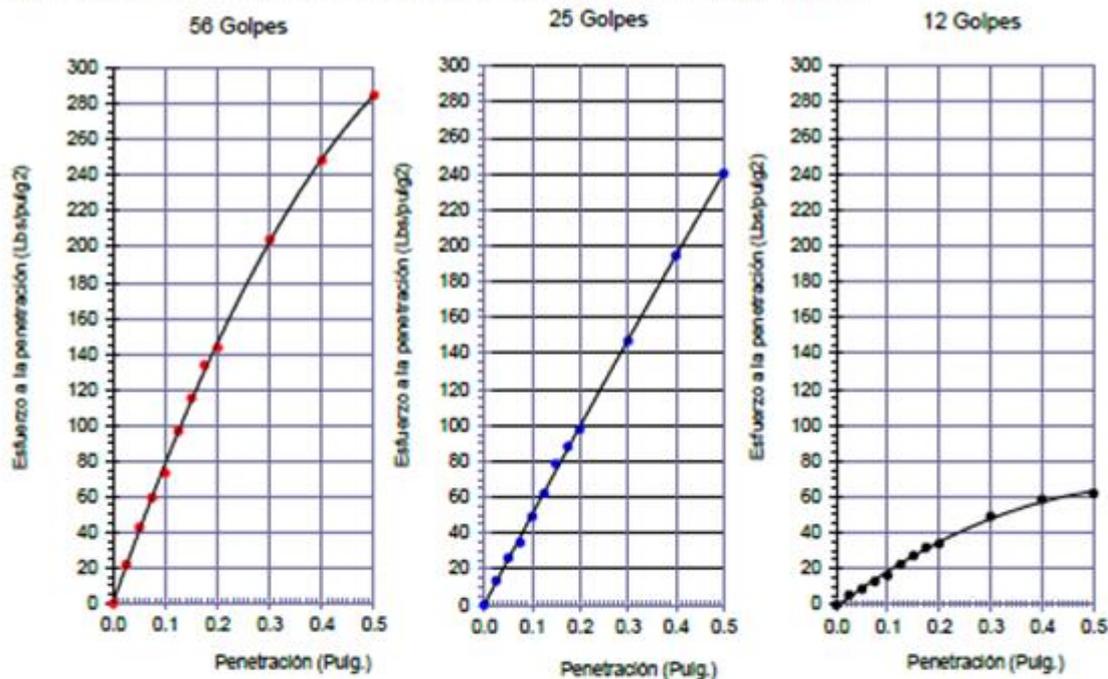
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 22 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

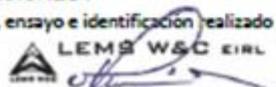
Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 5.0% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 22 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

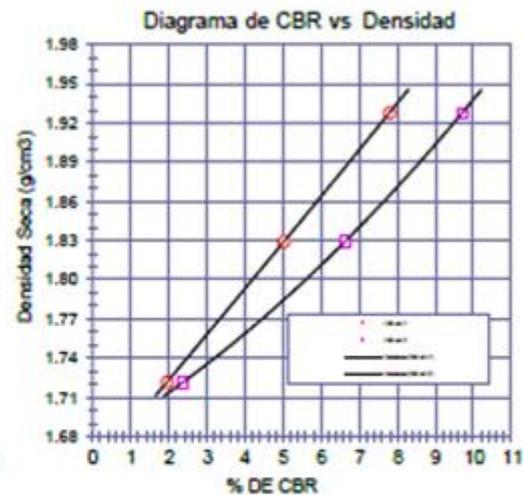
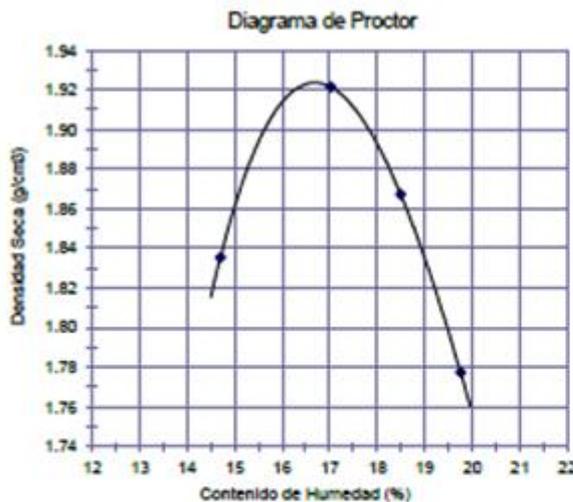
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 5.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.523 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.74 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.8	0.46	1.928	0.1"	100	7.7
02	25	5.0	0.50	1.829	0.1"	95	6.0
03	12	2.0	0.55	1.722	0.2"	100	6.6
					0.2"	95	6.6



