



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS
ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA
EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL SECTOR
BARRAZA, TRUJILLO – 2018.

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autor:

Br. Andrea Thatiana Terrones Cruz

Asesor:

Ing. Juan Paul E. Henriquez Ulloa

Trujillo – Perú
2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Juan Paul E. Henríquez Ulloa, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de la estudiante:

- Terrones Cruz, Andrea Thatiana

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el Sector Barraza, Trujillo – 2018” para aspirar al título profesional de: Ingeniera Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Juan Paul E. Henríquez Ulloa
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de la estudiante: Andrea Thatiana Terrones Cruz para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el Sector Barraza, Trujillo – 2018”.

Luego de la revisión de la tesis, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 – 18]

Sobresaliente [17 – 15]

Bueno [14 – 13]

Calificativo:

Excelente [20 – 18]

Sobresaliente [17 – 15]

Bueno [14 – 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

PhD. Heberth Diestra Cruz
JURADO
PRESIDENTE

MSc. Wiston Henry Azañedo Medina
JURADO

Mg. Róger Ramírez Mercado
JURADO

DEDICATORIA

A **Dios**, por guiarme en cada paso que doy y ayudarme a cumplir mis metas; a mi querida madre, **Carmen** por todo el amor y apoyo que me da para verme cumplir mis metas, quien sacrifico muchas cosas por verme convertida en una profesional; a mi bisabuela **Alicia**, gracias por ser mi segunda madre; esto es por ti y a mi padre **Hugo**, que sé velan por mí en todo momento; a mis segundos padres **Elizabeth** y **Victor**, por estar a mi lado en cada momento brindándome sus consejos, compartiendo mis triunfos y alegrías; a mi tío **Carlos**, por ser mi principal motivación, soporte y ejemplo a seguir, porque siempre has estado para mí; a mis tíos **Gustavo**, **Maju** y **Segundo**, por su rol de tíos y padres, por todo su cariño, su apoyo y porque me incentivan y alientan en seguir avanzando en mi carrera profesional; a mis hermanos **Ariana**, **Tatiana** y **Fabrizio**, quienes han sido mi principal fuente de alegría y amor; y a mis amigos de toda la vida **Angie**, **Sofía** y **Roberto**, quienes me han enseñado el verdadero valor de la amistad.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios, por cuidarme y protegerme siempre, además de haberme brindado la fortaleza para poder salir de los momentos difíciles en todas las etapas de mi vida; a mi madre por sus palabras de aliento y abrazos reconfortantes; a mi papá Victor por ser mi mayor soporte y mi abuela Elizabeth por su apoyo incondicional en toda mi vida; a mis tíos Carlos, Gustavo, Maju y Segundo por su empuje siempre y palabras reconfortantes; a Argus por su compañía constante; a la Universidad Privada del Norte, por la formación profesional y a cada uno de mis profesores por brindarme sus valiosos conocimientos cada vez que los necesitaba; a mi director de carrera, Ing. Wiston Azañedo Medina y al Ing. Wesley Leonardo Carrasco, por las facilidades brindadas para el uso del laboratorio de la universidad; al Ing. David Tello por su orientación, consejos y apoyo en el inicio de la elaboración de la presente tesis, lo cual permitió formar una sólida base en la investigación; al Ing. Juan Paul Henríquez Ulloa, por el apoyo y la asesoría brindada que permitieron conseguir este logro, gracias por la paciencia y su supervisión, sin ello no hubiera sido posible el satisfactorio desarrollo y culminación de esta tesis; a mi jurado el PhD. Heberth Diestra Cruz, por el apoyo y tiempo brindado, por enseñarme que siendo una buena profesional se puede mejorar el mundo; a mis amigas Antonella y Carolina, el camino se hizo más divertido con ustedes a lado; a los amigos que me dio la vida y a los que pude encontrar en mi vida laboral, quienes supieron comprenderme y me motivaron a seguir adelante, su apoyo incondicional es importante para este logro, por todas las experiencias vividas tal que ahora los considero parte de mi familia. Gracias por todo su apoyo y que la amistad perduró por siempre.

Andrea Thatiana, Terrones Cruz

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS..... | |
| ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS..... | |
| AGRADECIMIENTO..... | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | 14 |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1.1. Realidad problemática | 17 |
| 1.1.1. Problema de investigación | 17 |
| 1.1.2. Antecedentes | 19 |
| 1.1.3. Bases Teóricas | 22 |
| 1.2. Formulación del problema | 67 |
| 1.3. Justificación | 67 |
| 1.4. Limitaciones..... | 68 |
| 1.5. Objetivos..... | 69 |
| 1.5.1. Objetivo general | 69 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 69 |
| 1.6. Hipótesis | 69 |
| 1.6.1. Hipótesis General | 69 |
| CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA..... | 71 |
| 2.1. Tipo de investigación | 71 |
| 2.1.1. Operacionalización de variables | 71 |
| 2.1.2. Diseño de investigación | 72 |
| 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)..... | 73 |
| 2.2.1. Unidad de estudio | 73 |
| 2.2.2. Población..... | 73 |
| 2.2.3. Muestra..... | 73 |
| 2.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos..... | 75 |
| 2.3.1. Técnicas e instrumentos | 75 |
| 2.3.2. Procedimiento de recolección de datos | 78 |
| 2.4. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos | 97 |
| 2.4.1. Tratamiento | 97 |
| 2.4.2. Variación Total..... | 98 |
| 2.4.3. Variación Total Muestral..... | 98 |
| 2.4.4. Variación aleatoria o error..... | 98 |
| 2.4.5. Tabla ANOVA (Análisis de Varianza) | 99 |
| 2.4.6. Prueba de Hipótesis..... | 99 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS | 100 |
| 3.1. Ensayos realizados a la muestra de suelo patrón | 100 |
| 3.1.1. <i>Contenido de humedad</i> | 100 |
| 3.1.2. <i>Granulometría</i> | 101 |
| 3.1.3. <i>Análisis granulométrico por medio del hidrómetro</i> | 102 |
| 3.1.4. <i>Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)</i> | 102 |
| 3.1.5. <i>Clasificación SUCS y AASHTO</i> | 103 |
| 3.1.6. <i>Gravedad específica</i> | 104 |
| 3.1.7. <i>Proctor Modificado</i> | 105 |
| 3.1.8. <i>Compresión simple no confinada</i> | 105 |
| 3.1.9. <i>CBR</i> | 106 |
| 3.2. Ensayos realizados a la muestra de suelo con adición de CBCA | 106 |
| 3.2.1. <i>Proctor Modificado</i> | 106 |
| 3.2.2. <i>Compresión simple no confinada</i> | 107 |
| 3.2.3. <i>CBR</i> | 109 |
| 3.3. Análisis de rayos X a la ceniza de bagazo de caña de azúcar | 109 |
| 3.4. Análisis de EDS (Espectroscopia de dispersión de energía de rayos X)..... | 110 |
| CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 111 |
| 4.1. Discusión | 112 |
| 4.1.1. <i>Características de la muestra suelo patrón</i> | 112 |
| 4.1.2. <i>Evaluación de ceniza de bagazo de caña de azúcar</i> | 123 |
| 4.1.3. <i>Adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA): Resultados de Proctor Modificado, Compresión simple no confinada y CBR por porcentajes</i> | 124 |
| 4.1.4. <i>Análisis Físico Químico</i> | 132 |
| 4.1.5. <i>Validación de hipótesis mediante análisis estadístico</i> | 134 |
| 4.2. Conclusiones | 142 |
| 4.3. Recomendaciones..... | 145 |
| REFERENCIAS | 146 |
| ANEXOS | 153 |
| ANEXO N° 1. Resultados de la caracterización de suelos. | 153 |
| ANEXO N° 1.1. <i>Contenido de Humedad</i> | 153 |
| ANEXO N° 1.2. <i>Granulometría por tamizado</i> | 162 |
| ANEXO N° 1.3. <i>Límite líquido y límite plástico</i> | 198 |
| ANEXO N° 2. Resultados del ensayo de Proctor Modificado..... | 218 |
| ANEXO N° 3. Resultados del ensayo de Compresión simple no confinada | 242 |
| ANEXO N° 4. Resultados del ensayo CBR | 314 |
| ANEXO N° 5. Guía de Observación | 338 |
| ANEXO N° 6. Constancia de Validación | 347 |
| ANEXO N° 7. Registros estratigráficos. | 348 |
| ANEXO N° 8. Certificado de ensayos de laboratorio | 357 |
| ANEXO N° 9. Certificado de calibración Prensa CBR | 358 |
| ANEXO N° 10. Certificado de calibración Prensa multiusos..... | 361 |
| ANEXO N° 11. Certificado de análisis químico a ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)..... | 364 |
| ANEXO N° 12. Resultados de ensayo de hidrometría. | 365 |

| | |
|---|-----|
| ANEXO N° 13. Resultados de Análisis de EDS | 370 |
| ANEXO N° 14. Panel fotográfico | 372 |
| ANEXO N° 15. Normas utilizadas en el procedimiento experimental | 378 |
| ANEXO N° 11. Planos | 383 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1: Tamaño de las principales partículas minerales del suelo..... | 23 |
| Tabla 2: Tamices y aberturas para análisis granulométrico. | 25 |
| Tabla 3: Valores típicos de consistencia del suelo. | 30 |
| Tabla 4: Clasificación de suelos según índice de grupo. | 33 |
| Tabla 5: Clasificación de suelos – Método AASHTO | 34 |
| Tabla 6: Clasificación de suelos – Método SUCS..... | 37 |
| Tabla 7: Clasificación de suelos – Método SUCS..... | 38 |
| Tabla 8: Resumen del ensayo Proctor Modificado..... | 39 |
| Tabla 9: Requisitos químicos de las puzolanas. | 52 |
| Tabla 10: Influencia de la temperatura y el tiempo de quema..... | 56 |
| Tabla 11: Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar cubano. | 57 |
| Tabla 12: Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar peruano..... | 57 |
| Tabla 13: Requisitos físicos de las puzolanas. | 58 |
| Tabla 14: | 63 |
| Tabla 15: Clasificación por orografía..... | 64 |
| Tabla 16: Categorías de Subrasante acorde al CBR del suelo..... | 66 |
| Tabla 17: Hipótesis | 70 |
| Tabla 18: Operacionalización de las variables de investigación | 71 |
| Tabla 19: Diseño de investigación experimental..... | 72 |
| Tabla 20: Población de probetas..... | 73 |
| Tabla 21: Número de ensayos Mr y CBR..... | 74 |
| Tabla 22: Recolección de datos | 77 |
| Tabla 23: FORMATO. Contenido de humedad | 81 |
| Tabla 24: FORMATO. Análisis granulométrico..... | 83 |
| Tabla 25: FORMATO. Límite líquido | 87 |
| Tabla 26: FORMATO. Límite plástico | 88 |
| Tabla 27: FORMATO. Proctor Modificado | 92 |
| Tabla 28: FORMATO. Compresión simple no confinada | 94 |
| Tabla 29: FORMATO. CBR | 96 |
| Tabla 30: Análisis de Varianza..... | 99 |
| Tabla 31: Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad – Calicatas | 100 |
| Tabla 32: Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad – Posteos..... | 100 |
| Tabla 33: Resumen de resultados del ensayo de granulometría – Calicatas | 101 |
| Tabla 34: Resumen de resultados del ensayo de granulometría – Posteos..... | 101 |
| Tabla 35: Resumen de ensayo granulométrico por hidrometría..... | 102 |
| Tabla 36: Resumen de resultados del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Calicatas | 102 |
| Tabla 37: Resumen de resultados del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Posteos..... | 103 |
| Tabla 38: Resumen de resultados de la clasificación SUCS y AASHTO – Calicatas | 103 |
| Tabla 39: Resumen de resultados de la clasificación SUCS y AASHTO – Posteos..... | 104 |
| Tabla 40: Resumen de resultados del ensayo de Gravedad Específica | 104 |
| Tabla 41: Resumen de resultados del ensayo de Proctor Modificado..... | 105 |
| Tabla 42: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada | 105 |
| Tabla 43: Resumen de resultados del ensayo de CBR | 106 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 44: Resumen de resultados del ensayo de Proctor Modificado a la muestra de suelo con adición de CBCA. | 106 |
| Tabla 45: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada a la muestra de suelo con adición de 5% de CBCA. | 107 |
| Tabla 46: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada a la muestra de suelo con adición de 10% de CBCA. | 108 |
| Tabla 47: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada a la muestra de suelo con adición de 15% de CBCA. | 108 |
| Tabla 48: Resumen de resultados del ensayo de CBR a muestra de suelo con adición de 15% de CBCA. | 109 |
| Tabla 49: Resultados ensayos de rayos X a cenizas de bagazo. | 109 |
| Tabla 50: Resultados ensayo EDS muestra suelo arcilloso. | 110 |
| Tabla 51: Resultados ensayo EDS muestra suelo arcilloso + 15% de CBCA. | 110 |
| Tabla 52: Resumen contenido de humedad y desviación estándar de posteos. | 112 |
| Tabla 53: Resumen contenido de humedad y desviación estándar de calicatas. | 112 |
| Tabla 54: Gravedad específica según tipo de suelo. | 118 |
| Tabla 55: Resumen de resultados y desviación estándar de ensayo de Compresión simple no confinada a muestra patrón. | 122 |
| Tabla 56: Efecto de la CBCA en la resistencia a la compresión simple no confinada. | 128 |
| Tabla 57: Prueba de normalidad. | 134 |
| Tabla 58: Prueba de homogeneidad de varianza de la variable resistencia a la compresión simple no confinada. | 136 |
| Tabla 59: Prueba de ANOVA para la variable resistencia a la compresión simple no confinada. | 137 |
| Tabla 60: Comparación múltiple para la variable resistencia a la compresión simple no confinada. | 138 |
| Tabla 61: Prueba de normalidad. | 139 |
| Tabla 62: Estadísticas de grupo. | 141 |
| Tabla 63: Prueba de muestras independientes. | 141 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura N° 1: Muestras para cálculo de contenido de humedad. | 25 |
| Figura N° 2: Procedimiento de lavado de muestra. | 26 |
| Figura N° 3: Procedimiento para agitar el juego de tamices. | 27 |
| Figura N° 4: Desplazamiento de la muestra de suelo y cierre del surco en la cuchara de Casagrande..... | 29 |
| Figura N° 5: Formación de cilindros. | 30 |
| Figura N° 6: Equipo requerido para ensayo CBR..... | 41 |
| Figura N° 7: Peso de molde de CBR. | 42 |
| Figura N° 8: Molde de ensayo CBR sumergido y colocación de dial. | 43 |
| Figura N° 9: Toma de peso de la muestra sumergida incluido el molde | 44 |
| Figura N° 10: Gráfica de ensayo CBR..... | 45 |
| Figura N° 11: Muestra de suelo patrón. | 46 |
| Figura N° 12: Unidad estructural tetraédrica | 47 |
| Figura N° 13: Unidad estructural octaédrica | 47 |
| Figura N° 14: Grupo de caolinita..... | 48 |
| Figura N° 15: Grupo de Illita | 48 |
| Figura N° 16: Grupo de montmorillonita..... | 49 |
| Figura N° 17: Grupo de vermiculita | 49 |
| Figura N° 18: Ceniza de bagazo de caña de azúcar | 53 |
| Figura N° 19: Proceso de producción de ceniza de bagazo de caña de azúcar..... | 55 |
| Figura N° 20: Proceso de selección del Tipo de Estabilización. | 60 |
| Figura N° 21: Estructura del pavimento. | 66 |
| Figura N° 22: Síntesis de las guías de observación | 76 |
| Figura N° 23..... | 78 |
| Figura N° 24: Muestreo y obtención del material..... | 79 |
| Figura N° 25: Muestras de ensayo de Contenido de Humedad. | 80 |
| Figura N° 26: Elaboración del ensayo de granulometría por tamizado. | 82 |
| Figura N° 27: Elaboración de ensayo de Límite Líquido. | 86 |
| Figura N° 28: Muestras de ensayo de Límite Plástico. | 88 |
| Figura N° 29: Carta de Plasticidad SUCS..... | 89 |
| Figura N° 30: Caracterización de CBCA..... | 90 |
| Figura N° 31: Elaboración de ensayo de Proctor Modificado | 91 |
| Figura N° 32: (a) Probeta desmoldada y (b) Probeta en cámara húmeda para ensayo de Compresión simple no confinada. | 94 |
| Figura N° 33: Moldes de CBR compactados a 12, 25 y 56 golpes..... | 95 |
| Figura N° 34: Botaderos de ceniza de bagazo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Laredo..... | 111 |
| Figura N° 35: Análisis de resultados de contenido de humedad Posteo – Estrato 01. | 113 |
| Figura N° 36: Análisis de resultados de contenido de humedad Posteo – Estrato 02. | 113 |
| Figura N° 37: Análisis de resultados de contenido de humedad Calicata – Estrato 01... | 114 |
| Figura N° 38: Análisis de resultados de contenido de humedad Calicata – Estrato 02.. | 114 |
| Figura N° 39: Análisis de resultados de Índice de Plasticidad | 115 |
| Figura N° 40: Diagrama de curva granulométrica..... | 116 |
| Figura N° 41: Curva granulométrica – Hidrometría..... | 117 |
| Figura N° 42: Análisis de resultados del Índice de grupo, Clasificación AASHTO. | 118 |

| | |
|---|-----|
| Figura N° 43: Resultados de ensayo de gravedad específica..... | 119 |
| Figura N° 44: Análisis de resultados del ensayo de Proctor Modificado de la muestra patrón. | 120 |
| Figura N° 45: Curva Humedad de compactación – Densidad seca de Calicata 04. | 121 |
| Figura N° 46: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada de la muestra patrón. | 122 |
| Figura N° 47: Análisis de resultados del ensayo CBR de la muestra patrón. | 123 |
| Figura N° 48: Variación de densidad con el % adicionado de CBCA a la mezcla de suelo. | 125 |
| Figura N° 49: Variación de contenido de humedad con el % adicionado de CBCA a la mezcla de suelo..... | 126 |
| Figura N° 50: Curvas de Ensayo Proctor Modificado – Calicata 01 con la incorporación de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). | 127 |
| Figura N° 51: Curvas de Ensayo Proctor Modificado – Calicata 03 con la incorporación de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). | 127 |
| Figura N° 52: Curvas de Ensayo Proctor Modificado – Calicata 05 con la incorporación de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). | 128 |
| Figura N° 53: Efectos de la adición de CBCA sobre la resistencia a la compresión simple no confinada del suelo en estudio..... | 129 |
| Figura N° 54: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada mezcla de suelo más 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). | 130 |
| Figura N° 55: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada de la mezcla de suelo más 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). | 130 |
| Figura N° 56: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada de la mezcla de suelo más 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). | 131 |
| Figura N° 57: Comparación del CBR de suelo patrón con el CBR de mezcla suelo más 15% de ceniza de CBCA..... | 132 |
| Figura N° 58: Resultados de EDS realizado a muestra de suelo inalterada en estudio. .. | 133 |
| Figura N° 59: Resultados de EDS realizado a muestra de suelo con adición de 15% de CBCA. | 133 |
| Figura N° 60: Gráfico Q-Q normal de la resistencia a la compresión simple no confinada con 5%. | 135 |
| Figura N° 61: Gráfico Q-Q normal de la resistencia a la compresión simple no confinada con 10%. | 135 |
| Figura N° 62: Gráfico Q-Q normal de la resistencia a la compresión simple no confinada con 15%. | 136 |
| Figura N° 63: Gráfico Q-Q normal de CBR con 0%. | 140 |
| Figura N° 64: Gráfico Q-Q normal de CBR con 15%. | 140 |
| Figura N° 65: Curva granulométrica C – 01 E – 01 | 163 |
| Figura N° 66: Curva granulométrica C – 01 E – 02 | 165 |
| Figura N° 67: Curva granulométrica C – 02 E – 01 | 167 |
| Figura N° 68: Curva granulométrica C – 02 E – 02 | 169 |
| Figura N° 69: Curva granulométrica C – 03 E – 01 | 171 |
| Figura N° 70: Curva granulométrica C – 03 E – 02 | 173 |
| Figura N° 71: Curva granulométrica C – 04 E – 01 | 175 |
| Figura N° 72: Curva granulométrica C – 04 E – 02 | 177 |
| Figura N° 73: Curva granulométrica C – 05 E – 01 | 179 |
| Figura N° 74: Curva granulométrica C – 05 E – 02 | 181 |

| | |
|--|-----|
| Figura N° 75: Curva granulométrica P – 01 E – 01 | 183 |
| Figura N° 76: Curva granulométrica P – 01 E – 02 | 185 |
| Figura N° 77: Curva granulométrica P – 02 E – 01 | 187 |
| Figura N° 78: Curva granulométrica P – 02 E – 02 | 189 |
| Figura N° 79: Curva granulométrica P – 03 E – 01 | 191 |
| Figura N° 80: Curva granulométrica P – 03 E – 02 | 193 |
| Figura N° 81: Curva granulométrica P – 04 E – 01 | 195 |
| Figura N° 82: Curva granulométrica P – 04 E – 02 | 197 |
| Figura N° 83: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 01, muestra patrón | 219 |
| Figura N° 84: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 03, muestra patrón | 221 |
| Figura N° 85: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 05, muestra patrón | 223 |
| Figura N° 86: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 01, mezcla suelo más 5% de ceniza. | 225 |
| Figura N° 87: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 03, mezcla suelo más 5% de ceniza. | 227 |
| Figura N° 88: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 05, mezcla suelo más 5% de ceniza. | 229 |
| Figura N° 89: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 01, mezcla suelo más 10% de ceniza. | 231 |
| Figura N° 90: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 03, mezcla suelo más 10% de ceniza. | 233 |
| Figura N° 91: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 05, mezcla suelo más 10% de ceniza. | 235 |
| Figura N° 92: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 01, mezcla suelo más 15% de ceniza. | 237 |
| Figura N° 93: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 03, mezcla suelo más 15% de ceniza. | 239 |
| Figura N° 94: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 05, mezcla suelo más 15% de ceniza. | 241 |
| Figura N° 95: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 muestra patrón | 243 |
| Figura N° 96: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 muestra patrón | 245 |
| Figura N° 97: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 muestra patrón | 247 |
| Figura N° 98: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 muestra patrón | 249 |
| Figura N° 99 : Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 muestra patrón | 251 |
| Figura N° 100: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 muestra patrón | 253 |
| Figura N° 101: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 muestra patrón | 255 |
| Figura N° 102: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 muestra patrón | 257 |
| Figura N° 103: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 muestra patrón | 259 |
| Figura N° 104: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 261 |
| Figura N° 105: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 263 |
| Figura N° 106: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 265 |

| | |
|--|-----|
| Figura N° 107: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 267 |
| Figura N° 108: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 269 |
| Figura N° 109: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 271 |
| Figura N° 110: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 273 |
| Figura N° 111: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 275 |
| Figura N° 112: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 5% ce CBCA | 277 |
| Figura N° 113: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 279 |
| Figura N° 114: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 281 |
| Figura N° 115: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 283 |
| Figura N° 116: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 285 |
| Figura N° 117: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 287 |
| Figura N° 118: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 289 |
| Figura N° 119: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 291 |
| Figura N° 120: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 293 |
| Figura N° 121: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 10% ce CBCA | 295 |
| Figura N° 122: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 297 |
| Figura N° 123: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 299 |
| Figura N° 124: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 301 |
| Figura N° 125: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 303 |
| Figura N° 126: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 305 |
| Figura N° 127: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 307 |
| Figura N° 128: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 309 |
| Figura N° 129: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 311 |
| Figura N° 130: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 15% ce CBCA | 313 |

| | |
|--|-----|
| Figura N° 131: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 01, muestra patrón | 316 |
| Figura N° 132: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 01, muestra patrón..... | 316 |
| Figura N° 133: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 03, muestra patrón | 320 |
| Figura N° 134: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 03, muestra patrón..... | 320 |
| Figura N° 135: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 05, muestra patrón | 324 |
| Figura N° 136: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 05, muestra patrón..... | 324 |
| Figura N° 137: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 01 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA | 328 |
| Figura N° 138: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 01 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA | 328 |
| Figura N° 139: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 03 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA | 332 |
| Figura N° 140: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 03 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA | 332 |
| Figura N° 141: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 05 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA | 336 |
| Figura N° 142: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 05 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA | 336 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|----------------------|----|
| Ecuación N° 1 | 24 |
| Ecuación N° 2 | 27 |
| Ecuación N° 3 | 27 |
| Ecuación N° 4 | 27 |
| Ecuación N° 5 | 28 |
| Ecuación N° 6 | 40 |
| Ecuación N° 7 | 44 |
| Ecuación N° 8 | 45 |
| Ecuación N° 9 | 80 |
| Ecuación N° 10 | 81 |
| Ecuación N° 11 | 82 |
| Ecuación N° 12 | 82 |
| Ecuación N° 13 | 83 |
| Ecuación N° 14 | 84 |
| Ecuación N° 15 | 85 |
| Ecuación N° 16 | 85 |
| Ecuación N° 17 | 85 |
| Ecuación N° 18 | 86 |
| Ecuación N° 19 | 87 |
| Ecuación N° 20 | 87 |
| Ecuación N° 21 | 88 |
| Ecuación N° 22 | 90 |
| Ecuación N° 23 | 98 |
| Ecuación N° 24 | 98 |
| Ecuación N° 25 | 98 |
| Ecuación N° 26 | 98 |
| Ecuación N° 27 | 98 |

RESUMEN

La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) puede ser utilizada como un aditivo para la estabilización de suelos en nuevos proyectos de infraestructura vial, para tener una construcción sostenible, reduciendo de esta manera los impactos ambientales. El presente trabajo consiste en la estabilización de un suelo arcilloso – limoso presente en la vía de acceso al Sector Barraza mediante la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar, en diferentes porcentajes (5%, 10% y 15% con respecto al suelo seco), la cual fue obtenida de la empresa Agroindustrial Laredo. Durante el proceso experimental se desarrollaron ensayos de caracterización al suelo; además de ello se obtuvo el porcentaje de humedad óptimo, la máxima densidad seca, la resistencia a compresión simple no confinada y el porcentaje de CBR tanto de la muestra inalterada como de la muestra con adición de CBCA. Para la obtención del porcentaje de CBCA con el cual se llegue a cumplir los requerimientos mínimos que debe cumplir una subrasante según el Manual de Carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se elaboraron un total de 36 probetas cilíndricas de 4” de diámetro, evaluando la resistencia a compresión simple no confinada a 7 días de curado. Así mismo para la comprobación de ese dato se elaboraron 6 probetas, las cuales fueron sometidas al ensayo de CBR.