OBSERVACIONES :

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

   
**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

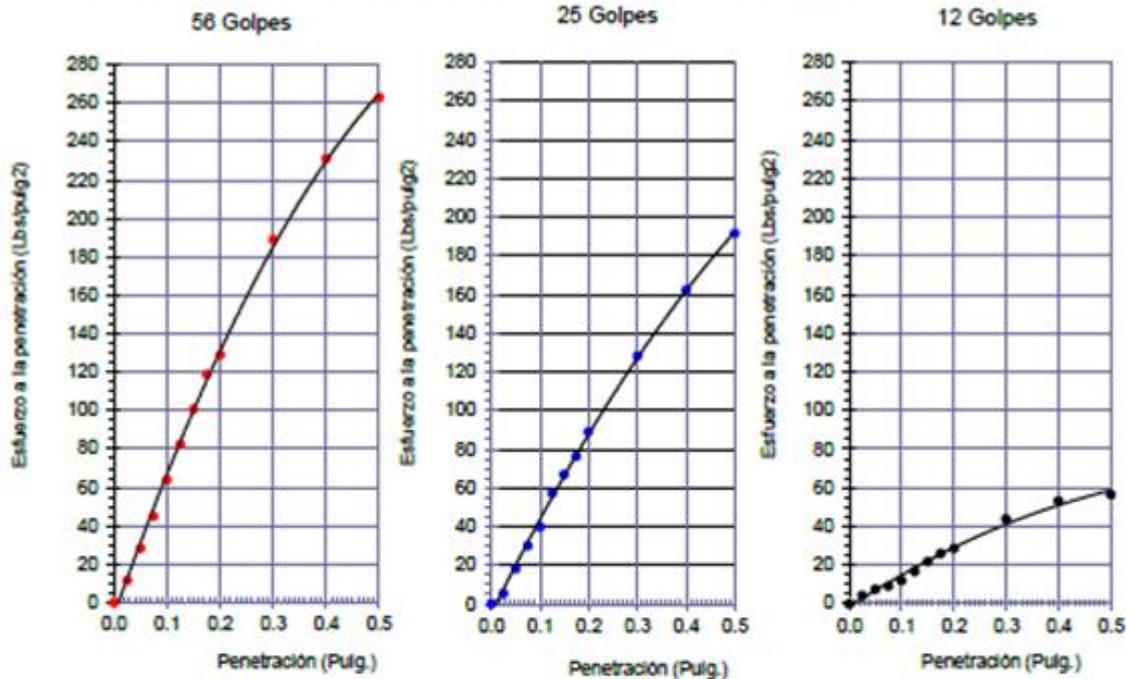
Solicitante : FALEN PUICON, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 22 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

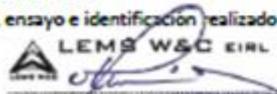
Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 7.5% de Yeso

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Título Tesis : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 22 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

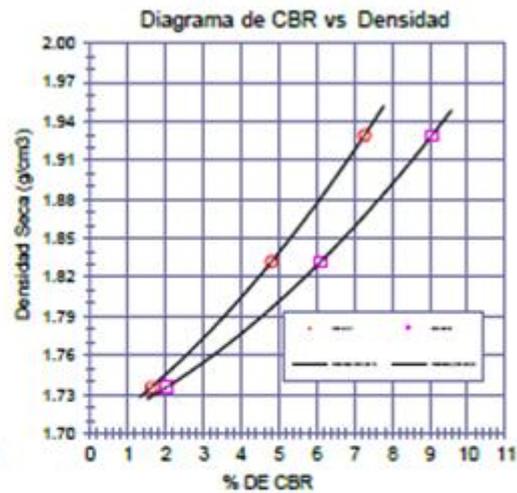
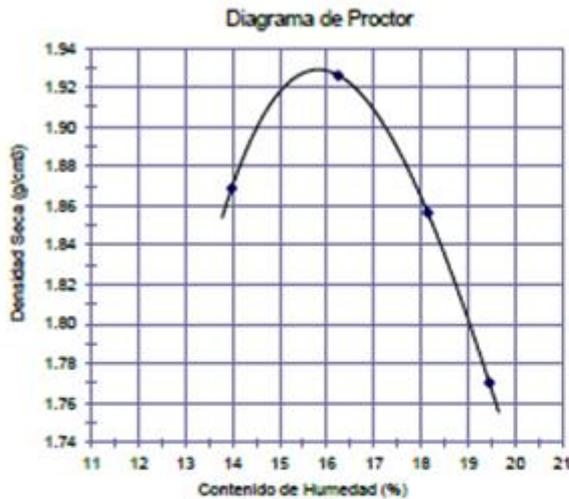
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 7.5% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.929 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	15.80 %