En base a los resultados obtenidos se determinó que la adición del 15% de CBCA a la muestra de suelo es la que cumple con los requisitos indicados en el manual mencionado anteriormente, ya que se alcanzó una resistencia promedio de 150.60 kPa y un porcentaje de CBR de 23.67%.

Nuestros resultados demuestran que es posible usar la CBCA para estabilizar el suelo, lo cual permite obtener beneficios positivos en las empresas relacionadas con la construcción de infraestructura vial, debido a que, por ser un residuo, genera menos costos en la adquisición del producto y por ende menor costo en la etapa de mantenimiento.

Palabras clave: Estabilización, suelos arcillosos, subrasante, ceniza de bagazo de caña, CBR, compresión simple no confinada, CBCA.

ABSTRACT

Sugar bagasse ash (CBCA) can be used as a means to stabilize soils in new road infrastructure projects, to have a sustainable construction, thus reducing environmental effects. The present work consists in the stabilization of a clayey soil - limoso present in the access road to the Barraza sector by the addition of sugarcane ash, in different percentages (5%, 10% and 15% with respect to dry soil) , which was the cause of the agroindustrial company Laredo.

During the experimental process, soil characterization tests will be carried out; In addition, the optimum moisture percentage, the maximum dry density, the simple, unconfined compressive strength and the CBR percentage were obtained. In order to obtain the percentage of CBCA with which it has been possible to comply with them, a subgrade has to be complied with according to the Road - Soils, Geology, Geotechnics and Pavements Manual of the Ministry of Transport and Communications, a total of 36 specimens have been prepared 4 "diameter cylindrical, evaluating the simple compression resistance not confined to 7 days of curing. Likewise, for the verification of this data, 6 specimens were prepared, which were submitted to the CBR test.

Based on the results, it was determined that the amount of 15% of CBCA to the soil sample was met with the requirements indicated in the manual mentioned above, that an average resistance of 150.60 kPa and a CBR percentage of 23.67%.

Our results allow us to use the CBCA to stabilize the soil, to obtain positive benefits in the companies related to the construction of road infrastructure, because, being a waste, generate less costs in the acquisition of the product and therefore lower cost in the maintenance stage.

Key words: Stabilization, clay soils, subgrade, cane bagasse ash, CBR, unconfined simple compression, CBCA.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Problema de investigación

Las carreteras cumplen una función fundamental en el desarrollo de un país, ya que es por donde literalmente se mueve la economía mundial, entendiéndose así que una mala infraestructura vial, es el principal factor que impide el desarrollo económico y social de un país o estado (Molina M., 2012). En nuestro país el 99% correspondiente a su Red Vial Vecinal (RVV) o Rural no se encuentran pavimentadas, impidiendo el aumento del turismo y comercio, lo cual es imprescindible para el desarrollo de las regiones (Vargas E., 2017). El departamento de La Libertad cuenta con solo el 22% de sus vías pavimentadas, haciéndola una de las regiones que menos vías pavimentadas tiene en el Perú y necesitando varios millones de soles para lograrlo (GRLL, 2017).

El estudio de las aplicaciones correspondientes a estabilizaciones químicas se empezaron a registrar entre los años 1930 y 1940; el primer registro de uso de ceniza en pavimentación se produjo durante el año 1938, en los Estados Unidos, en el distrito de Santiago de Chicago, donde se hizo uso de un 20% a 50% de cenizas volantes como un sustituto del cemento en pavimento en una vía de aproximadamente media milla de una carretera local. Además de ello se ha registrado la construcción de pistas de aterrizaje en el aeropuerto de Newark, también en los Estados Unidos, donde se utilizaron aproximadamente 730,000 toneladas de cenizas, juntamente con el uso de arena de mar dragada que se utiliza en terraplén, donde con la instrumentación instalada se pudo verificar, después de 5 años de operación, que los costos de mantenimiento fueron mucho más bajos que los de pavimentos comunes (NARDI, J.V., 1975). Por otra parte en Europa desde el año de 1960, el uso de cenizas como aglutinantes estabilizado en bases, sub – bases y refuerzos de sub – base de pavimentos se ha difundido mucho. Y en países como Inglaterra, Francia, Suecia, Rusia, entre otros, el uso de las cenizas en la pavimentación es parte de las alternativas convencionales.

En nuestro país existe gran variedad de suelos entre arcillosos y arenosos que en estado natural no son recomendables para su uso en la construcción, por ello la normativa peruana propone mejorar un suelo haciendo uso de distintas técnicas, una

de ellas es la estabilización de suelos, la cual se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos (MTC, 2013). En el proceso de estabilización lo que se busca es aumentar la capacidad de soporte y mejorar el comportamiento del suelo frente a la acción del agua. La estabilización de suelos con adición de ceniza de caña de azúcar ofrece una alternativa en costos más bajos a los métodos tradicionales, debido a que dicho material, obtenido de la combustión del bagazo de la caña en las calderas de las plantas azucareras, es contaminante para el medio ambiente y desechado (Pérez J. & Rappo S., 2016).

Las cenizas son granos finos compuestos básicamente por silicatos, aluminios y algunos óxidos que permiten una reacción puzolánica con el suelo; teniendo en cuenta que se consideran generalmente como puzolanas los materiales que, carentes de propiedades cementicias y de la actividad hidráulica por sí solos, contienen constituyentes que en presencia de agua, dan lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables, como es la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) la cual reduce el índice de expansión y mejora la capacidad de soporte del suelo (PERÉZ, 2012).

El Sector Barraza perteneciente al distrito de Laredo, fue la zona seleccionada para realizar este tipo de trabajo de investigación orientado a una estabilización química mediante la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10% y 15%, la estabilización química se refiere a la alteración de las propiedades del suelo usando un aditivo, que en este caso sería la CBCA; debido a que es un área de influencia directa con respecto a la ubicación de la planta de la empresa Agroindustrial Laredo de donde serán obtenidas dichas cenizas. Por otra parte es necesario mencionar que los pobladores actualmente son los encargados de velar por el progreso y mantenimiento de sus vías, debido a que no existe presupuesto por parte de una entidad Pública o Privada que se encargue de proporcionar el apoyo requerido, finalmente es importante mencionar que las vías de acceso de dicho sector están en un estado desfavorable para su uso como subrasante (Anexo N° 01), concluyendo así que es necesario el mejoramiento de la vía de acceso al sector Barraza, mediante el uso de la CBCA.

1.1.2. Antecedentes

1.1.2.1. A nivel internacional

- Caamaño, I. (2016) en su tesis titulada **“Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente”** demuestra que: Se logró de manera experimental una mejora de las características físicas y de las propiedades geomecánicas de un suelo blando de subrasante mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz, generando una capa de soporte más estable para la conformación de una estructura de pavimento, evaluando su comportamiento a través de ensayos de clasificación y de resistencia como parámetros índices del suelo. Del aporte de esta investigación para fines de mi estudio se pudo concluir que, mediante la aplicación de ceniza de cascarilla de arroz dentro de la construcción de carreteras permite que al trabajarse con las subrasantes de la estructura de pavimento, aporte un mejor resultado, además de ello incluye la elaboración del ensayo de resistencia no confinada para comparar los resultados de los diferentes porcentajes, a manera de disminuir tiempos, razón por la cual también se elaborará dicho ensayo en la en la ejecución de la presente tesis.
- Ramos e Illidge (2017) en su tesis desarrollada sobre **“Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento”** plantearon lo siguiente: La investigación se realizó con el propósito de reducir la expansión de la arcilla altamente plástica y mejorar el coeficiente del índice de correlación para disminuir la dispersión obtenida entre el California Bearing Ratio (CBR) y el módulo resiliente (Mr). Esta investigación tuvo como objetivo analizar la modificación de un suelo altamente plástico, con cascarilla de arroz y ceniza volante, para su función como subrasante de un pavimento. Se ejecutaron distintos ensayos físicos, mecánicos dinámicos y químicos con los cuales se pudo determinar que la mezcla de 6% de cascarilla de arroz y 30% de ceniza aumentaron los valores del ensayo CBR de 2.02% a 3.76%,

además de resaltar que la expansión se redujo a menos del 2%, valor que cumple con las especificaciones de mejoramiento para subrasantes de acuerdo a las normas del Instituto Nacional de Vías 2013.

De esta experimentación piloto hecha en un país cercano como lo es Colombia, se pudo rescatar datos importantes para la elaboración de la estabilización química, como la referencia de porcentajes de ceniza de bagazo de caña en relación con el peso total del suelo y el tiempo de digestión curado de 7 días. Estos datos son relevantes para obtener valores base para la posterior experimentación, pero cabe resaltar que sobre la investigación hecha en Colombia no se sabe si el solo uso de ceniza afectará de manera positiva o negativa, lo cual genera en la investigadora una necesidad de comprobar tales beneficios.

- Buitrón y Enríquez (2018) en su investigación titulada: **“Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua”** describen lo siguiente: La adición de ceniza del volcán Tungurahua en las arcillas expansivas plantea mejorar las propiedades del suelo, por lo que realizaron varios ensayos físicos y mecánicos, los que permitieron observar el comportamiento inicial de la muestra patrón y a las masas de suelo dosificadas al 10, 20 y 30% en peso seco por el aditivo ya mencionado. Los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización de suelo permitieron realizar un análisis del comportamiento de las arcillas antes y después de la implementación de la puzolana, dado que se midió la influencia en sus propiedades físico – mecánicas, generando deducciones claras del comportamiento del suelo en general, quedando en manifiesto el 20% como el porcentaje óptimo de puzolana para las condiciones analizadas. Para objetivos esenciales de la presente investigación, se tomó este antecedente debido a que evalúa la influencia que tiene la adición de ceniza en la muestra de suelo arcilloso patrón, proponiendo un porcentaje óptimo para lograr los resultados requeridos.

1.1.2.2. A nivel nacional

- Pérez, C. (2014) en la tesis titulada **“Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada”**, menciona que en el trabajo de investigación pretende desarrollar un método alternativo para la estabilización de suelos arcillosos con ceniza volante de carbón y que podría ser utilizado en la construcción de la capa de la subrasante mejorada de pavimento. La muestra de ceniza volante fue obtenida a partir de la quema de carbón proveniente de la planta termoeléctrica de Ilo – Perú. Se realizaron ensayos de caracterización, así como ensayos de Proctor y CBR, dando como resultados de dicha investigación que, si se trabaja con una adición de 10% y 30% de ceniza, estos porcentajes mejoran la capacidad portante del suelo patrón a un 13.1% y 12.7% respectivamente, sin embargo la mezcla que muestra el resultado más óptimo se da con la adición del 20% de ceniza, proporcionando un CBR de 17.3%, cumpliendo así de mejor forma en la clasificación de subrasante regular a buena.

De dicha investigación se toma como aporte que la mezcla de la ceniza volante en proporción adecuada con un suelo arcilloso presenta una mayor resistencia en la mezcla final, además que dicha mezcla presentó un comportamiento mecánico compatible con los requisitos de un pavimento de bajo volumen de tráfico.

- Meza M. Mario (2014) en la tesis titulada: **“Estudio De La Estabilización De Suelos Utilizando Ceniza De Caldera De Hornos De Ingenios Azucareros”**, se tuvo como resultados que el estudio se fundamenta en una serie de ensayos de caracterización realizados en el laboratorio, cuyos resultados indican en qué medida mejoran los suelos al aplicar diferentes porcentajes de ceniza o la combinación de ceniza con cemento o ceniza con cal. Las cantidades de ceniza están orientadas, a la estabilización de suelos para carreteras, previendo en un futuro no sustituir a las actuales adiciones o resolver el problema a una probable escasez de cemento a mediano o largo plazo, si no a paliar el déficit mediante un desecho que reúne las condiciones

hasta ahora estudiadas y que se encuentra en abundancia. Los resultados más favorables se obtuvieron con suelos A-2-5, los análisis de plasticidades indican que al mezclar el suelo con el 6% de ceniza, bajó la plasticidad del suelo desde un valor 36.80% a 34.80 en cambio al aumentar el porcentaje de ceniza a 10% y combinándolo con el 2% de cemento el límite plástico se reduce a 0%, como consecuencia de esto podemos ver que no solo el agregar la ceniza de bagazo de caña hará obtener la estabilidad requerida sino que también se pueden agregar materiales cementantes (cal – cemento) para lograr resultados más óptimos.

Este antecedente mencionado, aporta información referente al mismo material de desecho que será utilizado en la presente investigación, el cual es factible en el tratamiento de suelos arcillosos usados en subrasantes, por lo que se tomará en cuenta para esta investigación.

1.1.3. Bases Teóricas

1.1.3.1. Suelo

1.1.3.1.1 Definición

Conjunto con organización definida y que varían "vectorialmente". En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal. El suelo tiene perfil, y éste es un hecho del que se hace abundante aplicación. Para los fines de esta obra, la palabra Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves (Badillo, 2007).

1.1.3.1.2 Propiedades del suelo

El suelo es materia y por lo tanto tiene propiedades. Todas las propiedades del suelo aun siendo las mismas, se pueden clasificar de dos maneras:

- Propiedades físicas, químicas y físico – químicas.
- Propiedades mecánicas.

La primera clasificación se utiliza enfatizando las propiedades físicas, entre las cuales están: color, textura, estructura, porosidad, consistencia, densidad, permeabilidad, profundidad, propiedades térmicas y dinámica del agua. La principal propiedad química del suelo es la salinidad; y entre las propiedades físico – químicas están: potencial de oxidación, pH (reacción del suelo) e intercambio iónico.

- **Color:** Suelos oscuros indican mayor contenido de materia orgánica, suelos rojos contienen mucho hierro y manganeso, suelos amarillos contienen mucha arcilla y poca materia orgánica.
- **Textura:** La textura se refiere a la cantidad (%) y calidad de partículas minerales que contiene el suelo. Existen varios tipos de partículas minerales en el suelo pero las principales son 3: arena, limo y arcilla.

Tabla 1: *Tamaño de las principales partículas minerales del suelo.*

| Partícula Mineral | Dimensión o Tamaño |
|-------------------|--------------------|
| Arena | 2 mm a 0.05 mm |
| Limo | 0.05 mm a 0.02 mm |
| Arcilla | De 0.02 mm a menos |

Fuente: Jorge Marconi, 2011.

- **Estructura:** Es la manera en cómo se agrupan u ordenan los minerales del suelo para formar terrones (agregados). Los minerales no se encuentran separados en el suelo, sino formando grupos o terrones medio unidos, unidos o extremadamente unidos, los cuales pueden tener diferentes formas y tamaños.
- **Porosidad:** Es la relación entre el volumen de huecos de cualquier tipo y el volumen total del suelo. Se expresa porcentaje (%), y está condicionada por la textura y la estructura del suelo. Los suelos de textura fina tienen mayor porosidad que los de textura gruesa. Los

suelos arcilloso tienen gran número de poros pequeños (micro poros), mientras que los arenosos tienen un número escaso de poros grandes (macro poros) comunicados entre sí. La porosidad se puede expresar como porcentaje de volumen total de suelo mediante la fórmula:

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{D_r - D_a}{D_a} * 100$$

Ecuación N° 1

En donde D_r corresponde al valor de la densidad real de las partículas sólidas del suelo, está se determina dividiendo el peso del suelo secado a estufa por el volumen que ocupan los sólidos; por otra parte D_a corresponde al valor de la densidad aparente, está es la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra de suelo tal y como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros; para determinarla, se divide el peso de un determinado volumen de tierra secada a estufa por ese volumen de suelo (MARCONI, 2011).

1.1.3.1.3 Ensayos Índices

a. Contenido de Humedad

Contenido de humedad es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105°C – 110° C. Se expresa de forma de porcentaje, puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado que no necesariamente es el 100%. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este, por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.



Figura N° 1: Muestras para cálculo de contenido de humedad.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

b. Análisis granulométrico

El objetivo principal del ensayo es determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo, es decir determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

Para la realización del ensayo será necesario contar con una balanza (con sensibilidad de 0.01 g.), una estufa u horno, envases para el adecuado secado de las muestras, cepillos, brochas y además de ello el juego de tamices de malla cuadrada con las siguientes aberturas:

Tabla 2: Tamices y aberturas para análisis granulométrico.

| TAMICES | ABERTURA (mm) |
|---------|---------------|
| 3" | 75,000 |
| 2" | 50,800 |
| 1 ½" | 38,100 |
| 1" | 25,400 |
| ¾" | 19,000 |
| 3/8" | 9,500 |
| N° 4 | 4,760 |
| N° 10 | 2,000 |

| | |
|--------|-------|
| N° 20 | 0,840 |
| N° 40 | 0,425 |
| N° 60 | 0,260 |
| N° 140 | 0,106 |
| N° 200 | 0,075 |

Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC. 2013

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, con la muestra después de separar los finos por lavado.



Figura N° 2: Procedimiento de lavado de muestra.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Una vez secada la muestra resultante del procedimiento de lavado, se procede a realizar el tamizado de manera manual, moviendo los tamices de un lado a otro y recorriendo las circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Se determinará así el peso de cada fracción, haciendo uso de la balanza, los cuales serán anotados para realizar los cálculos correspondientes.



Figura N° 3: Procedimiento para agitar el juego de tamices.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para realiza los cálculos correspondientes al ensayo, se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Pasa tamiz N}^\circ 20 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido en el tamiz N}^\circ 200}{\text{Peso total}} * 100$$

Ecuación N° 2

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} * 100$$

Ecuación N° 3

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Ecuación N° 4

Realizando el procedimiento y cálculos correspondientes, se obtendrán datos que serán usados como parámetros para la clasificación del suelo.

c. Plasticidad de los suelos

La plasticidad se define como, la propiedad de un material por la cual acepta deformaciones sin romperse ni agrietarse.

Índice Plástico

El índice plástico se da en un rango estrecho de humedades, comprendidas entre los límites líquido y plástico, definido de la siguiente manera:

$$IP = LL - LP$$

Ecuación N° 5

Donde:

IP = Índice plástico.

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Límite Líquido

El límite líquido se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una mezcla de suelo de 1 cm., de espesor fluyan y se unan en una longitud aproximadamente de 12 mm., en el fondo de la muestra se separa las dos mitades, las mismas que serán unidas de acuerdo a un número determinado de golpes; los rangos comprenden entre: 15 – 20, 20 – 25, 25 – 30. El material de suelo seco que pasa por la Malla N° 40 será utilizado para este ensayo, además de ello será necesario el uso de la copa de Casagrande y un ranurador, una balanza, espátula, capsula de porcelana y taras.

Para realizar este ensayo se debe mezclar en la cápsula de porcelana una muestra de suelo con agua, y con ayuda de la espátula se deberá obtener una mezcla uniforme. Colocar una porción de la mezcla en la copa de Casagrande, hasta obtener un espesor de 1 cm., hacer una ranura en el centro con el acanalador, elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de $1/2$ “(1.27 cm.),y registrar el número de

golpes. Con ayuda de la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad. Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la cápsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (El número de golpes debe estar comprendido entre 15 y 35).

Dibujar la curva de fluidez (es una recta) en escala semi logarítmica, en el eje de abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural, para poder así determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, donde se ubicará el valor correspondiente al límite líquido del suelo.

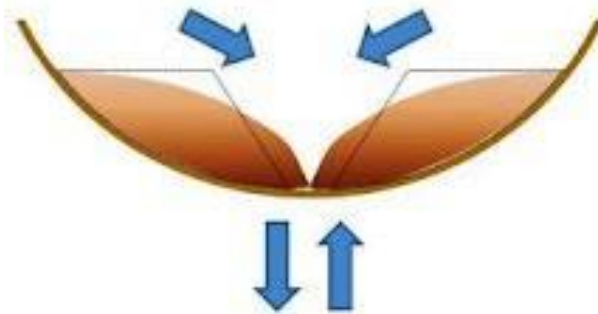


Figura N° 4: Desplazamiento de la muestra de suelo y cierre del surco en la cuchara de Casagrande.

Fuente: GEOSUPPORT. *Estudios geotécnicos en los ámbitos de la edificación y la ingeniería civil.*

Límite Plástico

El límite plástico es la mínima humedad con la que el suelo tiene un comportamiento plástico, es decir, el suelo no admite deformaciones sin rotura.

Para realizar este ensayo se utilizará una porción de la mezcla preparada para el límite líquido, a la cual se deberá agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad,

posterior a ellos se deberá enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm. de diámetro y que presenten agrietamientos, para determinar su contenido de humedad, de esta manera repetir el ensayo una o dos veces más. El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad, si la diferencia entre estos 2 valores es mayor que dos puntos de porcentaje, se deberá repetir el ensayo.