Espéjmen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.3	0.57	1.929	0.1"	100	7.3
02	25	4.8	0.60	1.832	0.1"	95	4.8
03	12	1.6	0.65	1.735	0.2"	100	1.6
					0.2"	95	1.6



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Ángel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 01 de 02)

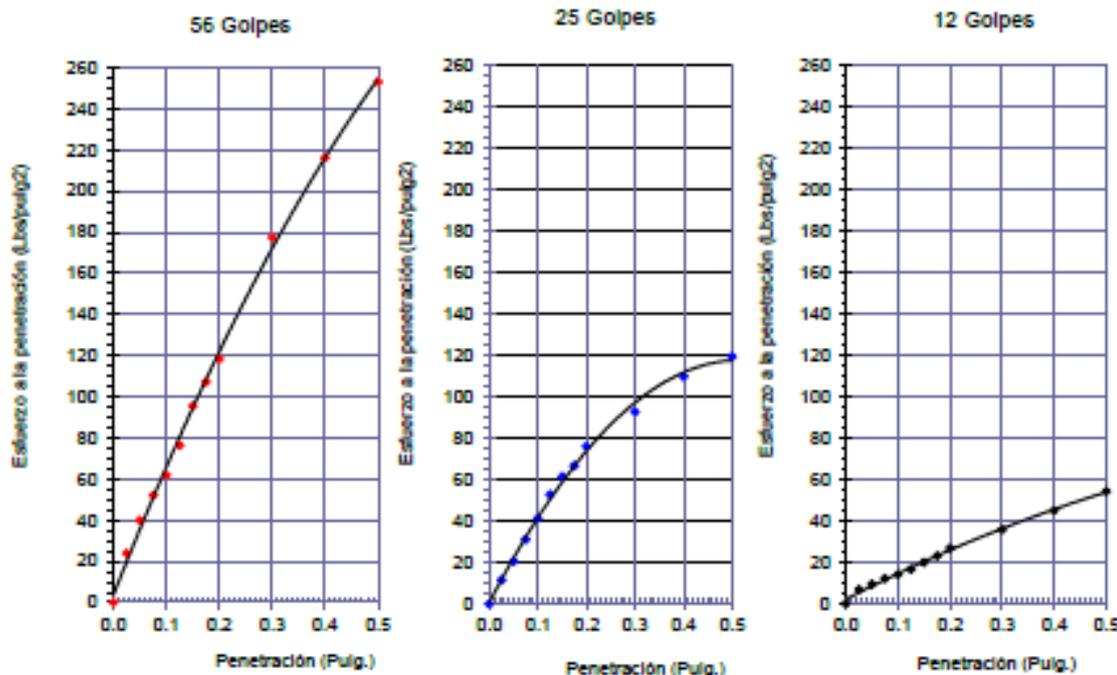
Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chidayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 22 de junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 10.0% de Yeso

**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.**



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pag. 02 de 02)

Solicitante : FALEN PUICÓN, CRISTIAN ANTONIO  
 Obra / Proyecto : TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE".  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Miércoles, 22 de Junio del 2022