En la siguiente tabla se muestran los rangos de valores más frecuentes de todos estos parámetros en diferentes tipos de suelos.

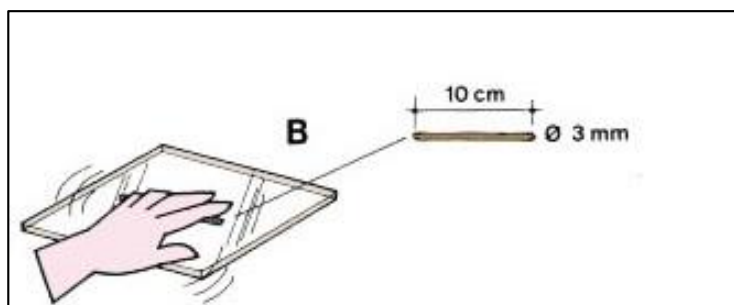


Figura N° 5: Formación de cilindros.

Fuente: FAO. 2017.

En la **Tabla 3**, se presenta un cuadro resumen con los valores típicos de consistencia de los diferentes tipos de suelo.

Tabla 3: Valores típicos de consistencia del suelo.

| PARÁMETROS | TIPOS DE SUELOS | | |
|--------------------------------|-----------------|---------|----------|
| | ARENA | LIMO | ARCILLA |
| Límite Líquido (LL) | 15 – 20 | 30 – 40 | 40 – 150 |
| Límite Plástico (LP) | 15 – 20 | 20 – 25 | 25 – 50 |
| Límite de retracción (LR) | 12 – 18 | 14 – 25 | 08 – 35 |
| Índice de Plasticidad (IP) (%) | 00 – 03 | 10 – 15 | 10 – 100 |

Fuente: Luis Bañón, 2000.

1.1.3.1.4 Clasificación AASHTO

De acuerdo con este sistema los suelos están clasificados dos grupos, el primer grupo está formado por suelos granulares y el otro grupo está constituido por suelos finos. Los grupos están designados por símbolos que van del A-1 al A-8; donde los suelos inorgánicos se clasifican en los siete primeros grupos que van del A-1 al A-7, y estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. A su vez los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

- **Suelos granulares:** Son aquellos suelos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos forman los grupos A-1 (A-1a, A-2b); A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7) y A-3.
 - a. **Grupo A – 1:** El material de este grupo comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedras, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.
 - **Subgrupo A – 1A:** Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante, estos materiales son bien graduados.
 - **Subgrupo A – 1B:** Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien graduada, con o sin ligante.
 - b. **Grupo A – 2:** Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino.
 - **Subgrupo A – 2 – 4 y A – 2 – 5:** Pertenecen a estos subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-

4 y A-5 respectivamente además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

- **Suelos finos:** Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos constituyen los grupos A – 4, A – 5, A – 6, y A – 7.
 - a. **Grupo A – 4:** Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N° 200. Además se incluye en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta 64%.
 - b. **Grupo A – 5:** Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tiene un límite líquido elevado.
 - c. **Grupo A – 6:** El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz N° 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo – arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.
 - d. **Grupo A – 7:** Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A – 6 pero son elásticos. Su límite líquido es elevado.
 - **Subgrupo A – 7 – 5:** Incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.
 - **Subgrupo A – 7 – 6:** Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además experimentan cambios de volumen extremadamente grandes.

La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200. Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a los suelos limosos entre 8 y 12 y los de los suelos arcillosos entre 11 y 20 o más.

Tabla 4: *Clasificación de suelos según índice de grupo.*

| Índice de Grupo | Suelo de subrasante |
|---------------------|---------------------|
| IG > 9 | Muy pobre |
| IG está entre 4 a 9 | Pobre |
| IG está entre 2 a 4 | Regular |
| IG está entre 1 a 2 | Bueno |
| IG está entre 0 a 1 | Muy bueno |

Fuente: MTC, 2013.

Todas las características requeridas para cada grupo y subgrupo, según sea el caso, son mostradas en la anterior **Tabla 4**.

Tabla 5: Clasificación de suelos – Método AASHTO

| Clasificación General | Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz 0.08 mm | | | | | | | Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm | | | | |
|---|--|---------|---------------|---|---------|---------|-------------------|---|---------|-------------------|------------|------------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| Símbolo | A 1-a | A 1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5 | A-7-6 |
| Análisis | | | | | | | | | | | | |
| Granulométrico | | | | | | | | | | | | |
| % Que pasa por el tamiz | | | | | | | | | | | | |
| Nº 10 | Máx. 50 | | | | | | | | | | | |
| Nº 40 | Máx. 30 | Máx. 50 | Máx. 50 | | | | | | | | | |
| Nº 200 | Máx. 15 | Máx. 25 | Máx. 10 | Máx. 35 | Máx. 35 | Máx. 35 | Máx. 35 | Min. 35 | Min. 35 | Min. 35 | Min. 35 | Min. 35 |
| Límites de Atterberg | | | | | | | | | | | | |
| Límite de Líquido | Máx. 6 | Máx. 6 | | Máx. 40 | Min. 40 | Máx. 40 | Min. 40 | Máx. 40 | Máx. 40 | Máx. 40 | Min. 10 | Min. 10 |
| Índice de Plasticidad | | | | Máx. 10 | Máx. 10 | Min. 10 | Min. 10 | Máx. 10 | Máx. 10 | Min. 10 | IP < LL-30 | IP < LL-30 |
| Índice de grupo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Máx. 4 | Máx. 4 | Máx. 8 | Máx. 12 | Máx. 16 | Máx. 20 | Máx. 20 |
| Tipo de material | Piedras, gravas y arena | | Arena fina | Gravas y arenas limosas y arcillosas | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | | |
| Estimación general del suelo como subrasante | De excedente a bueno | | | | | | De pasable a malo | | | | | |

Fuente: MTC, 2013.

1.1.3.1.5 Clasificación SUCS

Esta clasificación divide los suelos en: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos. Los suelos de grano grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que pasan por el tamiz, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

- a. Suelos gruesos:** Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N°4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz N°4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

- b. Suelos finos:** El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (CL) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $Ll = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos: ML: Limos inorgánicos de baja compresibilidad. OL: Limos y arcillas orgánicas. CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad. CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad. OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad (Bañon, 2000).

En las siguientes **Tablas 6 y 7** de clasificación de suelos SUCS, se muestra todas las características requeridas para cada grupo y subgrupo, en el caso del suelo.

Tabla 6: Clasificación de suelos – Método SUCS

| DIVISIONES MAYORES | SÍMBOLO DE GRUPO | NOMBRE TÍPICOS | CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES |
|--|---|--|---|
| Suelos de grano grueso (más del 50% de material es mayor en tamaño que el tamiz N° 200) | Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4) | Gravas Limpias (poco o ningún fino) | GW Gravas bien gradadas, mezclas gravosas poco o ningún fino. Cu > 4 1 < Cc < 3 |
| | | GP Gravas pobremente gradadas, mezclas grava – arena, poco o ningún fino. No cumple todos los requisitos de gradación para GW. | |
| | Gravas con finos (cantidad apreciable de finos) | GM Gravas limosas, mezcla grava – arena – limo. Límites de Atterberg por debajo de la línea A o LP < 4 A los materiales sobre la línea A con 4 < LP < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo. | |
| | | GC Gravas arcillosas, mezcla grava – arena – arcillas. Límites de Atterberg por encima de la línea A o LP > 7 | |
| | Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N° 4) | Arenas Limpias (poco o ningún fino) | SW Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino. Cu > 6 1 < Cc < 3 |
| | | SP Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino. No cumplen todos los requisitos de gradación para SW. | |
| SM Arenas limosas mezcla de arena – limo. Límites de Atterberg por debajo de la línea A o LP < 4 A los materiales sobre la línea A con 4 < LP < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo. | | | |
| SC Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla. Límites de Atterberg por encima de la línea A o LP > 7 | | | |

Fuente: Luis Bañón, 2000.

Tabla 7: Clasificación de suelos – Método SUCS

| DIVISIONES MAYORES | SÍMBOLO DE GRUPO | NOMBRE TÍPICOS | CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES |
|--|---|---|---|
| Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz N° 200) | Limos y arcillas (límite líquido WL < 50) | ML | 1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz N° 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP |
| | | CL | |
| | | OL | |
| | Limos y arcillas (Límite Líquido WL > 50) | MH | CARTA DE PLASTICIDAD |
| | | CH | |
| | | OH | |
| Suelos altamente orgánicos | Pt | Turba u otros suelos altamente orgánicos. | |

Fuente: Luis Bañón, 2000.

1.1.3.1.6 Ensayos mecánicos

a. Proctor Modificado

El método está basado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos valores, representados en coordenadas cartesianas, proporcionen la curva Proctor, en la cual se define la relación buscada. En la **Tabla 8** se presenta un resumen del ensayo Proctor Modificado, tomando en cuenta el método y tipo de ensayo.

Tabla 8: Resumen del ensayo Proctor Modificado

| TIPO DE ENSAYOS | PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.91 (98) | | |
|---|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| MÉTODO | A | B | C |
| CONDICIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO | % Ret. Acum. N° 4 ≤ 20 % | % Ret. Acum. 3/8” ≤ 20 % | % Ret. Acum. 3/4” ≤ 30 % |
| TIPO DE MATERIAL UTILIZADO | Pasante la malla N° 4 | Pasante la malla 3/8” | Pasante la malla 3/4” |
| N° DE CAPAS (N) | 5 | 5 | 5 |
| N° DE GOLPES (N) | 25 | 25 | 56 |
| DIÁMETRO DE MOLDE (CM) | 10.16 ± 0.04 | 10.16 ± 0.04 | 10.16 ± 0.04 |
| ALTURA DE MOLDE (CM) | 11.64 ± 0.05 | 11.64 ± 0.05 | 11.64 ± 0.05 |
| VOLUMEN DEL MOLDE V (CM ³) | 944 ± 0.04 | 944 ± 0.04 | 944 ± 0.04 |
| PESO DEL MARTILLO W (KG) | 4.54 ± 0.01 | 4.54 ± 0.01 | 4.54 ± 0.01 |
| ALTURAL CAIDA DEL MARTILLO (CM) | 45.72 ± 0.16 | 45.72 ± 0.16 | 45.72 ± 0.16 |
| DIÁMETRO DEL MARTILLO (CM) | 5.08 ± 0.025 | 5.08 ± 0.025 | 5.08 ± 0.025 |

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| ENERGÍA DE COMPACTACIÓN (KG/CM) CM ³ | 27.485 | 27.485 | 27.363 |
|---|--------|--------|--------|

Fuente: NTP 339.141, 1999.

b. California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo de C.B.R. se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas así como en la clasificación de terrenos.

Las siglas CBR significan California Bearing Ratio y fue desarrollado, antes de la segunda guerra mundial, por el Departamento de Transportes de California.

El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en kilos/cm² (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón circular de 19.35 cm² dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada. El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0.1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0.2”) es mayor dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100 (\%)$$

Ecuación Nº 6

El equipo necesario para la realización del ensayo, es el siguiente:

- Moldes cilíndricos de acero de 6” de diámetro interior con un collarín de 2” de alto y base perforada.
- Un disco espaciador, de metal, de forma circular, de 5 15/16” de diámetro exterior y de 2.1416 ± 0.005” de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

- Un martillo de 10 lb. y una altura de caída de 18”.
- Pisón de compactación.
- Prensa CBR, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen.

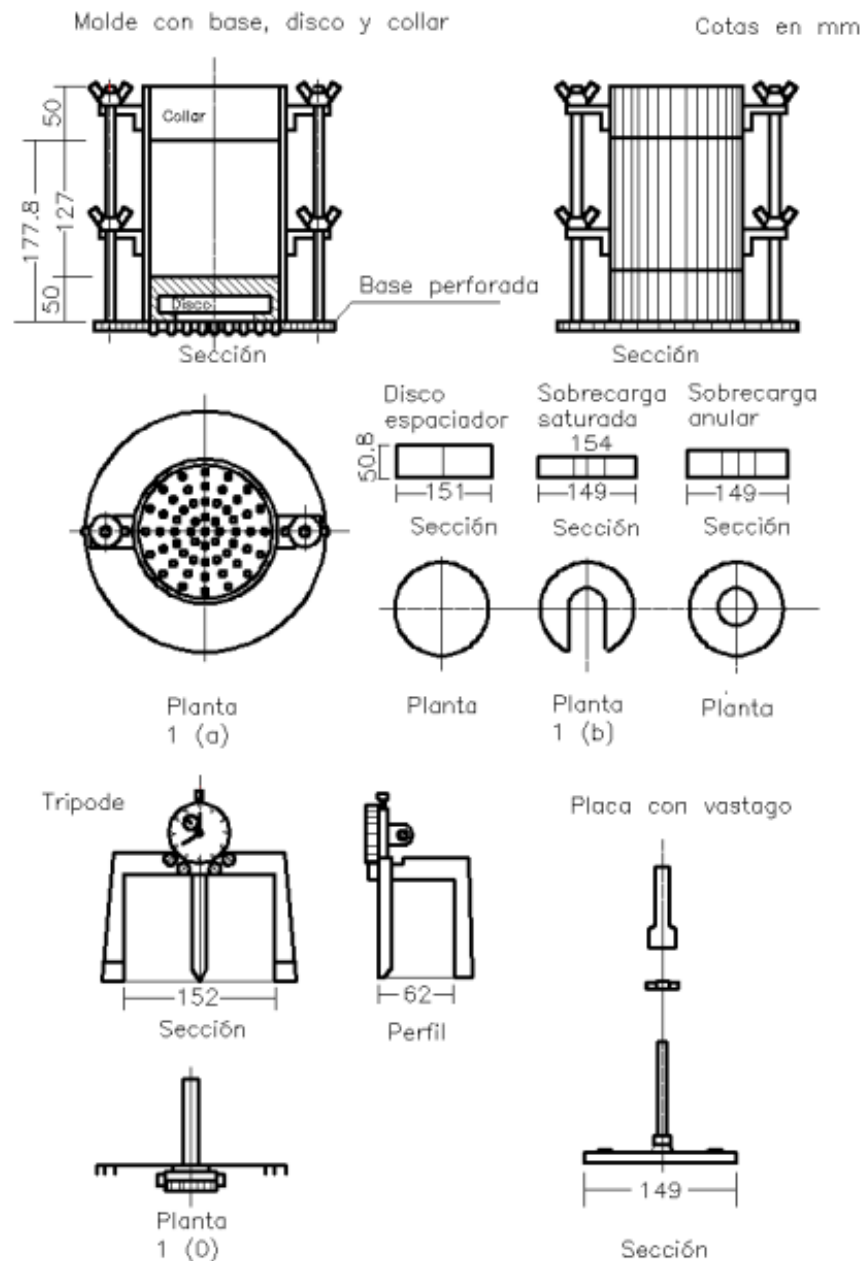


Figura N° 6: Equipo requerido para ensayo CBR.

Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC. 2013

- Aparato medidor de expansión compuesto por: una placa de metal perforada, por cada molde de 5 7/8” de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1/16” y un trípode, cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde.
- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4.54 ± 0.02 kg.
- Diales con recorrido mínimo de 1”.
- Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidad de 1 g y 0.1 g, respectivamente.
- Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel filtro del diámetro del molde, etc.

El procedimiento del ensayo se da de la siguiente manera:

1. Prepara la muestra de suelo de grano fino (en cantidad suficiente para hacer 3 probetas) menor que el tamiz N° 4, al contenido de humedad óptima del suelo determinado con el ensayo de Proctor modificado.
2. Pesar los moldes sin el collar.



Figura N° 7: Peso de molde de CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3. Para cada molde ajustar el molde a la base, insertar el disco espaciador en el fondo y cubrirlo con un disco de papel filtro.
4. Fabricar 3 probetas de 5 capas cada una: 1 de 12 golpes cada capa, 1 de 25 golpes por capa y 1 de 56 golpes por capa.
5. Por cada molde retirar la base, el collar y el disco espaciador, pesar el molde con el suelo compactado y determinar el peso unitario del suelo.
6. Colocar un disco de papel filtro sobre la base, invertir la muestra y asegurar el molde a la base de forma que el suelo quede en contacto con el papel filtro.
7. Colocar la placa perforada con el vástago ajustable sobre el suelo compactado y aplicar suficientes pesas para obtener la sobrecarga deseada.
8. Sumergir el molde y las pesas en un recipiente con agua de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la parte inferior de la muestra y ajustar el dial de carátula (con lecturas al 0.01 mm) en su respectivo soporte.
9. Ajustar el cero del dial de expansión y registrar el tiempo de comienzo del ensayo. Tomar lecturas a 0, 24, 48, 72 y 96 horas de tiempo transcurrido.



Figura N° 8: Molde de ensayo CBR sumergido y colocación de dial.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

10. Al final de las 96 horas de inmersión, sacar la muestra y dejarla drenar por espacio de 15 minutos; secar completamente la superficie superior de la muestra.
11. Pesar la muestra sumergida incluyendo el molde.



Figura N° 9: Toma de peso de la muestra sumergida incluido el molde

Fuente: Elaboración propia, 2018.

12. Realizar los pasos 8 al 11 para cada muestra.
13. Tomar muestras para contenido de humedad de las muestras saturadas de la siguiente forma:
14. Por último, dentro de los cálculos correspondientes, se toma en cuenta la densidad o peso unitario, la densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, su fórmula es la siguiente:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ecuación N° 7

Donde; m = masa

v = volumen

Para el cálculo del agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de ser sumergida y después de serla; la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra y el peso húmedo antes y después de sumergida la muestra; además de ello se deberá calcular la presión de penetración y expansión, la primera se calcula y se dibuja una curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba, y la expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del dial antes y después de sumergido el molde. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde que es de 127 mm, es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} * 100$$

Ecuación N° 8

Donde: L_2 = Lectura inicial en mm.

L_1 = Lectura final en mm.

Finalmente para calcular el índice CBR se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión, en la figura N° 10, se muestra un ejemplo de la gráfica de CBR.

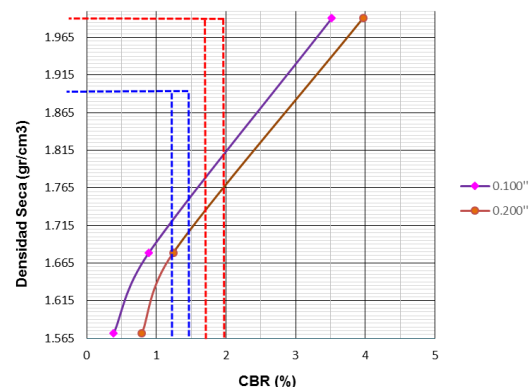


Figura N° 10: Gráfica de ensayo CBR.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

c. Densidad

Las partículas de un suelo varían en su composición y en su densidad. La densidad de la fase sólida del suelo está definida como la masa total de los sólidos dividida por el volumen total de ellos.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde: m = masa

v = volumen

Los valores típicos varían de 2.5 a 2.8 Mg/m³, siendo 2.65 Mg/m³ el valor representativo de muchos suelos. La densidad de las partículas no proporciona información acerca de los procesos físicos del suelo. Sin embargo, es un valor muy útil que participa en el cálculo de propiedades del suelo como la porosidad y la distribución del tamaño de las partículas (Flores Delgadillo & Alcalá Martínez, 2010).



Figura N° 11: Muestra de suelo patrón.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

1.1.3.2. Suelo arcilloso

Los minerales arcillosos pertenecen a la familia mineral de los filosilicatos, ya que desde un punto de vista químico son silicatos de aluminio, magnesio, hierro, etc., formados por la combinación de dos unidades estructurales fundamentales:

La primera es el tetraedro (**Figura N° 12**) en el cual cuatro átomos de oxígeno rodean a un átomo de silicio. Los tetraedros forman capas, de tal modo que los oxígenos de las bases de todos ellos se encuentren en un mismo plano, además cada oxígeno de las bases es compartido por dos tetraedros, formándose así una red hexagonal.

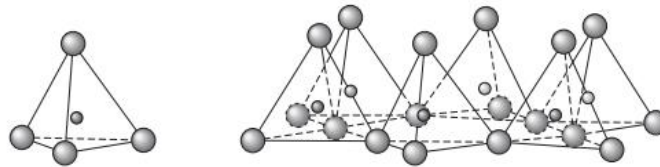


Figura N° 12: Unidad estructural tetraédrica
Fuente: Braja M. Das, 2001.

La segunda es el octaedro (**Figura N° 13**) en el que un átomo de aluminio, magnesio, hierro, etc. está rodeado por seis átomos de oxígeno o iones hidróxilo. En este caso los octaedros también forman capas.

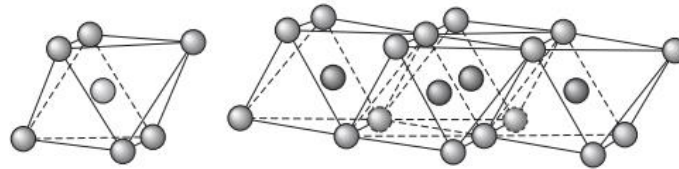


Figura N° 13: Unidad estructural octaédrica
Fuente: Braja M. Das, 2001.

1.1.3.2.1 Grupo de minerales arcillosos

Los grupos de minerales arcillosos, son resultado de las distintas combinaciones de dos capas y de los distintos cationes o aniones que las forman. Dentro de estos grupos tenemos:

- **Grupo de la caolinita**, las cuales son producto de la meteorización del feldespato proveniente del granito, comúnmente se encuentran en suelos compuestos de sedimento. Su estructura está formada por

una hoja simple de tetraedros de sílice combinada con una hoja simple de octaedros de alúmina.

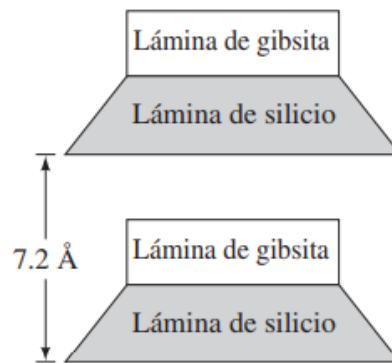


Figura N° 14: Grupo de caolinita

Fuente: Braja M. Das, 2001.

- Grupo de la Illita**, este grupo es el resultado de la meteorización de las micas, a pesar de ser hidratada no tiene capacidad de expandirse ni de contraerse. Su estructura básica consiste en una hoja de octaedros de alúmina combinadas con dos hojas de tetraedros de sílice. En la hoja octaédrica hay sustitución parcial de aluminio por magnesio y hierro y en la tetraédrica sustitución parcial de silicio por aluminio, en la figura N° 15 se describe su composición.

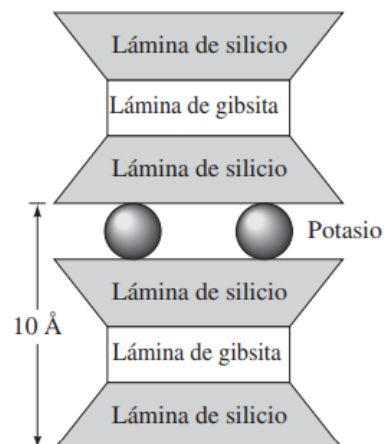


Figura N° 15: Grupo de Illita

Fuente: Braja M. Das, 2001.

- Grupo de la montmorillonita**, conformado principalmente de bentonita y otras variedades similares de arcilla, suelen ser el resultado de la meteorización del feldespato. Estructuralmente la montmorillonita se compone por una capa central que contiene aluminio y magnesio coordinados octaédricamente en forma de óxidos e hidróxidos. Dicha capa central está rodeada por otras dos capas; en la figura 16 se observa como es la constitución de las capas apiladas.

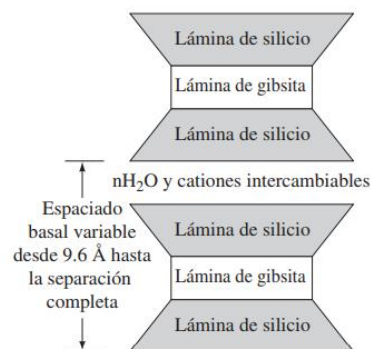


Figura N° 16: Grupo de montmorillonita

Fuente: Braja M. Das, 2001.

- Grupo de vermiculita**, conformado por productos de la meteorización de la biotita y la clorita. La estructura de la vermiculita es similar a la montmorillonita, excepto que los cationes que proporcionan los enlaces entre láminas son predominantemente de magnesio, acompañados por algunas moléculas de agua. La figura N° 17, muestra la conformación del grupo vermiculita.

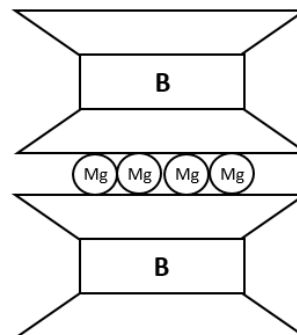


Figura N° 17: Grupo de vermiculita

Fuente: Braja M. Das, 2001.

1.1.3.3. Las puzolanas

1.1.3.3.1 Definición

Son materiales silíceos o aluminio – silíceos que reaccionan químicamente con cal hidratada a temperatura normal y en presencia de humedad para formar un material resistente, de endurecimiento lento (Petermann & Saeed, 2012).

En la norma ASTM citada por Vega (2006), este define como puzolanas a los “materiales naturales o artificiales sílice - amorfos o aluminio - silíceos quienes por sí solos poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando se han dividido finamente; son una especie de cemento natural que en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes”

Los materiales puzolánicos son sólidos inorgánicos de naturaleza silícea o sílice aluminosa de origen natural o artificial, los cuales endurecen en agua al ser mezclados con hidróxido cálcico o cualquier otro material que pueda producir reacciones puzolánicas y que finalmente generan productos de hidrataciones estables, insolubles y de carácter cementante, además para que pueda producirse la reacción puzolánica es necesario que la sílice esté en estado amorfo (Vega, 2006).

1.1.3.3.2 Tipos de puzolanas

Las puzolanas se clasifican en dos grandes grupos artificiales y naturales:

a. Puzolanas Naturales: Son productos minerales de compuestos sílice – luminosos de textura fina y estructura amorfa, lo que los hacen aptos para su uso como aditivos activos en la industria del cemento. El constituyente amorfo es vidrio producido por el enfriamiento de la lava, como la pómez, las tobas, la escoria y la

obsidiana. Las puzolanas naturales son derivadas de erupciones volcánicas, excepto las tierras diatomáceas, las cuales son formadas por silicatos amorfos hidratados, derivados de los esqueletos de microorganismos acuáticos.

Su estructura pobre cristalina es la que le da la reactividad a estos minerales, son difíciles de evaluar debido a su variación mineralógica, entre las principales puzolanas naturales, tenemos las acumulaciones de cenizas generadas durante las erupciones volcánicas explosivas que luego por procesos geológicos de enterramiento estas cenizas se convierten en tobas. (Allauca y Lung, 2009)

b. Puzolanas Artificiales: Las puzolanas artificiales son materiales que son el resultado de un tratamiento térmico adecuado, dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos uno formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa, que adquieren el carácter puzolánico por sometimiento a procesos térmicos y otro constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales que en virtud de su naturaleza y de las transformaciones sufridas en las mismas, adquieren las propiedades puzolánicas. Dentro de esta denominación se incluyen los subproductos de determinadas operaciones industriales; tales como, residuos de bauxita polvos de chimeneas de altos hornos, cenizas volantes, etc. Las de mayor peso en la actualidad, en el mundo, son las cenizas volantes en función de las ventajas económicas y técnicas que ofrecen ya que es un material de desecho con muy buenas propiedades puzolánicas (Llamoga, 2017).

c. Cenizas Volantes (Fly ash): Las cenizas volantes, son un tipo de cenizas que se producen en la combustión de carbón mineral

(lignito) fundamentalmente en las centrales termoeléctricas que utilizan carbón pulverizado como combustible.

La Norma ASTM C618 define dos clases de cenizas volantes: las cenizas de clase F y las cenizas de clase C. La clase F se produce normalmente al quemar antracita o carbón bituminoso y tiene propiedades puzolánicas, pero no tiene propiedades aglomerantes. La clase C de cenizas volantes se produce normalmente de la quema de lignito o carbón no bituminoso y además de las propiedades puzolánicas tiene algunas propiedades aglomerantes autógenas, en la **Tabla 9** se presenta un resumen de ello.

Tabla 9: *Requisitos químicos de las puzolanas.*

| Ceniza | | Clase | | |
|--|-------|-------|----|----|
| | | F | C | N |
| SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ | min % | 70 | 50 | 70 |
| SO ₃ | máx % | 5 | 5 | 4 |
| Contenido de Humedad | máx % | 3 | 3 | 3 |
| Pérdida por calcinación | máx % | 6* | 6 | 10 |

*Se puede emplear puzolana de clase F con contenidos de hasta 12% de Pérdida por calcinación si cuenta con registros de performance o resultados de ensayos de laboratorio aceptables.

Fuente: ASTM C618, 2012.

d. Arcillas activadas o calcinadas artificialmente: Las arcillas naturales por si solas no presentan actividad puzolánica a menos que su estructura cristalina sea destruida mediante un tratamiento térmico a temperaturas del orden de 600°C a 900°C. Mayormente estos materiales están formados por residuos de la quema de ladrillos de arcilla y otros tipos de arcilla que son sometidas a temperaturas superiores a los 800°C (Llamoga, 2017).

e. Micro Sílice: El micro sílice es un subproducto de la reducción del cuarzo de alta pureza con carbón en hornos de arco

eléctrico para la producción de silicio o aleaciones de ferro silicio. Este material está constituido por una buena cantidad de sílice amorfa compuesta por partículas esféricas que se recolectan de los gases de escape de los hornos.

Vega (2006) determinó que este tipo de ceniza está formada por partículas vítreas muy finas con un área superficial de 20000 m/kg y al ser la micro sílice extremadamente fina tiene alto contenido de sílice amorfa convirtiéndose en un material puzolánico altamente efectivo para reaccionar con la cal durante la hidratación del cemento y formar compuestos aglomerantes.

f. Residuos Agrícolas: Estos materiales son el resultado de la combustión de los residuos agrícolas como la ceniza de cascarilla de arroz, las cenizas del bagazo y la paja de la caña de azúcar. Cuando son quemados convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión. En la figura N° 18 se puede apreciar la ceniza de bagazo de caña de azúcar obtenida de los hornos calderos de la empresa Agroindustrial Laredo.



Figura N° 18: Ceniza de bagazo de caña de azúcar
Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

1.1.3.4. Ceniza de bagazo de caña de azúcar

La ceniza del bagazo de caña de azúcar es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se utiliza como combustible que sirve para calentar las calderas para obtener el azúcar. Su propiedad como cementante permite ser usado como un material puzolánico, que mejora las propiedades de los productos con los que se reemplaza o combina. Además, hay que conocer que la fibra de la caña de azúcar representa entre un 40 – 50% de su volumen de toda la planta (Hernández, 2011).

A nivel internacional el país que más produce y exporta azúcar es Brasil (primer productor mundial) con un 20%, seguido por India (segundo productor mundial), Tailandia y China, que con otros países asiáticos conforman el 40% de la producción mundial (Chacón, 2011).

1.1.3.4.1 Características

Por su composición química la CBCA tiene altos contenidos de materiales puzolánicos como el dióxido de silicio (SiO_2) y otros óxidos que producen la actividad puzolánica, lo que permiten trabajarlo como material cementante para estabilización de suelos o en morteros.

Las puzolanas son materiales sin capacidad de actividad hidráulica por si solos, por esto se deben de mezclar con activadores alcalinos para generar compuestos con propiedades aglomerantes, dando a lugar a cementantes hidráulicos como es la cal (Salazar, 2011).

Los estudios indican que el cemento o cal y la CBCA, pueden modificar las propiedades mecánicas y puede mejorar otras como la penetración de la humedad hacia los concretos, además en el caso de suelos susceptibles a fallas estos mismos activados con materiales químicos formar geo polímeros que le añadan resistencia al suelo (Hernández, 2011).

1.1.3.4.2 Producción

El bagazo de la caña se genera de la molienda de la caña y extracción del jugo, que posteriormente es trasladado a la zona del horno para el quemado para además producir energía eléctrica y combustible. Al finalizar este proceso se obtiene la ceniza del bagazo de la caña, la cual puede aprovecharse para fines en la construcción (Ma-Tay, 2014).

El proceso de producción de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) se muestra en la Figura N° 19.

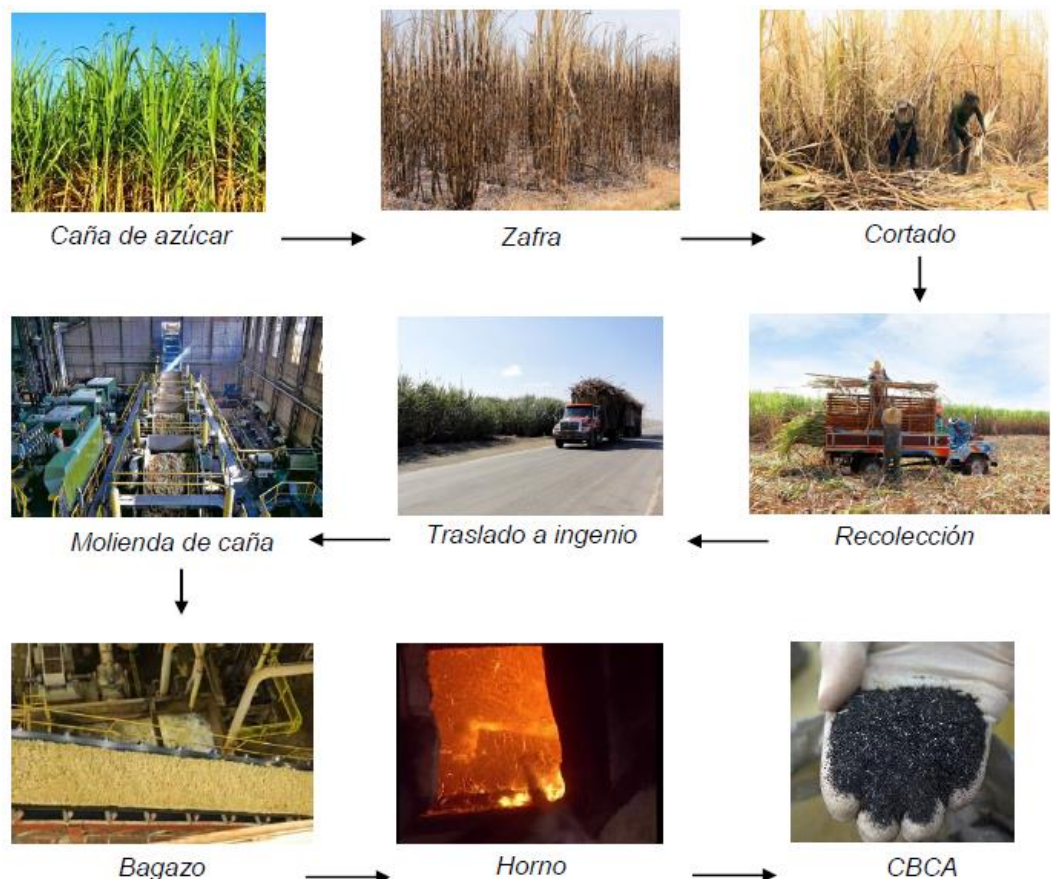


Figura N° 19: Proceso de producción de ceniza de bagazo de caña de azúcar






Fuente: *May-Tay, 2014.*

1.1.3.4.3 Mecanismos de reacción

En la investigación de Vidal (2014) se observó que la quema de la ceniza a altas temperaturas como 1000° C el índice de puzolanidad presenta una disminución, modificando la estructura amorfa de la sílice. Para lo que posteriormente se le dio tratamiento térmico a temperaturas entre 500°C y 700° C, lo que elevó su grado de puzolanidad además de la resistencia a la compresión de las probetas que fueron ensayadas.

En la Tabla 10 se aprecia la influencia de la temperatura y el tiempo de quema.

Tabla 10: *Influencia de la temperatura y el tiempo de quema.*

| | |
|---|---|
|  | A 100°C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida. |
|  | A 350°C Inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema de bagazo. |
|  | Entre 400° a 500°C el carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa, después de esa etapa la ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice. |
|  | El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuerazos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas. |
|  | Encima de los 800°C el sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino. |

Fuente: Vidal, 2014.

1.1.3.4.4 Composición química

La composición de la ceniza varía de acuerdo al tiempo, el suelo y el tipo y cantidad de fertilizante utilizado en su producción. La cantidad de ceniza de bagazo de caña depende de las condiciones climatológicas (Hernández, 2011).

A continuación, en las Tablas 11 y 12 se muestra la composición química de las cenizas CBCA producidas en Cuba y Perú, respectivamente.

Tabla 11: *Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar cubano.*

| NOMBRE | FORMA ABREVIADA | PORCENTAJE (%) |
|--|---|-------------------|
| Sílice | SiO ₂ | 56.4 |
| Óxido Férrico | FeO ₂ + Al ₂ O ₃ | 5.15 |
| Óxido de Calcio + Óxido de Magnesio | CaO + MgO | 9.08 |
| Álcalisis | Na ₂ O + K ₂ O | 12.6 |

Fuente: Hernández, 2011.

Tabla 12: *Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar peruano.*

| Ceniza | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Fe ₂ | K ₂ O | Na ₂ O | P ₂ O ₅ | SO ₃ |
|--------------|------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|
| Paja de caña | 64.71 | 4.21 | 13.77 | 6.22 | 1.37 | 6.87 | 1.00 | 0.27 | 0.01 |
| Bagazo | 67.52 | 3.50 | 7.60 | 3.50 | 8.95 | 3.75 | 2.17 | 1.70 | 0.03 |

Fuente: Hernández, 2011.

En ambas tablas se puede apreciar que las cenizas de bagazo de caña de azúcar presentan un alto porcentaje de contenido de Sílice lo que lo hace un buen material puzolánico (Hernández, 2011).

La producción de ceniza es constante, su aplicación como puzolana obedece a su composición química, ya que los óxidos fundamentales $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ y Fe_2O_3 representan aproximadamente el 70% de su composición, los que producen la actividad puzolánica, en la Tabla N° 13 se puede apreciar los requisitos físicos de las puzolanas según su clasificación.

Tabla 13: *Requisitos físicos de las puzolanas.*

| REQUISITOS | CLASE | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | N | F | C |
| Fineza: | | | |
| Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 μm (N° 325), % máx. | 34 | 34 | 34 |
| Índice de actividad resistente ^A | | | |
| Con cemento Portland, a 7 días, % mín. del control | 75 ^B | 75 ^B | 75 ^B |
| Con cemento Portland, a 28 días, % mín. del control | 75 ^B | 75 ^B | 75 ^B |
| Demanda de agua, máx., porcentaje del control. | 115 | 105 | 105 |
| Estabilidad: ^C | | | |
| Expansión o contracción en autoclave, % máx. | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Requisitos de uniformidad: | | | |
| La densidad y la fineza de muestras individuales no deben variar del promedio establecido por diez ensayos, o por todos los ensayos precedentes, si el número es menor que diez, por más | | | |
| de: | | | |
| Densidad, máxima variación del promedio, % | 5 | 5 | 5 |
| Porcentaje retenido en 45 μm (N° 325), variación máx., puntos de porcentaje del promedio. | 5 | 5 | 5 |

Fuente: ASTM C618, 2012.

1.1.3.5. Estabilización de suelos

Según la normativa peruana (MTC, 2013), define a la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc).

1.1.3.5.1 Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos

- Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo.
- Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas.
- La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada.
- En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos.
- Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente.

- Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son: Tipo de suelo a estabilizar, uso propuesto del suelo estabilizado, tipo de aditivo estabilizador de suelos, experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará, disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador, disponibilidad del equipo adecuado y costos comparativos.

En la **Figura N° 20** se puede apreciar la sintetización del procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización.

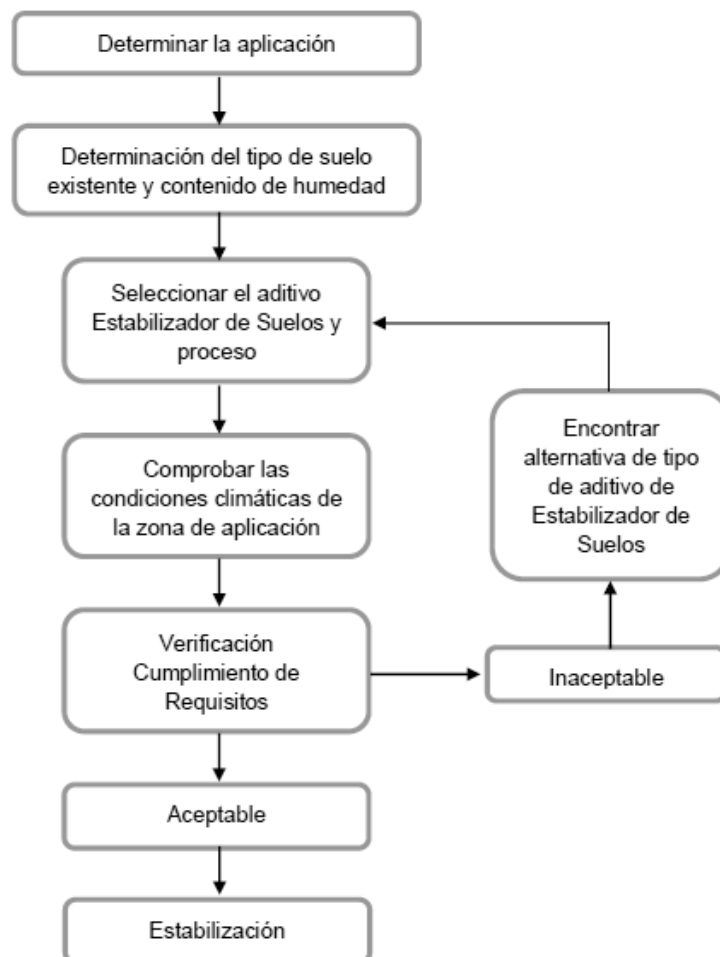


Figura N° 20: Proceso de selección del Tipo de Estabilización.

Fuente: MTC, 2013.

1.1.3.5.2 Tipos de estabilización

a. Estabilización mecánica de suelos

Pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr el objetivo, se hace uso de la compactación.

b. Estabilización por combinación de suelos

Consiste en la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo.

c. Estabilización por sustitución de suelos

- **Construcción de capa directamente sobre suelo natural**

Se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad específica para cuerpos de terraplén, en una profundidad de 15 centímetros (15 cm), una vez preparado el suelo se colocará un espesor de material a fin de que cuente con el nivel de subrasante y densidad requeridos.

- **Excavación previa y reemplazo por el material de adición**

En este caso se retirará el material a reemplazar, debido a que el mejoramiento se dará con material totalmente adicionado, se deberá excavar hasta el nivel requerido, para poder así posteriormente conformar y compactar hasta alcanzar las cotas requeridas.

d. Estabilización con cal

Se consigue realizando una mezcla de suelo, cal y agua, la cal que se usa puede ser viva o hidratada, debido a que este material tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el aire. Al mezclar el suelo con la cal se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, proporcionando en suelos de $IP < 15$ un aumento en su LL y LP, mientras que en los suelos con $IP > 15$

produce una disminución en su LL y LP. Se recomienda estabilizar con cal los suelos de granulometría fina de cierta plasticidad.

e. Estabilización con cemento

Se obtiene al mezclar suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguidamente de una compactación y curado adecuado. La resistencia de la mezcla suelo – cemento aumentará con el contenido de cemento y la edad de la mezcla.

f. Estabilización con escoria

Este tipo de estabilización evita explotar nueva canteras, manteniendo el paisaje de la zona, debido a que no se necesita procesar agregados disminuye el consumo de energía y combustibles, reduciendo así las emisiones de dióxido de carbono en el medio ambiente.

g. Estabilización con Cloruro de Sodio

Este estabilizante natural, está compuesto por 98% de Cloruro de Sodio y un 2% de arcillas y limos, teniendo así una propiedad de absorber la humedad del aire y de los materiales que lo rodean, mejorando la cohesión del suelo y reduciendo el punto de evaporación. Al realizarse la mezcla de suelo – cloruro de sodio esta produce una acción cementante, mejorando sus propiedades de resistencia.

h. Estabilización con Cloruro de Calcio

Este producto estabilizante ayuda en el proceso de compactación de la mezcla suelo – cloruro de calcio, proporcionando una mayor resistencia al suelo y evitando el desbordamiento de la superficie, como la emulsión de polvo.

i. Estabilización con Productos Asfálticos

Este proceso de estabilización se realiza con dos finalidades, la primera aumentar la estabilidad tomando en cuenta las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo y la segunda, lograr una impermeabilización del suelo, logrando así una menor sensibilidad a los cambios de humedad y haciéndolo más estable a condiciones adversas.

1.1.3.6. Caminos y carreteras

Los caminos o carreteras son el conjunto de elementos que permiten el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro.

Su durabilidad en el tiempo, está garantizada si se consideran los criterios necesarios, como el de soportar tránsito de cargas al que serán expuestas, además de ello considerar la construcción de obras adicionales que disminuyan los efectos del clima, ya sea con la construcción de pendientes de bombeo, cunetas, badenes, etc.

1.1.3.6.1 Clasificación

Las carreteras de nuestro país se clasifican en función a dos características:

Tabla 14: *Clasificación por demanda*

| TIPO | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------------|---|
| AUTOPISTAS DE PRIMERA CLASE | Poseen un IMDA > 6000 veh/día, con un separador central > 6.00 m., además consta de 2 o más calzadas, y dos o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y su superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada. |

| | |
|------------------------------------|---|
| AUTOPISTAS DE SEGUNDA CLASE | Poseen un IMDA entre 4001 – 6000 veh/día, con un separador central de 1.00m hasta 6.00 m., además consta de 2 o más calzadas, y 2 o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada. |
| CARRETERAS DE PRIMERA CLASE | Poseen un IMDA entre 2001 – 4000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada. |
| CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE | Poseen un IMDA entre 400 – 2000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2. Su ancho min. de carril es de 3.30 m. y la superficie de rodadura es pavimentada. |
| CARRETERAS DE TERCERA CLASE | Poseen un IMDA < 400 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.00 m. y la superficie de rodadura puede ser pavimentada o afirmada. |
| TROCHAS CARROZABLES | Poseen un IMDA < 200 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 4.00 m, min. de calzada y la superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. |

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

Tabla 15: Clasificación por orografía

| TIPO | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------------------|---|
| TERRENO PLANO (TIPO 1) | Poseen pendientes transversales $\leq 10\%$ y pendientes longitudinales < 3%. |

| | |
|---|---|
| TERRENO ONDULADO (TIPO 2) | Poseen pendientes transversales entre 11% y 50% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 3% y 6%. |
| TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3) | Poseen pendientes transversales entre 51% y 100% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 6% y 8%. |
| TERRENO ESCARPADO (TIPO 4) | Poseen pendientes transversales > 100% y pendientes longitudinales > 8%. |

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

1.1.3.7. Pavimentos

Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitarán y del volumen del tráfico (Vivar, 2004).