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

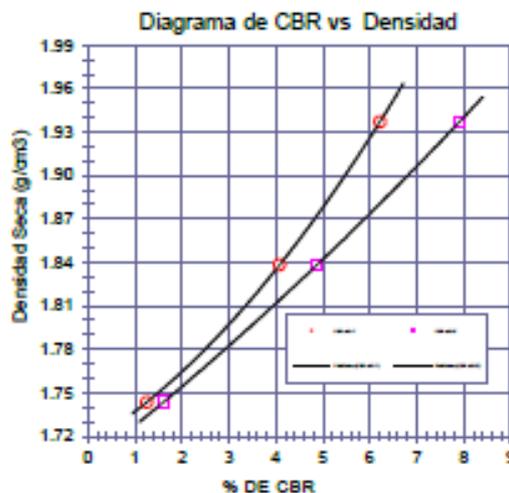
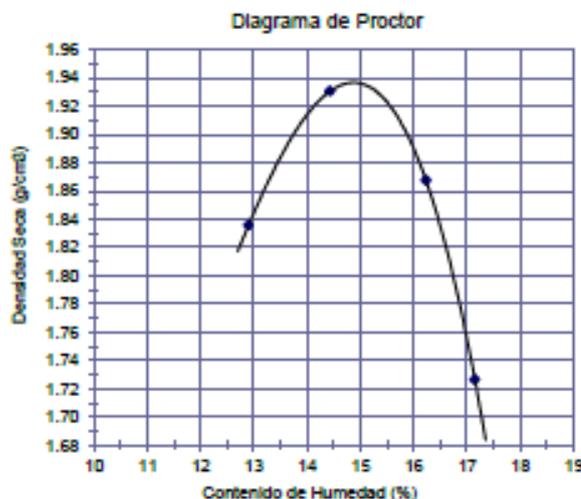
Identificación de la muestra:

Muestra: Suelo Natural + 2.0% de Yute + 10.0% de Yeso

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.937 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	14.85 %

Epéctima	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.2	0.51	1.937	0.1"	100	6.2
02	25	4.1	0.57	1.838	0.1"	95	4.1
03	12	1.2	0.60	1.743	0.2"	100	7.9
					0.2"	95	4.9



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexos 04:** Plano de ubicación y localización de la zona en estudio.



**Anexos 05:** Análisis de validez y confiabilidad del instrumento sobre  
“Estabilización de suelos aplicando yeso reciclado y fibras de yute en un camino  
carrozable”

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE LA ESTABILIZACIÓN DE  
SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO  
CARROZABLE.**

**Estadísticas de fiabilidad**

Aifa de Cronbach	Aifa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.859	.683	5

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Aifa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
CBR_100	30.1377	11.302	.928	.989	.756
CBR_95	32.8537	14.161	.917	.853	.795
CBR_80	28.3857	9.253	.928	.990	.757
MAXIMA_DENSIDAD_SECA_100	35.1396	20.507	-.505	.372	.922
CONTENIDO_DE_HUMEDAD	21.8501	11.812	.680	.604	.836

  
**NARI MEDARDO MORALES CHAVARRY**  
**LICENCIADO EN ESTADÍSTICA**  
**COESPE N° 311**

### ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	97.116	24	4.046		
Intra sujetos					
Entre elementos	2545.788	4	636.447	1111.762	<.001
Residuo	54.957	96	.572		
Total	2600.744	100	26.007		
Total	2697.860	124	21.757		

Media global = 7.4083

En las tablas se observa que, el instrumento es válido (correlaciones de Pearson superan el valor de 0.30 y el valor de la prueba de análisis de varianza es altamente significativo  $p < 0.01$  y confiable (el valor de consistencia Alfa de Cronbach es mayor a 0.800)



**NAN MEDARDO BORALES CHARRRY**  
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
COESPE N° 311

## Juicio de cinco expertos

Colegiatura N° 182284

### Ficha de validación según AIKEN

#### I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
<i>Becerra Ferrandiz Anni Susely</i>	<i>Especialista en Calidad</i>	Máxima Densidad Seca (100%), Contenido de Humedad, CBR (100%), CBR (95%) y CBR (80%)	<i>Felipe Pizarro Cristian Araveno</i>
<b>Título de la Investigación:</b> Estabilización de suelos aplicando yeso reciclado y fibras de yute en un camino carrozable.			