1.1.3.7.1 Componentes de un pavimento

- **Carpeta asfáltica:** Es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir.
- **Base:** Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento.
- **Sub Base:** Su función es impedir que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido

por la sub-rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

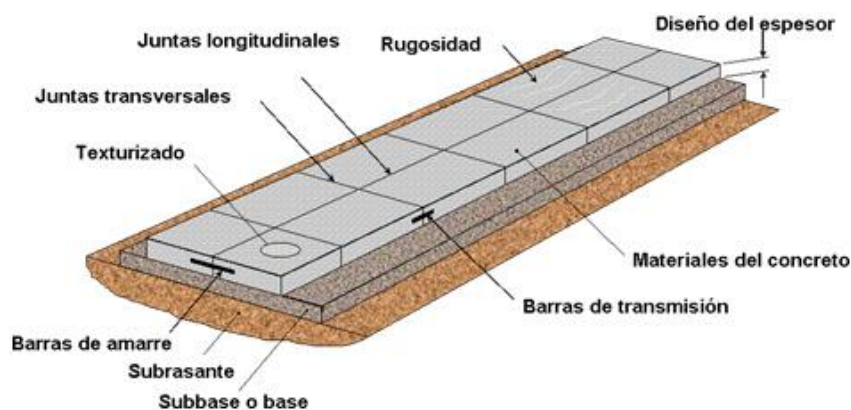


Figura N° 21: Estructura del pavimento.

Fuente: UNICON – Cementos Lima S.A.A., 2011.

- **Subrasante:** La función de la sub-rasante es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, además de considerarse la cimentación del pavimento. Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad.

Tabla 16: Categorías de Subrasante acorde al CBR del suelo

| CATEGORÍA DE SUBRASANTE | CBR |
|---|-----------------------------|
| S₀: Subrasante inadecuada | CBR < 3% |
| S₁: Subrasante insuficiente | De CBR ≥ 3% a CBR < 6% |
| S₂: Subrasante regular | De CBR ≥ 6% a CBR < 10% |
| S₃: Subrasante buena | De CBR ≥ 10% a CBR < 20% |
| S₄: Subrasante muy buena | De CBR ≥ 20% a CBR < 30% |
| S₅: Subrasante excelente | De CBR ≥ 30% |

Fuente: Manual de Carreteras (MTC, 2014)

1.2. Formulación del problema

¿Cómo el contenido de ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la estabilización de los suelos arcillosos en las vías de acceso del sector Barraza, Trujillo – 2018?

1.3. Justificación

En obras de infraestructura vial, los suelos encontrados en la zona del proyecto son los materiales principalmente empleados para la construcción de los pavimentos, por lo tanto, su desempeño es de vital importancia para una adecuada vida de servicio en cualquier estructura en funcionamiento. Estos suelos al ser empleados en obras de ingeniería deben cumplir ciertos requisitos de calidad establecidos en la normativa internacional y nacional, y de no cumplir dichos requerimientos se deberá recurrir a métodos de mejoramiento, principalmente en sus características de resistencia (Fernandez Loaiza, 1982).

El mejoramiento de un suelo está fuertemente relacionado con el proceso de compactación y la adición de agentes estabilizadores que influyen directamente en el control de calidad de las capas conformadas, buscando obtener estructuras de suelo resistentes, económicas y con aportes a la sustentabilidad (Rico Rodriguez & Del Castillo, 2006). De lo anterior mencionado, se indica que la adición de agentes que actúan mediante principios físico-químicos ha sido una de las técnicas mayormente empleadas en el tratamiento de suelos, sustancias como la cal, cemento portland, asfalto, ceniza volante, escoria de alto horno, ceniza de cascarilla de arroz entre otras, han sido objeto de investigación y análisis sobre su influencia en suelos de diversas clasificaciones, ya que presenta incrementos en resistencia y durabilidad debido a los procesos físico – químicos que ocurren en las mezclas y que además en el caso de las puzolanas se han empleado con el objetivo de reducir el consumo de cemento portland, cal y asfalto debido a la alta demanda energética y generación de CO₂ durante su procesamiento (Behak & Perez Nuñez, 2008; Cristelo, Glendinning, Miranda, & Oliveira, 2012; Sargent, Hughes, Riuainia, & Glendinning, 2012).

Actualmente la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) es uno de los materiales suplementarios con mayor número de investigaciones como material suplementario al cemento portland en mezclas de concretos y morteros (Moraes, J.C., 2015), siendo

una alternativa reciente en el mejoramiento de los suelos en sus características físicas como la densidad y estabilidad volumétrica, y químicas a través de las reacciones del agente estabilizador con el agua y en casos excepcionales con los constituyentes del suelo (arcillas principalmente), donde su empleo como material de construcción contribuiría a resolver la problemática de generación y disposición de residuos agroindustriales, ya que tan solo en el Perú existen 81 mil 231 hectáreas, destinadas al cultivo de caña de azúcar, la cual luego de ser procesada y obteniéndose el bagazo calcinado se convierte en ceniza cuya disposición final no está determinada (Arroyo, 2017). En diversos estudios se ha reportado que la combustión del bagazo de caña en las calderas de los ingenios genera un subproducto denominado ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), con elevados contenidos de sílice y alúmina como óxidos principales (Cordeiro & Kurtis, 2017). Esta actividad puzolánica está en función del tamaño de las partículas, contenido de material amorfo (aluminosilicatos), hidróxido de calcio presente y contenido adecuado de humedad, haciendo mención algunos investigadores, que la ceniza no consumida durante la reacción puede servir como material de relleno, ocupando los espacios vacíos presentes en el material compuesto (Sing, Singh, & Rai, 2000; Cordeiro, Toledo Filho, Travares, & Regi Fairbairn, 2009) y donde en un suelo dinámicamente compactado ofrecería una alternativa para incrementar su estabilidad por efecto del sellado de poros en el suelo compactado y una posible reacción puzolánica a edades tardías.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la influencia de la sustitución parcial de suelo por CBCA en las propiedades de compactación (Proctor Modificado), resistencia a la compresión simple no confinada y CBR de un suelo granular arcilloso - limoso, con el fin de mejorar sus características mecánicas y ser empleado como subrasante de un pavimento, aprovechando un material de desecho agroindustrial, que a pesar de ser porcentajes pequeños de adición, terminan generando un impacto económico y ambiental por la creciente construcción de kilómetros de carreteras a lo largo del mundo.

1.4. Limitaciones

En todo trabajo de investigación se presentan diversas limitaciones y debido a que en esta investigación se evalúa un material tan complejo como es el suelo, por su

variabilidad y heterogeneidad como investigadora, he encontrado las siguientes limitaciones:

- Existencia de contenidos elevados de materia orgánica o de ciertas sustancias que pueden llegar a inhibir la reacción de la CBCA.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10% y 15% en peso de suelo seco en la estabilización de suelos arcillosos en el sector Barraza, Trujillo – 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del suelo de acuerdo a los protocolos normativos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).
- Realizar los ensayos correspondientes a propiedades mecánicas como: Proctor Modificado, CBR y Compresión simple no confinada a la muestra de suelo patrón.
- Realizar los ensayos correspondientes a propiedades mecánicas como: Proctor Modificado y Compresión simple no confinada a la muestra de suelo con adición de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar.
- Obtener el porcentaje de CBCA con el que se cumpla los requerimientos de la norma para el uso del suelo como subrasante, con el cual se realizará el ensayo CBR.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la estabilización de suelos arcillosos para uso como subrasante mejorada en el Sector Barraza, Trujillo – 2018.

Tabla 17: Hipótesis

| HIPÓTESIS | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|---|--|--|--------------------|---------------------------|-----------|
| La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la estabilización de suelos arcillosos para uso como subrasante mejorada en el Sector Barraza, Trujillo – 2018. | Variables | Unidad de análisis | Conectores Lógicos | El Espacio | El Tiempo |
| | 1. Adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar. 2. Estabilización de suelos arcillosos para uso de subrasante mejorada, en el sector Barraza. | Propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo. | Influye | Sector Barraza, Trujillo | 2018 |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Operacionalización de variables

Tabla 18: Operacionalización de las variables de investigación

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍNDICE |
|--|---|--|---|---|
| - Cenizas de bagazo de caña de azúcar | La ceniza del bagazo de caña de azúcar es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. | Porcentaje | Incorporación de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar. | g. |
| - Estabilización de suelos arcilloso para el mejoramiento de subrasante del sector Barraza | - Es la mejora integral de las propiedades geomecánicas del suelo natural, de tal manera que se obtenga un suelo que cumpla los requisitos necesarios en la construcción de carreteras. | - Resistencia a la compresión inconfnada. - Capacidad portante del suelo CBR. | - CBR al 0.1” CBR al 0.2” - Compresión simple no confinada. - Ensayo de compactación – Próctor Modificado. - Límites de Atterberg - Clasificación de suelos. | % C.B.R Kg/cm ² ρ g/cm ³ W óptimo (%) % SUCS AASHTO |

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2. Diseño de investigación

El tipo de investigación en el que está basada el presente trabajo es Experimental – Pura debido a que reúne los requisitos para lograr el control y la validez interna; es decir cumple todos los supuestos básicos de una experimental y a su vez las variables pueden ser manipuladas por el investigador (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

Con lo correspondiente al diseño de investigación, se tendrá un diseño con post prueba y grupo de control, en este caso los sujetos son asignados aleatoriamente a los grupos, y se podrá realizar la manipulación de la variable independiente; la cual alcanza dos niveles: presencia y ausencia, posterior al periodo experimental (se le realiza un número de repeticiones determinado), a ambos grupos se les realiza una medición sobre la variable dependiente.

En la investigación realizada se incluirá la administración de pre pruebas a los grupos que componen el experimento: las probetas de suelos sin y con la adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar. Las muestras de suelos fueron atribuidas al azar al grupo control o experimental para poder garantizar el sesgo estadístico, posteriormente se les administra de manera simultánea la pre prueba (Ensayos de laboratorio), un grupo recibe el tratamiento experimental y otro no (adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar); y por último se les administra una post prueba (Ensayos de laboratorio).

Tabla 19: *Diseño de investigación experimental*

| Grupo | Asignación | Pre Prueba | Tratamiento | Post Prueba |
|--------------------|---|----------------------------|--|---|
| Grupo experimental | Probeta de suelos con adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar. | Ensayos de laboratorio; | Adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar. | - Ensayo Proctor Modificado |
| | | - Granulometría de humedad | | - Ensayo de Compresión simple no confinada. - Ensayo CBR |

| | | | |
|------------------|---|-----------------------------|---|
| Grupo de control | Probeta de suelo estabilizado sin ceniza de bagazo de caña de azúcar. | - Límite líquido y plástico | - Ensayo Proctor Modificado |
| | | - Gravedad específica | - Ensayo de Compresión simple no confinada. |
| | | - | - Ensayo CBR |

Fuente: Elaboración propia

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Unidad de estudio

Muestra de suelo con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

2.2.2. Población

Probetas elaboradas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte (UPN), según norma MTC E 132 y MTC E 1103, lo cual se resume en la Tabla 20.

Tabla 20: Población de probetas.

| Aditivo | Porcentaje Adicionado (%) | Número de ensayos mecánicos | |
|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | | CBR | Compresión Simple |
| Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) | 0.00 | 3 | 9 |
| | 5.00 | 0 | 9 |
| | 10.00 | 0 | 9 |
| | 15.00 | 3 | 9 |
| Subtotal | | 6 | 36 |
| Total | | 42 | |

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Muestra

En el desarrollo de la presente investigación para hallar el porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) requerido para mejorar las propiedades mecánicas del suelo a usar como subrasante, se realizaron 09 probetas para cada porcentaje de CBCA, determinando 04 porcentajes de CBCA con una variación de 5% entre ellas (0%, 5%, 10% y 15%) obteniendo en total una elaboración de 36 probetas.

Posteriormente para el ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) el Manual de Carreteras – Capítulo IV, recomienda como mínimo preparar 01 probeta por cada 3 km. para carreteras de bajo volumen de tránsito, por lo que se realizarán 03 probetas con muestra de suelo patrón y 03 probetas con la adición de porcentaje de CBCA que dé mejores resultados en las propiedades mecánicas del suelo, teniendo de esta forma 03 probetas más, por lo que se necesitará entonces 06 probetas.

Tabla 21: *Número de ensayos Mr y CBR*

| TIPO DE CARRETERA | Nº Mr Y CBR |
|--|--|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles. | <ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles. | <ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles. | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 1 km se realizará un CBR |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles. | <ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR |

Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles. • Cada 2 km se realizará un CBR

Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada. • Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de Carreteras, 2013.

Finalmente, para la investigación se elaborarán un total de 42 probetas, incluidas las muestras patrón y muestras con los distintos porcentajes indicados.

2.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.3.1. Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos que se utilizarán para recopilar y analizar la información, serán las siguientes:

2.3.1.1. Técnica de recolección de datos: Observación

La técnica de observación sirvió para la recolección de datos ya que me permitió conocer y analizar los principales problemas que afectan la vía en estudio. La observación consiste en saber seleccionar aquello que queremos analizar. Para la observación lo primero es plantear previamente qué es lo que interesa observar. En definitiva haber seleccionado un objetivo claro de observación. En mi caso, me planteé poder conocer el estado actual de la vía y los problemas que presenta. Obteniendo así, los principales problemas que encuentran en su transitabilidad los pobladores del sector Barraza.

2.3.1.2. Instrumento: Guía de Observación

Como instrumento para la recolección de datos se elaboró una Guía de Observación, como forma de llevar un registro y sistematización de observación más flexible y útil en las investigaciones de este tipo, debido a

que permitió tener un proceso uniforme y ordenado de examinación, registro y archivación de datos.

La guía de información es un instrumento en físico que permite un registro no estructurado del lugar elegido para el estudio. A través de la guía, se obtuvo los datos necesarios que permitieron determinar los principales problemas que afecta la vía de acceso al sector Barraza. (Anexo N° 1).

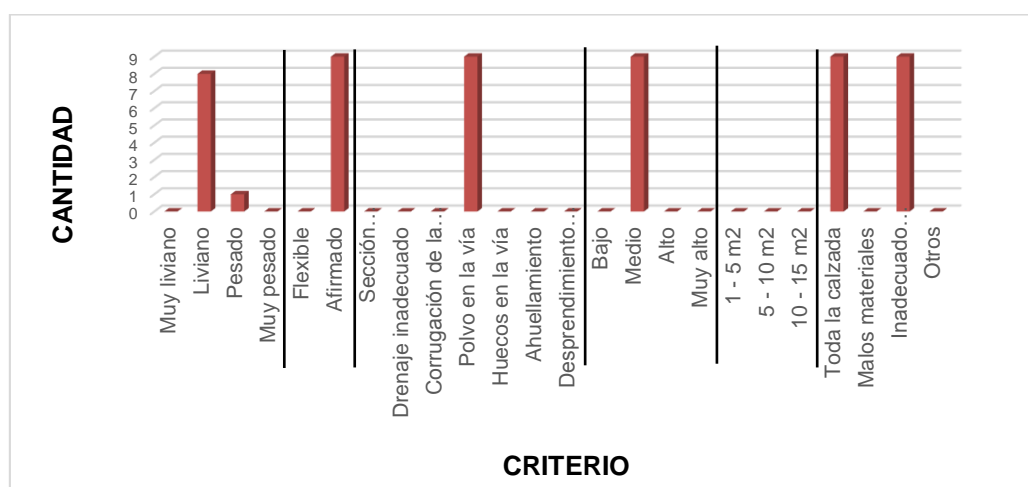


Figura N° 22: Síntesis de las guías de observación

Fuente: Elaboración propia.

Se decidió usar un gráfico de barras para sintetizar la información recolectada ya que de esta forma podemos ver las principales características y problemas que se presentan. De igual manera este gráfico nos permite analizar más a detalle, como un resumen de todas las guías de observación.

A partir de los gráficos, se observó lo siguiente:

- El tipo de tránsito de la carretera en estudio es liviano en la mayoría de la vía, sin embargo en primer tramo si se ha presenciado el tránsito de vehículos pesados.
- El tipo de pavimento de la carretera en estudio es afirmado.
- El tipo de falla más frecuente es polvo en la vía.
- Las dimensiones de las fallas encontradas son en toda la calzada.
- Estas fallas son generalmente causadas por el inadecuado mantenimiento que se le realiza.

Con estos datos, se pudo determinar que el estado actual de la vía es inadecuado; es por ello que es necesario el mantenimiento de la carretera. Para un adecuado mantenimiento, se recomienda realizar la estabilización del suelo del sector Barraza.

Tabla 22: *Recolección de datos*

| RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|--|--|---|
| VARIABLE | FUENTE | TÉCNICA | INSTRUMENTO |
| Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de subrasante | Probetas con muestra de suelo natural y probetas con muestra de mezcla suelo – ceniza. | - Observación directa. - Experimentación - Ensayos | - Ficha técnica de ensayo de compresión simple no confinada. - Ficha técnica de ensayo de C.B.R. |

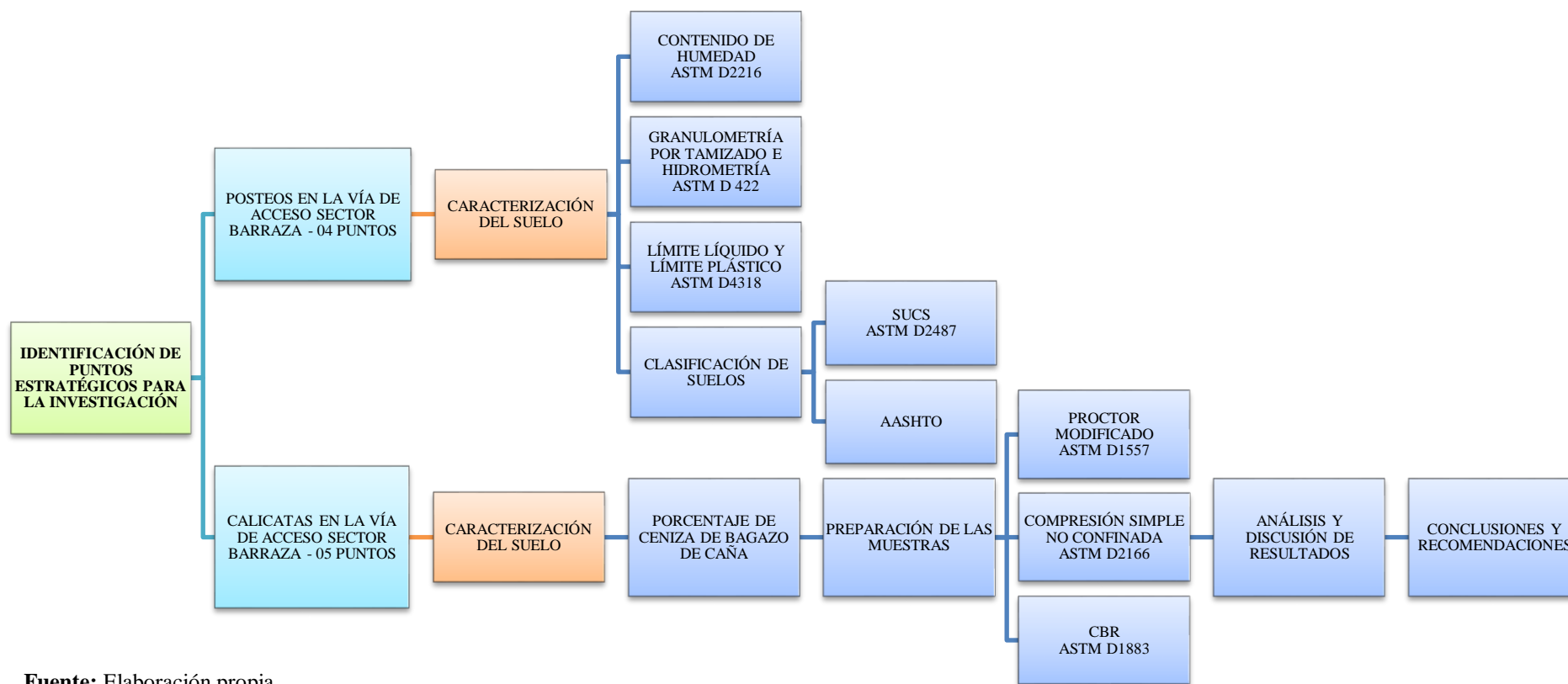
Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Procedimiento de recolección de datos

Esta investigación comprende las siguientes etapas:

Figura N° 23

Representación esquemática del procedimiento de investigación



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe la secuencia de actividades que se realizaron para desarrollar la investigación:

2.3.2.1. Muestreo y obtención del material

Para el muestreo y obtención del material, se procedió a realizar 05 calicatas cada 700 m. aproximadamente y 04 posteos intermedios entre cada calicata, todos ellos con una profundidad de 1.50 metros, el material extraído se colocó en sacos para posteriormente ser llevado al laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte. Ahí el material fue analizado y caracterizado mediante diferentes ensayos.

Por otra parte se realizó los trámites correspondientes para la obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, la cual será combinada con el suelo natural en los porcentajes de 5%, 10% y 15%.



Figura N° 24: Muestreo y obtención del material

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

2.3.2.2. Caracterización del suelo

Luego de trasladar el material del suelo al laboratorio se procedió a comenzar con los ensayos respectivos:

➤ Contenido de humedad – ASTM C566

Se procedió a pesar un recipiente metálico limpio y seco, posteriormente se colocó la muestra húmeda entre 50 g. y 100 g. aproximadamente en el recipiente y se tomó datos del nuevo peso. Luego se colocó el recipiente con la muestra en el horno de secado; el cual tiene una temperatura de T 110°C, durante 24 horas. Finalmente se esperó el enfriamiento del recipiente para que sea manejable y se tomó registro de su peso.



Figura N° 25: Muestras de ensayo de Contenido de Humedad.

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

Los cálculos realizados se dieron mediante la siguiente fórmula:

$$W(\%) = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_2 - W_3)} * 100$$

Ecuación N° 9

Donde:

- Peso del recipiente + suelo húmedo = W_1

- Peso del recipiente + suelo seco = W_2
- Peso del recipiente = W_3

Que simplificando, nos da:

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Ecuación N° 10

Donde:

- Peso del agua = W_w
- Peso del suelo = W_s
- Humedad en porcentaje = $W\%$

Tabla 23: FORMATO. Contenido de humedad

| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| PESO DE LATA (g.) | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | |
| % DE HUMEDAD | | | |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | | | |

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis granulométrico por lavado ASTM D422**

Se utilizó un aproximado de 1000 g. – 1500 g. de suelo seco, el cual previamente fue pasado por el tamiz N° 4, se lavó con ayuda del tamiz N° 200, con un abundante chorro de agua, teniendo en cuenta del cuidado correspondiente para que no se pierda ninguna partícula retenida en el tamiz, este material se colocó en un depósito y se secó en el horno a una temperatura de 110° C, durante 24 horas.

Se procedió a pesar la muestra retenida en cada tamiz utilizado durante el ensayo.



Figura N° 26: Elaboración del ensayo de granulometría por tamizado.

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

Para los cálculos, realizaron mediante las siguientes fórmulas:

- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (% P.R.) mediante la siguiente expresión:

$$\% P.R. = \frac{P.R.P}{W_{MS}} * 100$$

Ecuación N° 11

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz Porcentaje Retenido Acumulado (P.R.A.), para lo cual se sumarán en forma progresiva los P.R.P, es decir:

$$\% R.A. 1 = \% R.P. 1$$

$$\% R.A. 2 = \% R.P. 1 + \% R.P. 2$$

$$\% R.A. 3 = \% R.P. 1 + \% R.P. 2 + \% R.P. 3, etc.$$

Ecuación N° 12

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz:

$$\% \text{ Que Pasa} = 100\% - \%R.A.$$

Ecuación N° 13

Por último, con todos los datos obtenidos se procedió a dibujar la curva granulométrica en escala semi logarítmica, en el eje de abscisas se registró la abertura de las mallas en milímetros, y en el eje de las ordenadas se registró los porcentajes acumulados que pasan en las malla que se utilizan, en la Tabla N° 24 se presenta el formato para el análisis granulométrico.

Tabla 24: *FORMATO. Análisis granulométrico.*

| TAMIZ | ABERTURA (mm.) | PESO RET. (g.) | % RET. (%) | % RET. ACUM (%) | % QUE PASA |
|--------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|
| 2" | | | | | |
| 1 ½" | | | | | |
| 1" | | | | | |
| ¾" | | | | | |
| ½" | | | | | |
| 3/8" | | | | | |
| N° 4 | | | | | |
| N° 10 | | | | | |
| N° 16 | | | | | |
| N° 20 | | | | | |
| N° 30 | | | | | |
| N° 40 | | | | | |
| N° 60 | | | | | |
| N° 80 | | | | | |
| N° 100 | | | | | |
| N° 200 | | | | | |
| FONDO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Análisis granulométrico por método del hidrómetro a las partículas finas ASTM D422**

Se procedió a obtener 50 g. de material por cuarteo pasante el tamiz N°200 para CL, luego se llevó a secar en el horno durante 24 horas y nuevamente se pesó. Se preparó la solución de 40gr/1L de hexametáfosfato de sodio, para luego ser mezclado con la muestra y reposar por durante toda una noche. Se realizó mediante hidrómetro -5g/L-60g/L, calculando el peso específico.

Se colocó la muestra en un vaso de dispersión lavándola con agua destilada, posterior a ello se agregó agua destilada hasta que quede aproximadamente a la tercera parte del vaso. Se colocó el vaso de dispersión en el aparato agitador dependiendo del límite de plasticidad del suelo. Se transfirió la suspensión a un cilindro de sedimentación de 1000 ml. y se llevó a la temperatura que prevalecerá durante el ensayo.

Un minuto antes de comenzar el ensayo, se tomó el cilindro de sedimentación, se tapó con la mano y agitó con 60 giros. Luego, se colocó el cilindro en el equipo. Se realizaron lecturas (R) al 1,2, 5; 15; 30; 60; 120; 250 y 1 440 minutos, se extrajo el hidrómetro de la suspensión y se colocó en un cilindro graduado con agua limpia. Se tomó la temperatura después de cada lectura.

Para obtener los resultados, se tomó en cuenta lo siguiente:

- Calcular las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco (R) sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregida (R'), la corrección por menisco C_m , o sea:

$$R = R' + C_m$$

Ecuación N° 14

Tomando anotación de los valores de R obtenidos.

- Cálculo del diámetro de las partículas (D), el diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el momento de realizar cada lectura de hidrómetro se calculó de la siguiente manera:

$$D \text{ (mm)} = k \sqrt{(L/t)}$$

Ecuación N° 15

Donde; L = profundidad efectiva en cm

t = Tiempo transcurrido en min.

$$k = \sqrt{\frac{30 * \mu / g}{\tau_s - \tau_w}}$$

Ecuación N° 16

Donde; g = Aceleración gravitacional = 980.7 cm/s²

μ = Coeficiente de viscosidad del agua en Poises

τ_s = Peso unitario de los sólidos del suelo en gr/cm³

τ_w = Peso unitario del agua destilada, a la temperatura T, en g/cm³

- Para el cálculo del porcentaje de las partículas de diámetro más fino correspondiente a una lectura de hidrómetro dad, se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{G_s}{G_s - 1} * \frac{100}{W_o} * (R - Cd \pm Ct)$$

Ecuación N° 17

Donde; G_s = Peso específico de los sólidos (modo operativo MTC E 205)

W_o = Peso de la muestra de suelo secado al horno que se empleó para el análisis del hidrómetro.

$$(R - Cd \pm Ct)$$

Lectura de hidrómetro corregida por menisco menos corrección por defloculante y punto cero, más (sumada algebraicamente) corrección por temperatura.

➤ **Límite líquido y límite plástico**

- **Límite líquido:**

Se obtuvo 250 g. de muestra por cuarteo pasante la malla N° 40, se pesó, se mezcló con un poco de agua y se colocó una porción de la muestra en la copa de Casagrande haciendo uso de una espátula, hasta una profundidad aproximadamente de 10 mm. Utilizando un acanalador, se dividió la muestra haciendo una ranura a través del suelo sobre el borde de la copa. Se levantó y soltó la copa girando el manubrio hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto, en la base de la ranura una longitud de 13 mm. Se registró el número de golpes, N, necesario para cerrar la ranura. Se tomó una muestra de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, se colocó en un recipiente de peso conocido y llevó al horno por 24 horas.



Figura N° 27: Elaboración de ensayo de Límite Líquido.

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

Para los cálculos se usaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de muestra seca}} * 100$$

Ecuación N° 18

$$\text{Límite líquido a 25 golpes} = W^n \left(\frac{N^{0.121}}{25} \right) \dots (\text{Ecuación 12})$$

Ecuación N° 19

Tabla 25: FORMATO. Límite líquido

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|
| MUESTRA N° | T – 01 | T – 02 | T – 03 |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (g.) | | | |
| PESO TARA + SUELO SECO (g.) | | | |
| PESO TARA (g.) | | | |
| PESO SUELO SECO (g.) | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | | |
| N° DE GOLPES | | | |

Fuente: Elaboración propia.

- Límite plástico e índice de plasticidad

Se tomó entre 20 g. y 50 g. de muestra pasante por la malla N° 40, mezclada con destilada, con lo que se formó una pasta manejable (el material usado en este ensayo también puede ser de la mezcla producida para obtener el límite líquido). Se tomó una muestra de aproximadamente 3 gr. de la mezcla para realizar el ensayo. Se moldeó una esfera y con ayuda de los dedos se rodó en una superficie casi lisa (base de vidrio, para evitar la pérdida de humedad).

Una vez que el bastoncito formado empiece a mostrar agrietamientos, se procedió a colocarlo en un depósito y tomar el peso de la muestra. Posteriormente se colocó para su secado en el horno a una temperatura de 100° C durante 24 horas, las cuales una vez terminadas se procedió a tomar el nuevo peso.

Para los cálculos se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de muestra seca}} * 100$$

Ecuación N° 20

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, como indica la siguiente fórmula:

$$IP = L.L - L.P$$

(Ecuación N° 21)



Figura N° 28: Muestras de ensayo de Límite Plástico.

Fuente: *Elaboración propia, 2018.*

Tabla 26: *FORMATO. Límite plástico*

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|
| MUESTRA N° | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO (g.) | | | |
| PESO TARA + SUELO SECO (g.) | | | |
| PESO TARA (g.) | | | |
| PESO SUELO SECO (g.) | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | | |
| PROMEDIO | | | |

Fuente: *Elaboración propia.*

➤ **Ensayo de gravedad específica de los sólidos – ASTM D854**

Debido a que nuestro material a evaluar ha sido clasificado como una CL, se determinó usar aproximadamente 75 g. de material que pase el tamiz N° 4. Se procedió a llenar la fiola con agua destilada al nivel deseado para quitarle las burbujas de aire que presente. Se introdujo dentro de la fiola la muestra pesada y se llenó con agua adicional aproximadamente 90% - 95% de la capacidad.

Luego se agitó la fiola y se repitió el procedimiento hasta quitar todas las burbujas.

➤ Clasificación de Suelos (SUCS) – ASTM D2487

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es el más usado desde el punto de vista de mecánica de suelos, este sistema asigna distintos símbolos para cada uno de los tipos de suelo, ya sean suelos finos o gruesos, orgánicos o inorgánicos. Los principales parámetros que se tomaron en cuenta para realizar esta clasificación fueron: el límite líquido (LL), límite plástico (LP), el índice de plasticidad (IP) y el tamaño de partículas (granulometría), con los cuales se puede describir el comportamiento mecánico del suelo.

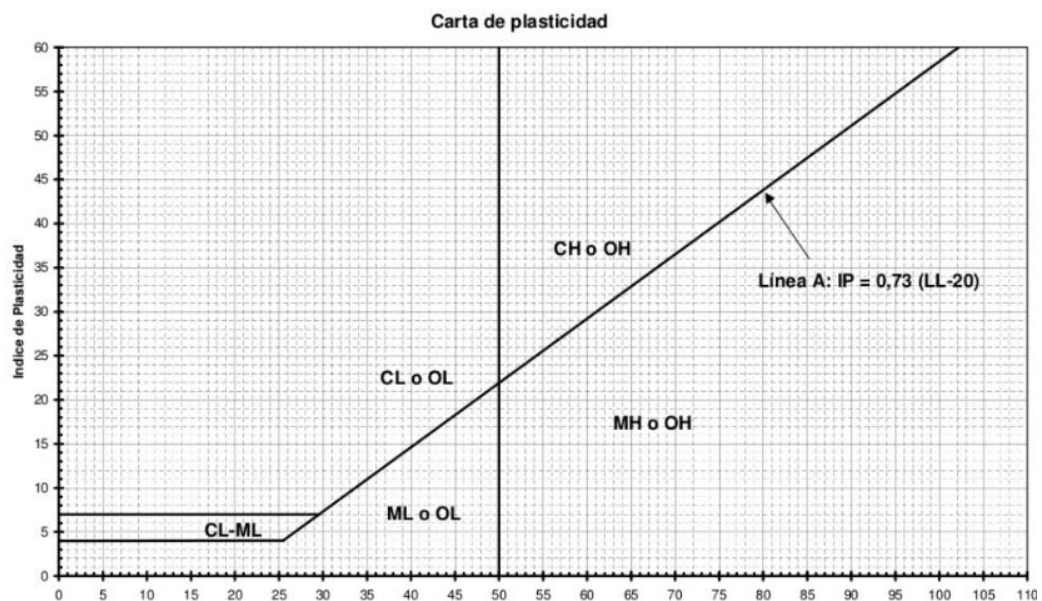


Figura N° 29: Carta de Plasticidad SUCS

Fuente: Borselli, 2018.

➤ Clasificación de Suelos AASHTO – ASTM D3282

El sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) es usado para clasificar materiales a emplearse en caminos. El primer paso es verificar si el suelo es granular, limoso o arcilloso, dependiendo del porcentaje que pasa el tamiz N° 200; posteriormente se procede a revisar los tipos de suelos (granular o fino, el que corresponda) desde izquierda

a derecha: % que pasa el tamiz N°10, % que pasa el tamiz N°40, % que pasa el tamiz N°200, límite líquido, y límite plástico.

Como último requerimiento, se realiza el cálculo del índice de grupo, mediante la siguiente fórmula, para poder así concluir la clasificación del suelo mediante esta metodología.

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

Ecuación N° 22

Donde:

- F = Material que pasa la malla N° 200
- LL = Límite líquido
- IP = Índice plástico

2.3.2.3. Caracterización de ceniza de bagazo de caña de azúcar

- Se tamizó la ceniza de bagazo de caña, para obtener un tamaño uniforme de partícula del material a mezclar, donde se hizo uso del tamiz N° 200, el cual posee una abertura de 0.075 mm.
- Se llevó a estudio por medio del difractómetro Brunker D8 ADVANCE ECO, donde se obtuvo los datos de difracción de rayos X (DRX), el cual permitió conocer los minerales presentes.



Figura N° 30: Caracterización de CBCA

Fuente: Elaboración propia, 2018.

2.3.2.4. Preparación de las muestras

➤ Ensayo Proctor Modificado – ASTM D1557

- ▲ Se hicieron los cálculos correspondientes a los porcentajes (%) en peso del material estabilizante, en este caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) a ser necesitado. Así para una mezcla de 3000 g. de suelo el 5% de CBCA corresponde a 150 g., de igual manera que el 10% y 15% corresponde a 300 g. y 450 g. respectivamente.
- ▲ Seguido de eso, se procedió a colocar en una bandeja la muestra de suelo (tamizada por la malla N° 40) tanto en estado natural, como con la adición de los distintos porcentajes de CBCA, para producir una mezcla homogénea combinada con distintos porcentajes de agua.
- ▲ Una vez homogenizada la mezcla se procedió a colocarla en el molde para el ensayo, dicho molde previamente fue limpiado y lubricado con grasa para evitar que se adhiriera material en sus paredes. La mezcla fue colocada en 5 capas, compactando cada capa con 25 golpes del pisón entre cada porción distribuida en toda la sección del molde.



Figura N° 31: Elaboración de ensayo de Proctor Modificado

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ▲ Cuando se llenó el molde con el material en las 5 capas, se procedió a quitar el collarín del molde, enrasarlo con un cuchillo o navaja, y se extrae el molde de su base; registrando así el peso del espécimen junto con el molde en la hoja de datos.

- ▲ Este procedimiento se debió repetir por 4 veces más, a fin de obtener una curva de compactación con 5 puntos y así poder determinar el contenido de humedad óptimo.

Tabla 27: FORMATO. Proctor Modificado

| DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MÉTODO | | | | | | |
|--|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------|----------------|----|
| CANTIDAD DE LA MUESTRA: | | | | | | |
| Malla | P. Bandeja (g.) | P. Bandeja + Muestra (g.) | P. Muestra (g.) | % de Muestra | Tipo de Método | |
| 3/4" | | | | | N° de Capas | |
| 3/8" | | | | | | |
| N° 4 | | | | | N° de Golpes | |
| Fondo | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Muestra N° | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | | | | | | |
| Número de golpes | | | | | | |
| Peso suelo + molde (g.) | | | | | | |
| Peso molde (g.) | | | | | | |
| Peso suelo compactado (g.) | | | | | | |
| Volumen del molde (cm ³) | | | | | | |
| Densidad húmeda (g./cm ³) | | | | | | |
| Densidad seca (g./cm ³) | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso tara + suelo húmedo (g.) | | | | | | |
| Peso tara + suelo seco (g.) | | | | | | |
| Peso del agua (g.) | | | | | | |
| Peso tara (g.) | | | | | | |
| Peso suelo seco (g.) | | | | | | |

Volumen del molde (cm³)

Contenido de humedad (%)

Fuente: Elaboración propia.

➤ Ensayo Compresión simple no confinada – ASTM D2166

- ▲ Se hicieron los cálculos correspondientes a los porcentajes (%) en peso del material estabilizante, en este caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) a ser necesitado. Debido a que el molde para realizar este ensayo fue el mismo que el usado en el ensayo de Proctor Modificado se requerirá de igual una mezcla de 3000 g. de suelo el 5% de CBCA corresponde a 150 g., de igual manera que el 10% y 15% corresponde a 300 g. y 450 g. por cada molde a preparar.
- ▲ Se procedió a agregar el suelo en una bandeja donde se homogeneizará la mezcla de suelo y CBCA, añadiéndose la cantidad óptima de agua para lograr la compactación adecuada.
- ▲ Previo a ello se limpió el molde y se lubrico, a fin de evitar pérdidas del material, lo que podría influir en los resultados.
- ▲ Posterior a ello se colocó dentro del molde el producto de la mezcla: suelo – ceniza de bagazo de caña de azúcar, para seguidamente compactar la mezcla dentro del molde haciendo uso del pisón.
- ▲ Una vez, conformada la probeta se procedió a retirar del molde y a ser colocada dentro de una bolsa plástica, evitando el contacto con factores externos, para dejar a su curado durante 7 días, como lo indica el Manual de Ensayos de Materiales en la norma MTC E 1104:
“Colóquense los especímenes en dispositivos adecuados en la cámara húmeda y protéjense del agua libre durante un período de 7 días. Pésese y médase el espécimen N° 1 al final del almacenamiento de 7 días para obtener datos para el cálculo de su contenido de humedad y del volumen”.

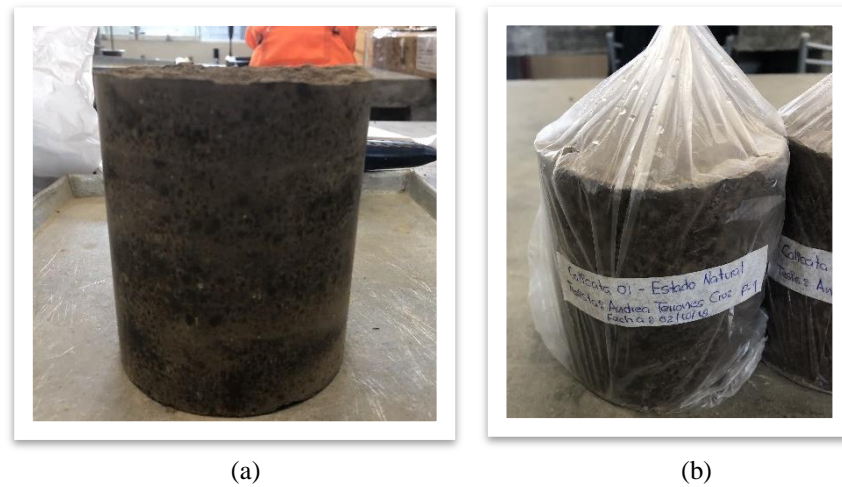


Figura N° 32: (a) Probeta desmoldada y (b) Probeta en cámara húmeda para ensayo de Compresión simple no confinada.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ▲ A los 7 días de curado, se retiró la probeta de la cámara húmeda, y se procedió a colocarla dentro de la prensa multiusos para ser sometida al ensayo.

Tabla 28: FORMATO. Compresión simple no confinada

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|----------------------|-------|--|------------------------|
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + TARA (g.) | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + TARA (g.) | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | | | | |
| PESO (g.) | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA A ₀ / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA | | | |

| Nº DE DIVISIONES | kg. | $\varepsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | kPa |
|------------------|-----|------------------------------|--------------------|-----|
|------------------|-----|------------------------------|--------------------|-----|

Fuente: Elaboración propia.

➤ Ensayo C.B.R. – D1883

- ▲ Se hicieron los cálculos correspondientes a los porcentajes (%) en peso del material estabilizante, en este caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) a ser necesitado. Así para una mezcla de 8000 g. de suelo el 5% de CBCA corresponde a 400 g., de igual manera que el 10% y 15% corresponde a 800 g. y 1200 g. respectivamente.
- ▲ Se procedió a agregar el suelo en una bandeja donde se homogeneizará la mezcla de suelo y CBCA, añadiéndose la cantidad óptima de agua para lograr la compactación adecuada.
- ▲ Se compactó la muestra en 5 capas, en cada uno de los 3 moldes de CBR, el primero con 12 golpes por capa, el segundo con 25 golpes por capa y el tercero con 56 golpes por capa.
- ▲ Terminada la compactación del material dentro del molde, se procedió a colocar los 3 moldes dentro de una poza de agua durante 4 días (96 horas), de tal manera se tomó registro de las lecturas de expansión cada 24 horas.



Figura N° 33: Moldes de CBR compactados a 12, 25 y 56 golpes.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ▲ Pasados los 4 días se sacó los moldes de la poza de agua para realizar el ensayo carga – penetración (determinación de la resistencia a la penetración), de cada uno de los moldes.
- ▲ Se retiró el dial, trípode, la sobrecarga y la placa de expansión, para en ese estado dejarlo durante 15 minutos drenar el agua sobrante, para poder así luego realizar el ensayo de carga.

Tabla 29: FORMATO. CBR

| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | | | |
|--|------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | | | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | | | |
| Número de golpes por capa | 56 | | 56 | | 56 | | | |
| Condición de la muestra | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | | |
| Peso muestra húmeda + molde (g.) | | | | | | | | |
| Peso de disco espaciador (g.) | | | | | | | | |
| Peso del molde (g.) | | | | | | | | |
| Peso muestra húmeda (g.) | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra (cm ³) | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g./cm ³) | | | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| Tara N° | 01 | | 02 | | 03 | | | |
| Peso Tara + Suelo húmedo (g.) | | | | | | | | |
| Peso Tara + Suelo seco (g.) | | | | | | | | |
| Peso del agua (g.) | | | | | | | | |
| Peso Tara (g.) | | | | | | | | |
| Peso Suelo Seco (g.) | | | | | | | | |
| Contenido de humedad (%) | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cm ³) | | | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
| Molde N° | | | | | | | | |
| Fecha | Hora | Tiempo (hr.) | Lectura dial (mm.) | Hincham. (mm.) | Lectura dial (mm.) | Hincham. (mm.) | Lectura dial (mm.) | Hincham. (mm.) |
| | | | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE CARGA – PENETRACIÓN | | | | | | | | |
| Penetración (plg.) | Molde N° 01 | | Molde N° 02 | | Molde N° 03 | | | |
| | 56 Golpes | | 25 Golpes | | 12 Golpes | | | |
| | lb | lb/pulg ² | lb | lb/pulg ² | lb | lb/pulg ² | | |
| 0.000 | | | | | | | | |

| |
|-------|
| 0.025 |
| 0.050 |
| 0.075 |
| 0.100 |
| 0.125 |
| 0.150 |
| 0.200 |
| 0.300 |
| 0.400 |
| 0.500 |

Fuente: Elaboración propia

2.4. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para el análisis de datos se hizo una inferencia estadística, que es un conjunto de métodos y técnicas que permiten inducir, a partir de la información empírica proporcionada por una muestra, cuál será el comportamiento de una determinada población con un riesgo calculable en términos de probabilidad.

El análisis de varianza se utiliza para determinar si las medias muestrales provienen de poblaciones con medias iguales, cuando hay más de dos poblaciones de estudio.

El análisis de varianza (ANOVA) permite comparar simultáneamente todas las medias, evitando tener que realizar pruebas en grupos de dos. La comparación de las medias muestrales se basa en las varianzas muestrales (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012).

2.4.1. Tratamiento

Es la fuente de datos cuya variación proporciona las observaciones, sean:

k : Número de tratamientos

n : Número total de observaciones en todos los tratamientos combinados.

n_j : Número total de observaciones en cada tratamiento $j = 1, 2, \dots, k$.

X_{ij} : Es la i -ésima observación del tratamiento j .

\bar{X}_j : Media muestral del tratamiento j .

$\bar{\bar{X}}$: Media muestral general.

2.4.2. Variación Total: Es la variación total combinada de las observaciones de todos los tratamientos con respecto a la media general.

Media muestral general:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}$$

Ecuación N° 23

Variación total:

$$SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X})^2 \quad (\text{Suma cuadrática total})$$

Ecuación N° 24

2.4.3. Variación Total Muestral: Es la variación atribuida a los efectos de los tratamientos.

Media muestral del tratamiento:

$$j: \bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}$$

Ecuación N° 25

Variación de tratamientos:

$$SCTr = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 \quad (\text{Suma cuadrática de tratamientos})$$

Ecuación N° 26

2.4.4. Variación aleatoria o error: Es la variación dentro de cada tratamiento debido a errores en el experimento.

Variación aleatoria o error:

$$SCE = SCT - SCTr \quad (\text{Suma cuadrática del error})$$

Ecuación N° 27

La ecuación $SCT = SCTR - SCE$ separa la variación total en dos componentes: el primero corresponde a la variación atribuida a los tratamientos y el segundo es la variación atribuida a la aleatoriedad o errores del experimento.