#### II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACION Y OPINION
Máxima Densidad Seca	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
Contenido de Humedad	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (100%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (95%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (80%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>

#### III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Suelos</b>								
1	Máxima Densidad Seca	<input checked="" type="checkbox"/>							
2	Contenido de Humedad	<input checked="" type="checkbox"/>							
3	CBR (100%)	<input checked="" type="checkbox"/>							
4	CBR (95%)	<input checked="" type="checkbox"/>							
5	CBR (80%)	<input checked="" type="checkbox"/>							

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( X )

No aplicable ( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Anni Sucely Becerra Fernández*

  
Anni Sucely Becerra Fernández  
ING. CIVIL CP: 162284  
ESPECIALISTA EN CALIDAD

---

Juez  
Experto

## Ficha de validación según AIKEN

## I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
<i>Burpa Irispin</i>	<i>Especialista</i>	Máxima Densidad Seca (100%), Contenido de Humedad, CBR (100%), CBR (95%) y CBR (80%)	<i>Felipe Pizarro</i>
<i>Thonxa Nevalin</i>	<i>Suelos y Pavimentos</i>		<i>Cristian Aguero</i>
<b>Título de la Investigación:</b> Estabilización de suelos aplicando yeso reciclado y fibras de yute en un camino carrozable.			

## II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Máxima Densidad Seca	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
Contenido de Humedad	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (100%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (95%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (80%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>

## III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Suelos</b>								
1	Máxima Densidad Seca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
2	Contenido de Humedad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
3	CBR (100%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
4	CBR (95%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
5	CBR (80%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable (  ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Jharixá Hevelin Burgá Irigoin*

  
JHARIXÁ HEVELIN BURGÁ IRIGOIN  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP 266178

---

Juez  
Experto

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
<i>Carolina Chávez Alberto Walter</i>	<i>Residente de Obis</i>	Máxima Densidad Seca (100%), Contenido de Humedad, CBR (100%), CBR (95%) y CBR (80%)	<i>Federico Ruiz Cristian Antonio</i>
<b>Título de la Investigación:</b> Estabilización de suelos aplicando yeso reciclado y fibras de yute en un camino carrozable.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Máxima Densidad Seca	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
Contenido de Humedad	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (100%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (95%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (80%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Suelos</b>								
1	Máxima Densidad Seca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
2	Contenido de Humedad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
3	CBR (100%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
4	CBR (95%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
5	CBR (80%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable (  ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Centurión Chávez Alberto Walter*



*Alberto*  
Ing. Alberto Walter Centurión Chávez  
ING. CIVIL CIP: 39546  
RESIDENTE DE OBRA

Juez  
Experto

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Reyueja Dias Jose Luis	Jefe de estudios y proyectos	Máxima Densidad Seca (100%). Contenido de Humedad, CBR (100%), CBR (95%) y CBR (80%)	Foto Paredes Cristian Antonio
<b>Título de la Investigación:</b> Estabilización de suelos aplicando yeso reciclado y fibras de yute en un camino carrozable.			

II. Aspectos de validación de cada Item

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Máxima Densidad Seca	A	Conforme
Contenido de Humedad	A	Conforme
CBR (100%)	A	Conforme
CBR (95%)	A	Conforme
CBR (80%)	A	Conforme

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Suelos</b>								
1	Máxima Densidad Seca	X		X		X		X	
2	Contenido de Humedad	X		X		X		X	
3	CBR (100%)	X		X		X		X	
4	CBR (95%)	X		X		X		X	
5	CBR (80%)	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( X )

No aplicable ( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *José Luis Requijo Díaz*

*José Luis Requijo Díaz*  
Ing. José Luis Requijo Díaz  
ING. CIVIL. CIP: 83504  
SUPERVISOR DE OBRA

Juez  
Experto

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
<i>Tepue Curo Juan Francisco</i>	<i>Jefe de proyectos</i>	Máxima Densidad Seca (100%), Contenido de Humedad, CBR (100%), CBR (95%) y CBR (80%)	<i>Feder Pollos Cristian Antonio</i>
<b>Título de la Investigación:</b> Estabilización de suelos aplicando yeso reciclado y fibras de yute en un camino carrozable.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Máxima Densidad Seca	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
Contenido de Humedad	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (100%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (95%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>
CBR (80%)	<i>A</i>	<i>Conforme</i>

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Suelos</b>								
1	Máxima Densidad Seca	<input checked="" type="checkbox"/>							
2	Contenido de Humedad	<input checked="" type="checkbox"/>							
3	CBR (100%)	<input checked="" type="checkbox"/>							
4	CBR (95%)	<input checked="" type="checkbox"/>							
5	CBR (80%)	<input checked="" type="checkbox"/>							

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable (  ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Juan Francisco Teque Caro*



Ing. Juan Francisco Teque Caro  
ING. CIVIL CIP: 181341  
ESP EN SEGURIDAD EN OBRA  
Y SALUD EN EL TRABAJO

---

Juez  
Experto

Validez y Confiabilidad Del Instrumento Sobre La Estabilización De Suelos  
Aplicando Yeso Reciclado y Fibras De Yute En Un Camino Carrozable.

Claridad

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
JUEZ 01	1	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

$$V = \frac{S}{n(c-1)}$$

S = Suma de valoración de todos los expertos por ítems.  
n = Numero de expertos que participaron en el estudio.  
c = Numero de niveles de la escala de valoración utilizada.

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
(S)	5	5	5	5	5
(N)	5				
(C)	2				
V de Aiken	1	1	1	1	1

Claridad

V de Aiken por criterio 1

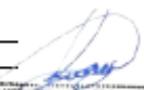
Contexto

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
JUEZ 01	1	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
(S)	5	5	5	5	5
(N)	5				
(C)	2				
V de Aiken	1	1	1	1	1

Contexto

V de Aiken por criterio 1

  
N. ARMEJANDO NORALES CHANARY  
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
COESPE N° 111

Congruencia

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
JUEZ 01	1	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
(S)	5	5	5	5	5
(N)	5				
(C)	2				
V de Aiken	1	1	1	1	1

Congruencia

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

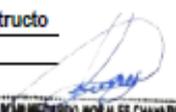
Dominio del constructo

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
JUEZ 01	1	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR (100%)	CBR (95%)	CBR (80%)
(S)	5	5	5	5	5
(N)	5				
(C)	2				
V de Aiken	1	1	1	1	1

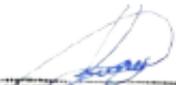
Dominio del constructo

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

  
**MARIBEL NOVALES CANARI**  
 LICENCIADA EN ESTADÍSTICA  
 COESPE N° 111

V de Aiken del cuestionario	1.000
-----------------------------	-------

En las Tablas se observa que el instrumento utilizado para la investigación realizada sobre la "Estabilización De Suelos Aplicando Yeso Reciclado y Fibras De Yute En Un Camino Carrozable" es válido (este coeficiente puede obtener valores de 0 a 1, a medida que va aumentando el valor de computado, el ítem tendrá una mayor validez de contenido)