$SCTR$ tiene $k - 1$ grados de libertad (varianza ponderada con k tratamientos)

SCE tiene $n - k$ grados de libertad (existen n datos y k tratamientos)

SCT tiene $n - 1$ grados de libertad (suma de grados de libertad de $SCTR$ y SCE)

2.4.5. Tabla ANOVA (Análisis de Varianza)

Tabla 30: *Análisis de Varianza*

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F_0 |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| Tratamiento | $n - 1$ | $SCTR$ | $SCTR/(k - 1)$ | $(SCTR/(k - 1))/(SCE/(n-k))$ |
| Error | $n - k$ | SCE | $SCE/(n - k)$ | |
| Total | $n - 1$ | SCT | | |

Fuente: (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012)

2.4.6. Prueba de Hipótesis.

- Hipótesis nula:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K \quad (\text{Las medias poblacionales son iguales})$$

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1. Ensayos realizados a la muestra de suelo patrón

3.1.1. Contenido de humedad.

En las **Tablas 31** y **32** se presentan los resultados promedio de las tres repeticiones realizadas en el ensayo correspondiente al contenido de humedad (NTP 339.127) de las muestras obtenidas en los estratos 1 y 2 en cada una de las calicatas y posteos.

Tabla 31: *Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad – Calicatas*

| N° | CALICATA | ESTRATO | PORGRESIVA | PROF. (m.) | W (%) |
|----|----------|---------|------------|------------|----------|
| | | | (Km) | | Promedio |
| 1 | C – 01 | E – 01 | 0 + 011 | 0.90 | 15.48 |
| | | E – 02 | 0 + 011 | 1.50 | 26.65 |
| 2 | C – 02 | E – 01 | 0 + 777 | 1.00 | 24.18 |
| | | E – 02 | 0 + 777 | 1.50 | 23.51 |
| 3 | C – 03 | E – 01 | 1 + 524 | 0.90 | 28.14 |
| | | E – 02 | 1 + 524 | 1.50 | 28.21 |
| 4 | C – 04 | E – 01 | 2 + 626 | 0.75 | 20.49 |
| | | E – 02 | 2 + 626 | 1.50 | 33.67 |
| 5 | C – 05 | E – 01 | 3 + 529 | 0.60 | 28.41 |
| | | E – 02 | 3 + 529 | 1.50 | 29.48 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 32: *Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad – Posteos*

| N° | POSTEO | ESTRATO | PORGRESIVA | PROF. (m.) | W (%) |
|----|--------|---------|------------|------------|----------|
| | | | (Km) | | Promedio |
| 1 | P – 01 | E – 01 | 0 + 422 | 0.75 | 19.94 |
| | | E – 02 | 0 + 422 | 1.50 | 27.41 |
| 2 | P – 02 | E – 01 | 1 + 157 | 0.65 | 21.96 |
| | | E – 02 | 1 + 157 | 1.50 | 25.97 |
| 3 | P – 03 | E – 01 | 2 + 079 | 0.40 | 26.32 |
| | | E – 02 | 2 + 079 | 1.20 | 26.29 |
| 4 | P – 04 | E – 01 | 3 + 078 | 0.40 | 24.70 |
| | | E – 02 | 3 + 078 | 1.20 | 27.56 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.2. Granulometría.

En las **Tablas 33 y 34** se presentan los resultados de los ensayos correspondientes al análisis granulométrico por tamizado, en donde se presenta el porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 de las muestras tomadas del estrato 1 y 2 en cada una de las calicatas y posteos, realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.128.

Tabla 33: *Resumen de resultados del ensayo de granulometría – Calicatas*

| N° | CALICATA | ESTRATO | PORGRESIVA | PROF. | % QUE PASA POR EL |
|----|----------|---------|------------|-------|-------------------|
| | | | (Km) | (m.) | TAMIZ N° 200 |
| 1 | C – 01 | E – 01 | 0 + 011 | 0.90 | 65.16 |
| | | E – 02 | 0 + 011 | 1.50 | 64.59 |
| 2 | C – 02 | E – 01 | 0 + 777 | 1.00 | 59.77 |
| | | E – 02 | 0 + 777 | 1.50 | 50.08 |
| 3 | C – 03 | E – 01 | 1 + 524 | 0.90 | 88.50 |
| | | E – 02 | 1 + 524 | 1.50 | 84.97 |
| 4 | C – 04 | E – 01 | 2 + 626 | 0.75 | 88.16 |
| | | E – 02 | 2 + 626 | 1.50 | 66.83 |
| 5 | C – 05 | E – 01 | 3 + 529 | 0.60 | 84.76 |
| | | E – 02 | 3 + 529 | 1.50 | 82.55 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 34: *Resumen de resultados del ensayo de granulometría – Posteos*

| N° | POSTEO | ESTRATO | PORGRESIVA | PROF. | % QUE PASA POR EL |
|----|--------|---------|------------|-------|-------------------|
| | | | (Km) | (m.) | TAMIZ N° 200 |
| 1 | P – 01 | E – 01 | 0 + 422 | 0.75 | 55.52 |
| | | E – 02 | 0 + 422 | 1.50 | 59.35 |
| 2 | P – 02 | E – 01 | 1 + 157 | 0.65 | 51.77 |
| | | E – 02 | 1 + 157 | 1.50 | 47.64 |
| 3 | P – 03 | E – 01 | 2 + 079 | 0.40 | 60.54 |
| | | E – 02 | 2 + 079 | 1.20 | 52.58 |
| 4 | P – 04 | E – 01 | 3 + 078 | 0.40 | 54.12 |
| | | E – 02 | 3 + 078 | 1.20 | 48.47 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.3. Análisis granulométrico por medio del hidrómetro

En la **Tabla 35** se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de análisis granulométrico por medio del hidrómetro, este ensayo fue realizado a los estratos 01 de cada una de las calicatas elaboradas y fue realizado según lo dispuesto en la norma internacional ASTM D – 422.

Tabla 35: Resumen de ensayo granulométrico por hidrometría.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDRÓMETRO | | | | | |
|--|------------|--------|--------|--------|--------|
| Abertura (mm) | % Que pasa | | | | |
| | C – 01 | C – 02 | C – 03 | C – 04 | C – 05 |
| 0.04680 | 21.29 | 19.69 | 21.24 | 47.00 | 45.57 |
| 0.03321 | 19.65 | 18.05 | 19.61 | 45.38 | 42.31 |
| 0.02132 | 16.38 | 14.77 | 16.34 | 37.28 | 40.68 |
| 0.01244 | 13.10 | 13.13 | 13.07 | 27.55 | 35.80 |
| 0.00889 | 9.83 | 11.49 | 11.44 | 21.07 | 30.92 |
| 0.00638 | 6.55 | 9.85 | 8.17 | 19.45 | 24.41 |
| 0.00452 | 4.91 | 8.21 | 6.54 | 14.59 | 22.78 |
| 0.00315 | 3.28 | 6.56 | 3.27 | 11.35 | 19.53 |
| 0.00132 | 1.64 | 4.92 | 1.63 | 8.10 | 14.65 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.4. Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)

En las **Tablas 36 y 37** se presentan los resultados de los ensayos correspondientes a límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las muestras tomadas en cada una de las calicatas y posteos para los estratos 1 y 2, realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.129.

Tabla 36: Resumen de resultados del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Calicatas

| Nº | CALICATA | PROGRESIVA | PROF. (m) | LL | LP | IP |
|----|----------|------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | (km) | | % | % | % |
| 1 | C – 01 | 0 + 011 | 0.90 | 31.57 | 18.30 | 13.27 |
| | | 0 + 011 | 1.50 | 26.30 | 16.75 | 9.54 |

| | | | | | | |
|---|--------|---------|------|-------|-------|-------|
| 2 | C – 02 | 0 + 777 | 1.00 | 34.52 | 21.70 | 12.82 |
| | | 0 + 777 | 1.50 | 28.25 | 20.01 | 8.23 |
| 3 | C – 03 | 1 + 524 | 0.90 | 32.14 | 15.25 | 16.89 |
| | | 1 + 524 | 1.50 | 32.97 | 18.79 | 14.19 |
| 4 | C – 04 | 2 + 626 | 0.75 | 47.03 | 20.71 | 26.32 |
| | | 2 + 626 | 1.50 | 42.44 | 33.42 | 9.03 |
| 5 | C – 05 | 3 + 529 | 0.60 | 42.76 | 33.42 | 9.34 |
| | | 3 + 529 | 1.50 | 35.67 | 22.42 | 13.25 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 37: Resumen de resultados del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad – Posteos

| Nº | POSTEO | PROGRESIVA | PROF. (m) | LL | LP | IP |
|----|--------|------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | (km) | | % | % | % |
| 1 | P – 01 | 0 + 422 | 0.75 | 31.07 | 19.84 | 11.24 |
| | | 0 + 422 | 1.50 | 27.82 | 18.84 | 8.98 |
| 2 | P – 02 | 1 + 157 | 0.65 | 30.75 | 17.64 | 13.11 |
| | | 1 + 157 | 1.50 | 31.46 | 22.23 | 9.23 |
| 3 | P – 03 | 2 + 079 | 0.40 | 34.45 | 14.86 | 19.58 |
| | | 2 + 079 | 1.20 | 34.91 | 13.31 | 21.60 |
| 4 | P – 04 | 3 + 078 | 0.40 | 47.81 | 21.45 | 26.36 |
| | | 3 + 078 | 1.20 | 27.31 | 18.74 | 8.57 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.5. Clasificación SUCS y AASHTO

En las **Tablas 38 y 39** se presentan los resultados de la clasificación SUCS y AASHTO de las muestras tomadas en cada uno de los estratos de las calicatas y posteos, realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.134 para la clasificación SUCS.

Tabla 38: Resumen de resultados de la clasificación SUCS y AASHTO – Calicatas

| Nº | CALICATA | ESTRATO | PROGRESIVA | PROF. (m) | CLASIFICACIÓN | |
|----|----------|---------|------------|-----------|---------------|--------|
| | | | (km) | | SUCS | AASHTO |
| 1 | C – 01 | E – 01 | 0 + 011 | 0.90 | CL | A – 6 |
| | | E – 02 | 0 + 011 | 1.50 | CL | A – 4 |

| | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|------|----|-----------|
| 2 | C – 02 | E – 01 | 0 + 777 | 1.00 | CL | A – 6 |
| | | E – 02 | 0 + 777 | 1.50 | CL | A – 4 |
| 3 | C – 03 | E – 01 | 1 + 524 | 0.90 | CL | A – 6 |
| | | E – 02 | 1 + 524 | 1.50 | CL | A – 6 |
| 4 | C – 04 | E – 01 | 2 + 626 | 0.75 | CL | A – 7 – 6 |
| | | E – 02 | 2 + 626 | 1.50 | ML | A – 5 |
| 5 | C – 05 | E – 01 | 3 + 529 | 0.60 | ML | A – 5 |
| | | E – 02 | 3 + 529 | 1.50 | CL | A – 6 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 39: Resumen de resultados de la clasificación SUCS y AASHTO – Posteos

| N° | CALICATA | ESTRATO | PROF. (m) | PROGRESIVA | CLASIFICACIÓN | |
|----|----------|---------|-----------|------------|---------------|-----------|
| | | | | (km) | SUCS | AASHTO |
| 1 | P – 01 | E – 01 | 0.75 | 0 + 422 | CL | A – 6 |
| | | E – 02 | 1.50 | 0 + 422 | CL | A – 4 |
| 2 | P – 02 | E – 01 | 0.65 | 1 + 157 | CL | A – 6 |
| | | E – 02 | 1.50 | 1 + 157 | CL | A – 4 |
| 3 | P – 03 | E – 01 | 0.40 | 2 + 079 | CL | A – 6 |
| | | E – 02 | 1.20 | 2 + 079 | CL | A – 6 |
| 4 | P – 04 | E – 01 | 0.40 | 3 + 078 | CL | A – 7 – 6 |
| | | E – 02 | 1.20 | 3 + 078 | ML | A – 4 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.6. Gravedad específica

En la **Tabla 40** se presentan los resultados del ensayo correspondiente a la gravedad específica de las muestras tomadas en cada una de las calicatas, realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.131.

Tabla 40: Resumen de resultados del ensayo de Gravedad Específica

| N° | CALICATA | PROFUNDIDAD | PROGRESIVA | Gs |
|----|----------|-------------|------------|------|
| | | (m.) | (km) | |
| 1 | C – 01 | 1.50 | 0 + 011 | 2.73 |
| 2 | C – 02 | 1.50 | 0 + 777 | 2.72 |
| 3 | C – 03 | 1.50 | 1 + 524 | 2.74 |

| | | | | |
|---|--------|------|---------|------|
| 4 | C – 04 | 1.50 | 2 + 626 | 2.78 |
| 5 | C – 05 | 1.50 | 3 + 529 | 2.76 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.7. Proctor Modificado

En la **Tabla 41** se presentan los resultados del ensayo correspondiente a Proctor modificado, realizado a las muestras del estrato 1 tomadas de las calicatas 01, 03 y 05; realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.141.

Tabla 41: Resumen de resultados del ensayo de Proctor Modificado

| Nº | CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | PROGRESIVA (km) | DENSIDAD SECA MAXIMA (g/cm ³) | CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) |
|----|----------|--------------------|--------------------|---|---------------------------------------|
| 1 | C – 01 | 1.50 | 0 + 011 | 1.987 | 11.05 |
| 2 | C – 03 | 1.50 | 1 + 524 | 1.940 | 12.60 |
| 3 | C – 05 | 1.50 | 3 + 529 | 1.83 | 14.18 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.8. Compresión simple no confinada

En la **Tabla 42** se presentan los resultados del ensayo correspondiente a compresión simple no confinada realizado a las muestras del estrato 1 tomadas de las calicatas 01, 03 y 05; realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.167.

Tabla 42: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada

| Nº | CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | PROGRESIVA (km) | CÓDIGO DE PROBETA | MAX. RESIST. COMP. (kPa) |
|----|----------|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 | C – 01 | 1.50 m. | 0 + 011 | P – 01 | 13.91 |
| | | | | P – 02 | 13.96 |
| | | | | P – 03 | 13.86 |
| 3 | C – 03 | 1.50 m. | 1 + 524 | P – 13 | 13.81 |
| | | | | P – 14 | 13.91 |

| | | | | | |
|---|--------|---------|---------|--------|-------|
| | | | | P – 15 | 13.96 |
| | | | | P – 25 | 13.86 |
| 5 | C – 05 | 1.50 m. | 3 + 529 | P – 26 | 13.76 |
| | | | | P – 27 | 13.81 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.9. CBR

En la **Tabla 43** se presentan los resultados del ensayo correspondiente a CBR de las muestras tomadas en las calicatas 01, 03 y 05; realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.145.

Tabla 43: Resumen de resultados del ensayo de CBR

| Nº | CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | PROGRESIVA (km) | CBR AL 95% M.D.S (0.1") | CBR AL 95% M.D.S (0.2") |
|----|----------|--------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | C – 01 | 1.50 | 0 + 011 | 1.888 | 2.65 |
| 3 | C – 03 | 1.50 | 1 + 524 | 1.843 | 3.05 |
| 5 | C – 05 | 1.50 | 3 + 529 | 1.739 | 2.98 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2. Ensayos realizados a la muestra de suelo con adición de CBCA

3.2.1. Proctor Modificado

En la **Tabla 44** se presentan los resultados del ensayo correspondiente a Proctor modificado de las muestras tomadas en las calicatas 01, 03 y 05, con adición de 5%, 10% y 15% de CBCA en cada una de ellas; realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.141.

Tabla 44: Resumen de resultados del ensayo de Proctor Modificado a la muestra de suelo con adición de CBCA.

| Nº | CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | PROGRESIVA | % DE CBCA | DENSIDAD SECA MAX. (g/cm ³) | CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) |
|----|----------|--------------------|------------|--------------|--|--------------------------------------|
| 1 | C – 01 | 1.50 | 0 + 011 | 5 | 2.072 | 12.20 |

| | | | | | | |
|---|--------|------|---------|----|-------|-------|
| | | | | 10 | 2.086 | 12.60 |
| | | | | 15 | 2.091 | 13.60 |
| | | | | 5 | 2.029 | 13.80 |
| 3 | C – 03 | 1.50 | 1 + 524 | 10 | 2.061 | 14.10 |
| | | | | 15 | 2.088 | 15.70 |
| | | | | 5 | 2.001 | 15.00 |
| 5 | C – 05 | 1.50 | 3 + 529 | 10 | 2.030 | 16.30 |
| | | | | 15 | 2.034 | 15.60 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2.2. Compresión simple no confinada

En las **Tablas 45, 46 y 47** se presentan los resultados del ensayo correspondiente a compresión simple no confinada de las muestras tomadas en las calicatas 01, 03 y 05, con adición de 5% 10% y 15% de CBCA en cada una de ellas; realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.167.

Tabla 45: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada a la muestra de suelo con adición de 5% de CBCA.

| Nº | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD (m) | CÓDIGO DE PROBETA | % DE CBCA | MAX. RESIST. COMP. (kPa) |
|----|----------|------------|--------------------|-------------------------|--------------|-----------------------------------|
| | | | | P – 04 | 5 | 33.78 |
| 1 | C – 01 | 0 + 011 | 1.50 | P – 05 | 5 | 33.67 |
| | | | | P – 06 | 5 | 33.73 |
| | | | | P – 16 | 5 | 33.73 |
| 3 | C – 03 | 1 + 524 | 1.50 | P – 17 | 5 | 33.84 |
| | | | | P – 18 | 5 | 33.78 |
| | | | | P – 28 | 5 | 33.62 |
| 5 | C – 05 | 3 + 529 | 1.50 | P – 29 | 5 | 33.73 |
| | | | | P – 30 | 5 | 33.67 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 46: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada a la muestra de suelo con adición de 10% de CBCA.

| Nº | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD (m) | CÓDIGO DE PROBETA | % DE CBCA | MAX. RESIST. COMP. (kPa) |
|----|----------|------------|-----------------|-------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | C – 01 | 0 + 011 | 1.50 | P – 07 | 10 | 79.01 |
| | | | | P – 08 | 10 | 77.91 |
| | | | | P – 09 | 10 | 78.46 |
| 3 | C – 03 | 1 + 524 | 1.50 | P – 19 | 10 | 79.56 |
| | | | | P – 20 | 10 | 78.73 |
| | | | | P – 21 | 10 | 79.01 |
| 5 | C – 05 | 3 + 529 | 1.50 | P – 31 | 10 | 79.56 |
| | | | | P – 32 | 10 | 80.11 |
| | | | | P – 33 | 10 | 79.01 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 47: Resumen de resultados del ensayo de compresión simple no confinada a la muestra de suelo con adición de 15% de CBCA.

| Nº | CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | PROGRESIVA | CÓDIGO DE PROBETA | % DE CBCA | MAX. RESIST. COMP. (kPa) |
|----|----------|-----------------|------------|-------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | C – 01 | 1.50 | 0 + 011 | P – 10 | 15 | 150.56 |
| | | | | P – 11 | 15 | 150.73 |
| | | | | P – 12 | 15 | 150.84 |
| 3 | C – 03 | 1.50 | 1 + 524 | P – 22 | 15 | 151.12 |
| | | | | P – 23 | 15 | 151.00 |
| | | | | P – 24 | 15 | 150.84 |
| 5 | C – 05 | 1.50 | 3 + 529 | P – 34 | 15 | 151.00 |
| | | | | P – 35 | 15 | 151.23 |
| | | | | P – 36 | 15 | 151.12 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2.3. CBR

En la **Tabla 48** se presentan los resultados del ensayo correspondiente a CBR de las muestras tomadas en las calicatas 01, 03 y 05 con adición de 15% de CBCA; realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.145.

Tabla 48: *Resumen de resultados del ensayo de CBR a muestra de suelo con adición de 15% de CBCA*

| N° | CALICATA | PROGRESIVA (km) | PROFUNDIDAD (m) | % DE CBCA | CBR AL | CBR AL |
|----|----------|--------------------|--------------------|--------------|------------------------|------------------------|
| | | | | | 95% M.D.S (0.1") | 95% M.D.S (0.2") |
| 1 | C – 01 | 0 + 011 | 1.50 | 15 | 22.50 | 24.10 |
| 3 | C – 03 | 1 + 524 | 1.50 | 15 | 22.40 | 23.50 |
| 5 | C – 05 | 3 + 529 | 1.50 | 15 | 21.90 | 23.40 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.3. Análisis de rayos X a la ceniza de bagazo de caña de azúcar

La muestra evaluada corresponde a la ceniza de bagazo de caña de azúcar, obtenida de los hornos calderos de la empresa Agroindustrial Laredo, previamente secada en el horno a una temperatura de 110° C por 24 horas y tamizada por la malla N° 200, los porcentajes de óxidos contenidos en la CBCA se muestran en la **Tabla 49**, parámetros que serán requeridos para la clasificación de la misma.

Tabla 49: *Resultados ensayos de rayos X a cenizas de bagazo.*

| PARÁMETROS | UNIDADES | MUESTRA |
|--------------------------------|----------|---------|
| SiO ₂ | % | 50.6 |
| Al ₂ O ₃ | % | 4.7 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 3.2 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.4. Análisis de EDS (Espectroscopia de dispersión de energía de rayos X)

Para la evaluación de la reacción química del suelo frente a la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) se realizaron ensayos de espectroscopia de dispersión de energía de rayos, los cuales brindaron la variación existente en el porcentaje de óxidos que presenta la muestra patrón con la muestra estabilizada con la adición de 15% de CBCA, estos resultados se muestran en las tablas 50 y 51 respectivamente.

Tabla 50: Resultados ensayo EDS muestra suelo arcilloso

| ÓXIDO | % DE ÓXIDO |
|--------------------------------|-------------|
| CO ₂ | 29.79 |
| Na ₂ O | 1.33 |
| MgO | 1.75 |
| Al ₂ O ₃ | 15.70 |
| SiO ₂ | 40.54 |
| K ₂ O | 1.25 |
| CaO | 1.60 |
| TiO ₂ | 0.72 |
| MnO | 0.19 |
| FeO | 7.13 |
| TOTAL | 100% |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 51: Resultados ensayo EDS muestra suelo arcilloso + 15% de CBCA

| ÓXIDO | % DE ÓXIDO |
|--------------------------------|-------------|
| Na ₂ O | 1.29 |
| MgO | 2.11 |
| Al ₂ O ₃ | 19.61 |
| SiO ₂ | 62.45 |
| K ₂ O | 2.10 |
| CaO | 1.95 |
| TiO ₂ | 1.97 |
| FeO | 8.52 |
| TOTAL | 100% |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La industria de la construcción continuamente viene en crecimiento, si bien, no en dimensiones muy amplias desde el año 2010, se tiene de conocimiento que creció 4.17% en promedio durante el segundo bimestre del 2018, respecto al mismo periodo de 2017; según el Informe económico de la construcción, indica que entre los distintos tipos de proyectos, la construcción de carreteras y las obras de desagüe son las que generan un mayor interés, seguidas de la construcción de establecimientos de salud y de infraestructura estatal (Cámara Peruana de la Construcción, Marzo 2018). Por otra parte la Corporación Andina de Fomento indicó que Perú es uno de los países líderes en el desarrollo y mejoramiento de infraestructura, debido a que se ha propuesto la construcción de las carreteras de la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA), entendiendo así que nuestro país está buscando desarrollar la infraestructura terrestre, con el fin de unir a todas las regiones del país, aumentar la productividad y así asegurar su crecimiento económico. (Gestión, 2017)

Se conoce también que durante el primer semestre del 2018 la producción nacional creció en 4.29%, influyendo de manera directa el sector agrícola y por ende la producción de caña de azúcar, ya que esta presentó un aumento en su producción de 22.3%, con respecto al año anterior. (Editora Perú, 2018)

Relacionando ambos rubros, podemos darnos cuenta que la existencia de una mayor producción de caña de azúcar, traerá por ende la existencia de mayor cantidad de CBCA, la cual podría ser usada para el mejoramiento de las sub rasantes, de todas aquellas vías que no cuenten con los requerimientos mínimos durante su ejecución o mejora; es por ello que se propone usar este residuo, de tal manera que el sector construcción incluya nuevas alternativas para la estabilización de suelos, las cuales se encuentran de manera accesible en el entorno.