**NARMEDEDO BORALES CHARRI**  
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
COESPE N° 111

**Anexos 06:** Presupuesto de inversión de la investigación

## PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

### 1 EXPLORACIÓN DE SUELOS

S/. 480.00

ITEM	Cantidad	PU	SUBTOTAL
EXCAVACIÓN DE CALICATAS (UND)	6	80	480

### 2 ENSAYOS DE LABORATORIO

S/. 2,920.00

ITEM	Cantidad	PU	SUBTOTAL
GRANULOMETRIA - LL - LP	12	20	240
PESO ESPECIFICO	6	30	180
PROCTOR - CBR	25	100	2500

### 3 MATERIALES

S/. 36.00

ITEM	Cantidad	PU	SUBTOTAL
YUTE (SACO DE 800 g)	12	3	36

### 4 VIATICOS

S/. 900.00

ITEM	Cantidad	PU	SUBTOTAL
ALIMENTACIÓN (DIA)	45	15	675
MOVILIDAD (DIA)	45	5	225

**PRESUPUESTO TOTAL**

**S/. 4,336.00**

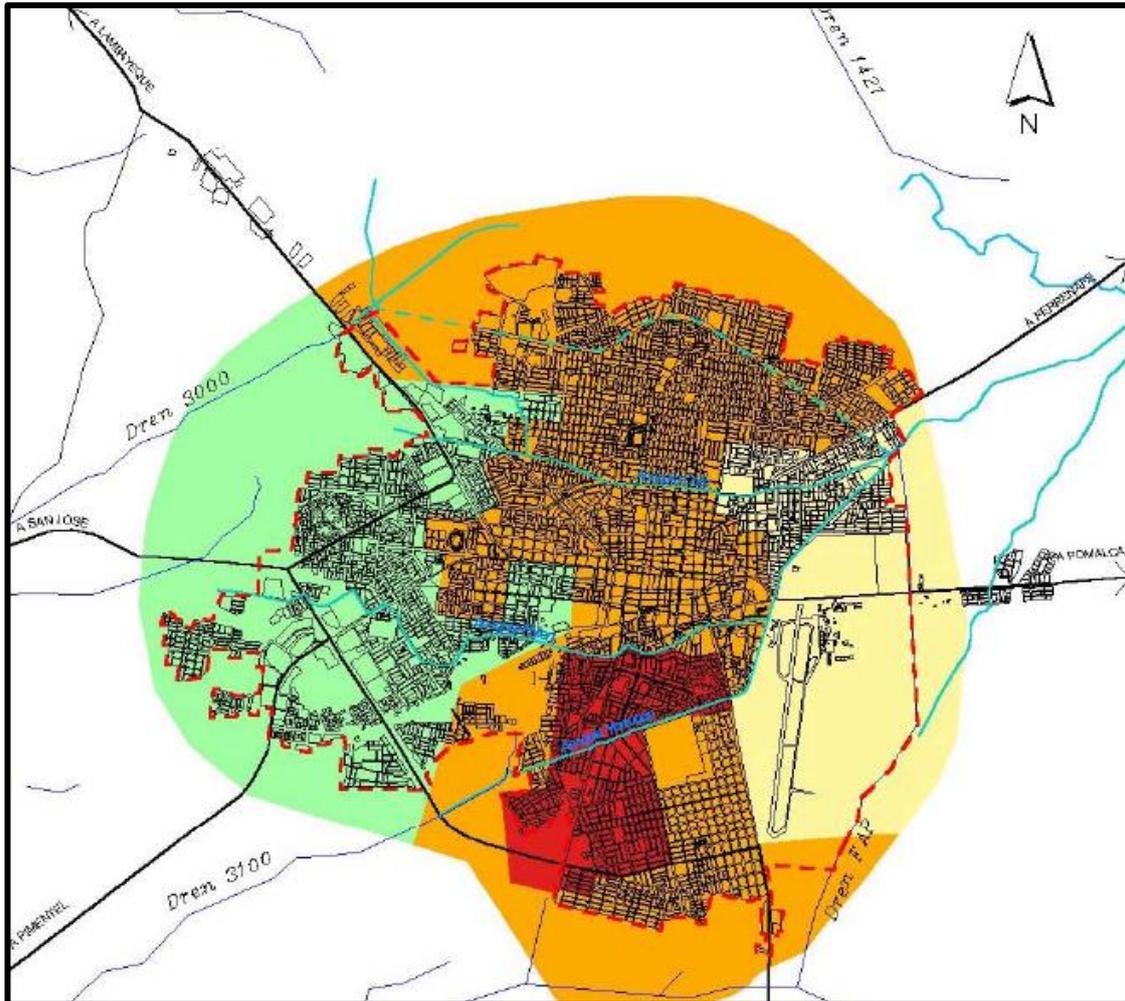
**ENSAYOS DE CBR**

**25**

**INVERSIÓN POR ENSAYO CBR**

**S/. 173.44**

**Anexos 07:** Mapa geotécnico de la ciudad de Chiclayo.



SECTOR	LEYENDA	
I		ESTRATIGRAFIA DE MEDIO – SEMIDURO 2.0 < C-3 < 4.5m SEMIRIGIDA 4.5 < C-5 < 15.0m SUELOS SUPERFICIALES DE EXPANSIÓN BAJA A MEDIA CON CAMBIO DE VOLUMEN PEQUEÑO CAPACIDAD PORTANTE DE 1.0 – 2.0 kg/cm <sup>2</sup> .
II		ESTRATIGRAFIA DE BLANDO MEDIO 2.0 < C-2 < 5.0m SEMIDURO - RIGIDO 3.0 < C-4 < 8.0m DURO – RIGIDO 6.0 < C-5 < 10.0m SUELOS FINO EXPANSIÓN MEDIO ALTO CON CAMBIO DE VOLUMEN MODERADO CAPACIDAD PORTANTE DE 0.5 – 1.0 kg/cm <sup>2</sup> .
III		ESTRATIGRAFIA DE MEDIO – SEMIDURO 6.0 < C-3 < 8.0m RIGIDA 8.0 < C-5 < 10.0m SUELOS FINO EXPANSIÓN BAJA A MEDIA CON CAMBIO DE VOLUMEN PEQUEÑO MODERADO CAPACIDAD PORTANTE DE 1.0 – 2.0 kg/cm <sup>2</sup> .
IV		ESTRATIGRAFIA DE MUY BLANDO MEDIO 0.5 < C-1 < 4.5m SEMIDURO 4.5 < C-4 < 5.5 DURO RIGIDO RIGIDA 5.5 < C-5 < 10.0m SUELOS FINO EXPANSIÓN DE ALTA EXTREMADAMENTE ALTA CON CAMBIO DE COLUMEN MODERADO A SEVERO CAPACIDAD PORTANTE DE 0.05 – 0.5 kg/cm <sup>2</sup> .

**Anexo 08: Panel fotográfico**



**Fotografía 1** Obtención de las fibras de yute.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 2** Corte de las fibras de yute.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 3** Obtención del yeso reciclado (Drywall).

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 4** Pulverizado de las planchas de yeso reciclado.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 5** Adquisición de moldes para ensayo CBR.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 6** Estratos de la calicata 1

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 7** Verificación de la calicata 1

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 8** Muestras extraídas de la Calicata 1.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 9** Estratos de la calicata 2.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 10** Verificación de la calicata 2.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 11** Muestras extraídas de la Calicata 2.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 12** Estratos de la calicata 3.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 13** Verificación de la calicata 3.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 14** Muestras extraídas de la Calicata 3.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 15** Estratos de la calicata 4.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 16** Verificación de la calicata 4.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 17** Verificación de calicata 5.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 18** Muestras extraídas de la Calicata 5.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 19** Estratos de la calicata 6.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 20** Muestras extraídas de la Calicata 6.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 21** Secado de las muestras extraídas.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 22** Muestras de suelo secas.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 23** Ensayo de contenido de humedad.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 24** Ensayo de granulometría.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 25** Ensayo de límite líquido.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 26** Ensayo de límite plástico.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 27** Muestras secas para los ensayos de límite líquido y plástico.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 28** Análisis de peso específico.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 29** Tamizado del material extraído.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 30** Calibración de moldes para ensayo CBR.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 31** Saturación del material para ensayo de proctor modificado.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 32** Ensayo de Proctor modificado.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 33** Pesaje de la muestra.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 34** Combinación de suelo natural con yeso reciclado.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 35** Ensayo de CBR en una muestra de suelo natural.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 36** Combinación de suelo natural con fibras de yute.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 37** Ejemplar de una muestra de suelo con la adición de fibras de yute.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 38** Combinación de yeso reciclado y fibras de yute a una muestra de suelo natural.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 39** Distribución de yeso reciclado y fibra de yute en la muestra de suelo.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 40** Llenado de molde de CBR con la muestra.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 41** Enrasado de molde para realizar el pesado.

*Fuente: Propia.*



**Fotografía 42** Ensayo de CBR en un suelo con adición de yeso reciclado y fibras.

*Fuente: Propia.*

## AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Pimentel, 25 de julio del 2022

Quien suscribe:

Sr. Wilson Olaya Aguilar

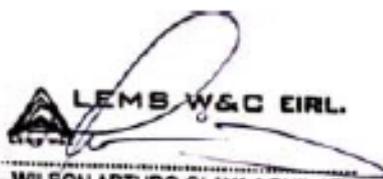
REPRESENTANTE LEGAL DE COORDINACIÓN DE LABORATORIO – LEMS W&C EIRL.

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado:

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE.**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Olaya Aguilar representante legal de coordinación del laboratorio LEMS W&C EIRL., AUTORIZO al estudiante: Falen Puicon, Cristian Antonio, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y autor del trabajo de investigación denominado ESTABILIZACIÓN DE SUELOS APLICANDO YESO RECICLADO Y FIBRAS DE YUTE EN UN CAMINO CARROZABLE, al uso de dicha información de hojas de cálculos entre otros como plantillas para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de investigación, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

  
**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
DNI: 41437114  
Representante legal de "LEMS W&C"

Wilson Olaya Aguilar: DNI N°41437114  
Tec. Coordinador de Laboratorio / Talleres