Figura N° 34: Botaderos de ceniza de bagazo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Laredo.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.1. Discusión

4.1.1. Características de la muestra suelo patrón

a. Contenido de humedad

Los datos mostrados en las **Tablas 31 y 32** corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de contenido de humedad. El porcentaje de contenido de humedad es un dato utilizado para conocer la relación que existe entre el peso del agua de la masa del suelo con respecto a las partículas sólidas del mismo. Además de ello con los resultados presentados se puede apreciar que las muestras obtenidas en el segundo estrato contienen mayor porcentaje de humedad, indicando así que el nivel freático de la zona estudiada se encuentra aproximadamente a una profundidad de 1.20 m. del nivel de terreno natural, dato que podría ser tomado para futuras investigaciones relacionadas con cimentaciones y diseños estructurales dentro de esa área. En las **Tablas 52 y 53** se presentan un resumen del contenido de humedad promedio (%) y los resultados del cálculo de la desviación estándar, tanto de posteos y calicatas, con su estrato 01 y estrato 02. Las barras de desviación estándar presentadas demuestran que el ensayo es reproducible.

Tabla 52: Resumen contenido de humedad y desviación estándar de posteos.

| Nº | POSTEO | ESTRATO 1 (W %) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | ESTRATO 2 (W %) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR |
|----|--------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| 1 | P – 1 | 19.94 | 1.296 | 31.3 | 0.462 |
| 2 | P – 2 | 14.30 | 0.114 | 15.91 | 0.203 |
| 3 | P – 3 | 14.52 | 0.726 | 20.95 | 0.958 |
| 4 | P – 4 | 14.22 | 0.686 | 16.24 | 0.406 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 53: Resumen contenido de humedad y desviación estándar de calicatas.

| Nº | CALICATA | ESTRATO 1 (W %) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | ESTRATO 2 (W %) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR |
|----|----------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| 1 | C – 1 | 15.48 | 0.617 | 26.65 | 1.348 |
| 2 | C – 2 | 24.18 | 0.829 | 23.51 | 0.516 |
| 3 | C – 3 | 28.14 | 0.220 | 26.53 | 0.296 |
| 4 | C – 4 | 26.44 | 1.136 | 35.10 | 0.816 |
| 5 | C – 5 | 28.41 | 0.803 | 29.48 | 1.224 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las **Figura N° 35** y **36** presentan de manera gráfica los resultados del promedio de contenido de humedad de los posteos realizados, donde se aprecia que en el posteo N° 01 presenta mayor porcentaje de humedad para ambos estratos, esto se podría deber a la cercanía de un canal de irrigación presente en la zona de estudio.

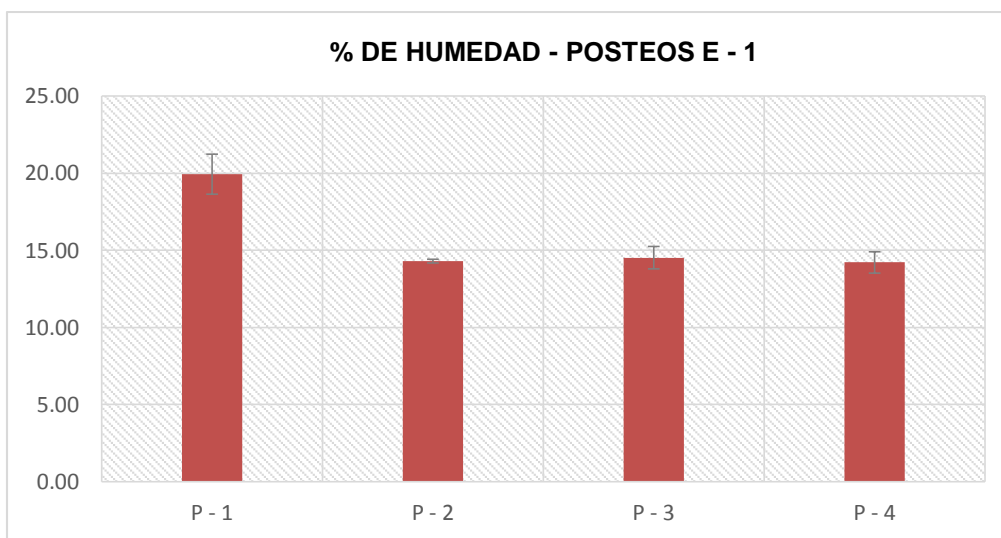


Figura N° 35: Análisis de resultados de contenido de humedad Posteo – Estrato 01.
Fuente: Elaboración propia

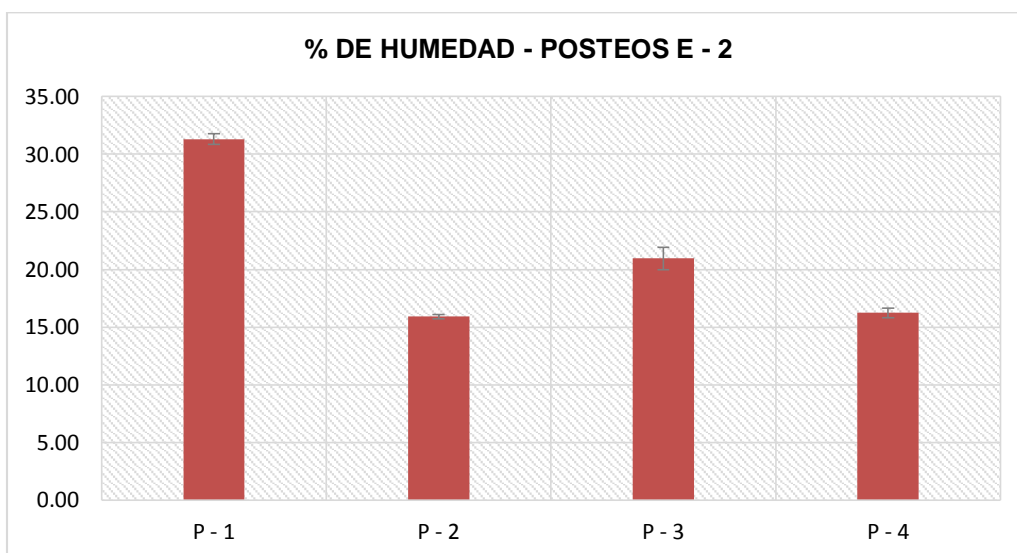


Figura N° 36: Análisis de resultados de contenido de humedad Posteo – Estrato 02.
Fuente: Elaboración propia

Las **Figuras N° 37** y **Figura N° 38**, presentan los resultados correspondientes al contenido de humedad promedio de las calicatas realizadas, para cada uno de sus estratos, donde se aprecia que en ambos estratos superan el 15 por ciento de humedad. Este dato es importante ya que el contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este, como por ejemplo la estabilidad mecánica. (Montalvan, 2014)

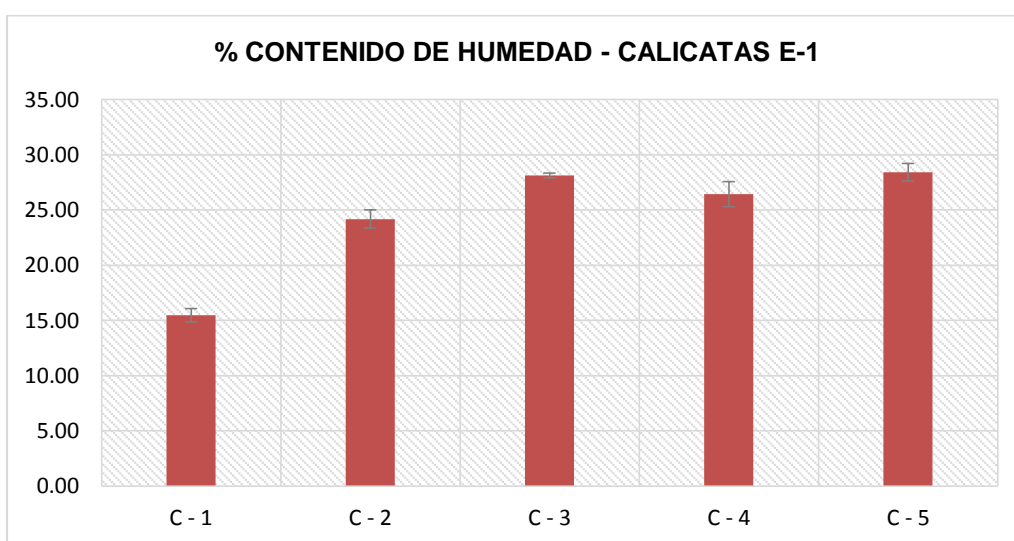


Figura N° 37: Análisis de resultados de contenido de humedad Calicata – Estrato 01.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

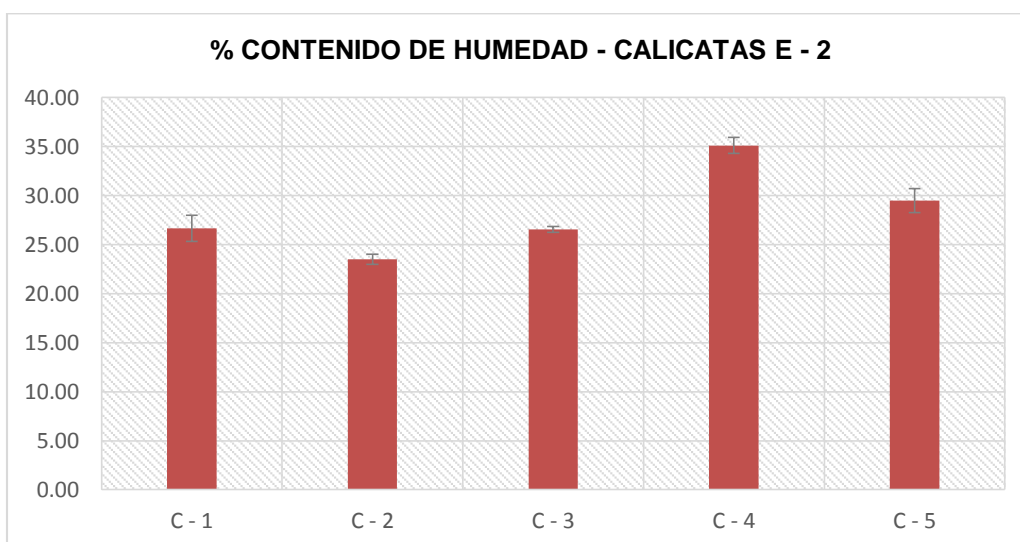


Figura N° 38: Análisis de resultados de contenido de humedad Calicata – Estrato 02.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

b. Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)

Los límites de Atterberg suministran los elementos para una rigurosa clasificación de las arcillas y para valorar muchas de sus propiedades, estos están directamente relacionados con la cantidad de agua que contiene un material y la capacidad de absorción que estos poseen. En las tablas 34 y 35 muestran los resultados obtenidos de los ensayos correspondientes a la plasticidad del material, estos indican que el límite líquido se encuentra en el rango de 26% al 48% y el límite plástico se encuentra en el rango de 13% al 34%. De igual manera se hizo el cálculo correspondiente al índice de plasticidad, ya que este factor indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee su consistencia plástica. Según los resultados obtenidos, las mayoría de las muestras tiene una plasticidad media ($7 < IP \leq 20$), teniendo así un IP promedio de 13.98%, el cual es clasificado según el manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC como característica principal de un suelo arcilloso de mediana plasticidad, este dato ha permitido calcular el índice de grupo, que permite contemplar la clasificación de suelos por el método AASHTO, estos resultados son reflejados en la **Figura N° 39**, donde se presentan los índices de plasticidad de ambos estratos. Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

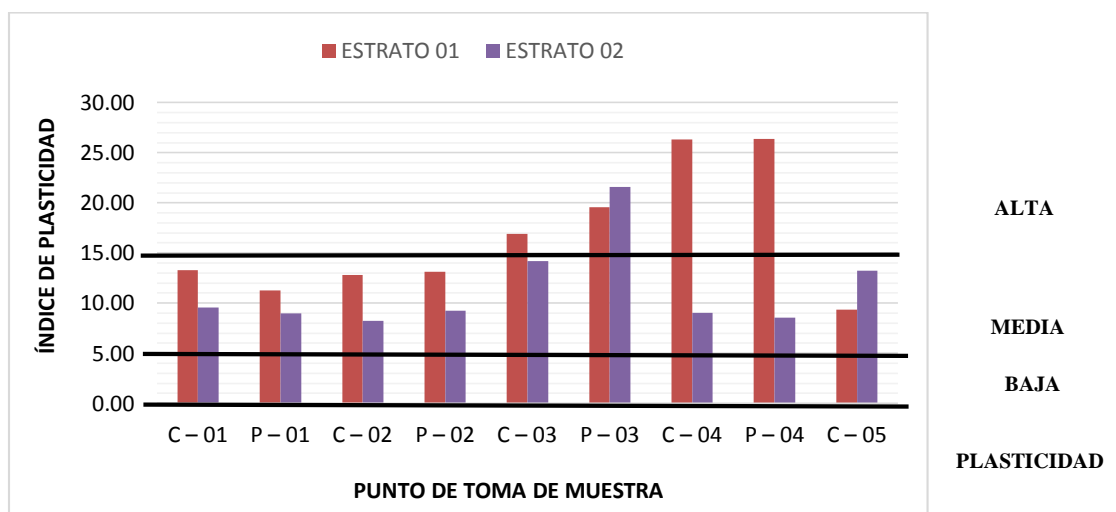


Figura N° 39: Análisis de resultados de Índice de Plasticidad

Fuente: Elaboración propia, 2018.

c. Granulometría, clasificación SUCS y AASHTO

Los datos mostrados en las **Tablas 33, 34 y 35**, se obtuvieron a través de la realización de cinco (05) calicatas y cuatro (04) posteos en la vía de acceso al sector Barraza, los cuales fueron analizados mediante el ensayo de granulometría por tamizado y mediante el uso de hidrómetro, obteniendo así a partir de ello la clasificación del suelo.

En las **Tablas 33 y 34** se muestran los resultados del análisis granulométrico por tamizado correspondiente a las muestras tomadas, datos con los cuales se procedió a elaborar las respectivas curvas granulométricas, obteniendo así que más del 50% de la muestra de suelo pasa por la malla N° 200, indicando que estamos trabajando con un suelo fino.

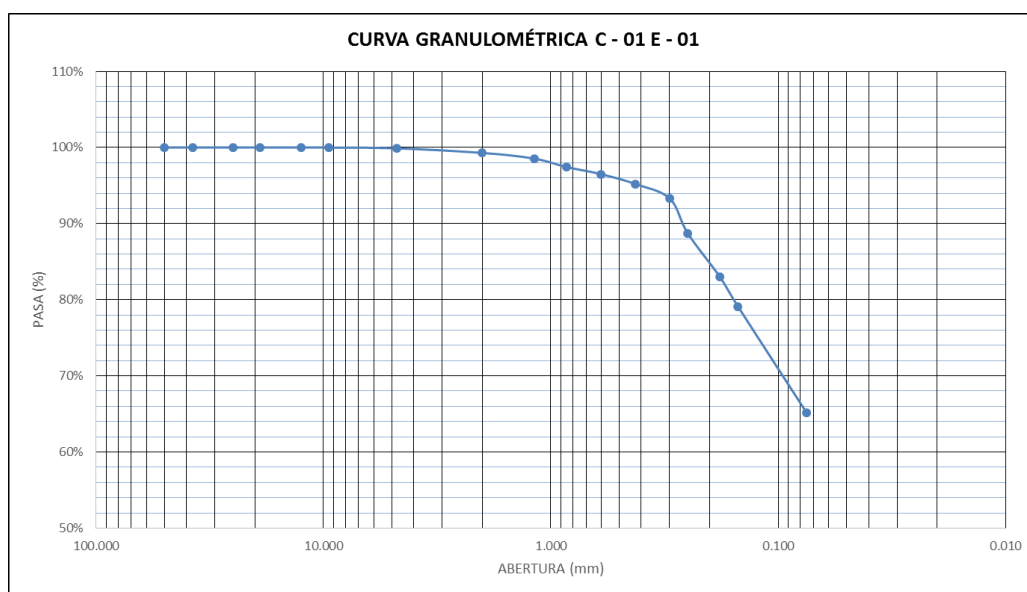


Figura N° 40: Diagrama de curva granulométrica.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para definir de mejor manera el suelo con el cual se trabajó, se realizó el ensayo de granulometría mediante el uso de hidrómetro, resultados que se muestran en la **Tabla N° 35**, con los cuales se puede concluir que se está trabajando con un suelo arcilloso – limoso, debido a que sigue presentando un significativo porcentaje que pasa de finos, tal y como se muestra en la **Figura N° 41**.

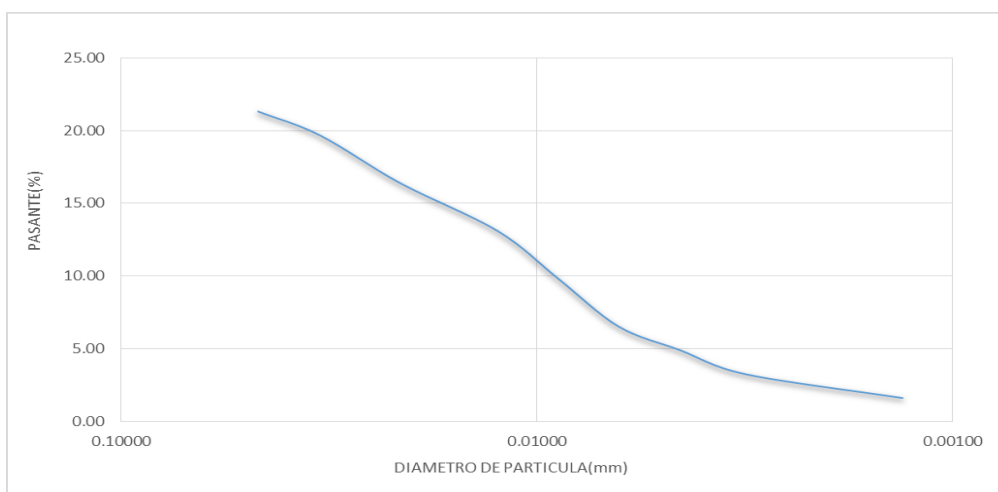


Figura N° 41: Curva granulométrica – Hidrometría.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se tiene que los suelos obtenidos de la vía de acceso al sector Barraza se encuentran en la clasificación de A – 4 a A – 7 – 6 (**Ver Tablas 38 y 39**), por el método AASHTO, lo cual nos confirma que se trata de un suelo arcilloso – limoso, predominando en este caso los suelos de tipo A – 6. De igual manera, en la clasificación por el método SUCS, se obtuvo suelos de tipo CL y ML, es decir arcillas de baja plasticidad limosas.

Esta clasificación de los suelos permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). La clasificación AASHTO considera el Índice de Grupo, el cual es uno de los principales indicadores para saber qué suelo se está tratando. Según el informe de resultados obtenidos, las muestras de suelos se encuentran en el rango de Pobre – Muy pobre (**Figura N° 42**), haciendo que su uso como subrasante sea malo o deficiente.

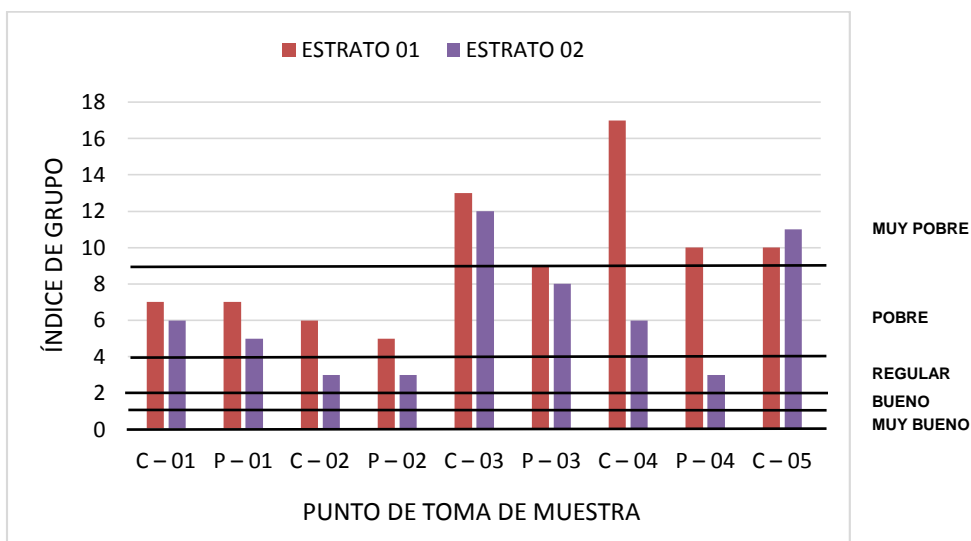


Figura N° 42: Análisis de resultados del Índice de grupo, Clasificación AASHTO.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

d. Gravedad específica

En la **Tabla 40**, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de gravedad específica, los cuales se encuentran en el rango de 2.72 a 2.79. Como se conoce, la gravedad específica permite determinar el tipo de grano que compone el suelo, así como el tipo de suelo en sí (Braja M. Das, 2013).

La mayoría de los minerales tienen una gravedad específica que cae dentro de un rango general de 2.6 a 2.9, esto indica que las gravedades específicas menores a 2.6 hacen referencia a suelos orgánicos (Braja M. Das, 2013), en la **Tabla 54** se puede observar cómo se clasifican los suelos según la gravedad específica. En base a la gravedad específica se puede comprobar la clasificación del suelo.

Tabla 54: Gravedad específica según tipo de suelo

| TIPO DE SUELO | Gs |
|-------------------------|-------------|
| Cenizas volcánicas | 2.20 – 2.50 |
| Suelos orgánicos | 2.50 – 2.65 |
| Arenas y gravas | 2.65 – 2.67 |
| Limos | 2.67 – 2.72 |
| Arcillas poco plásticas | 2.72 – 2.78 |
| Arcillas plásticas | 2.78 – 2.84 |
| Arcillas expansivas | 2.84 – 2.88 |

Fuente: Braja M. Das, 2013.

El valor de la gravedad específica nos permitirá realizar el cálculo de otros parámetros del suelo, como la densidad de los sólidos del suelo. Los valores obtenidos en el ensayo realizado se muestran en la **Figura N° 42**. En ella se puede ver que la calicata 04 presenta una densidad mayor, lo cual sugiere que el suelo en esa zona está mejor compactado que en el resto de la vía, indicando así que en el mismo volumen de suelo hay mayor masa.

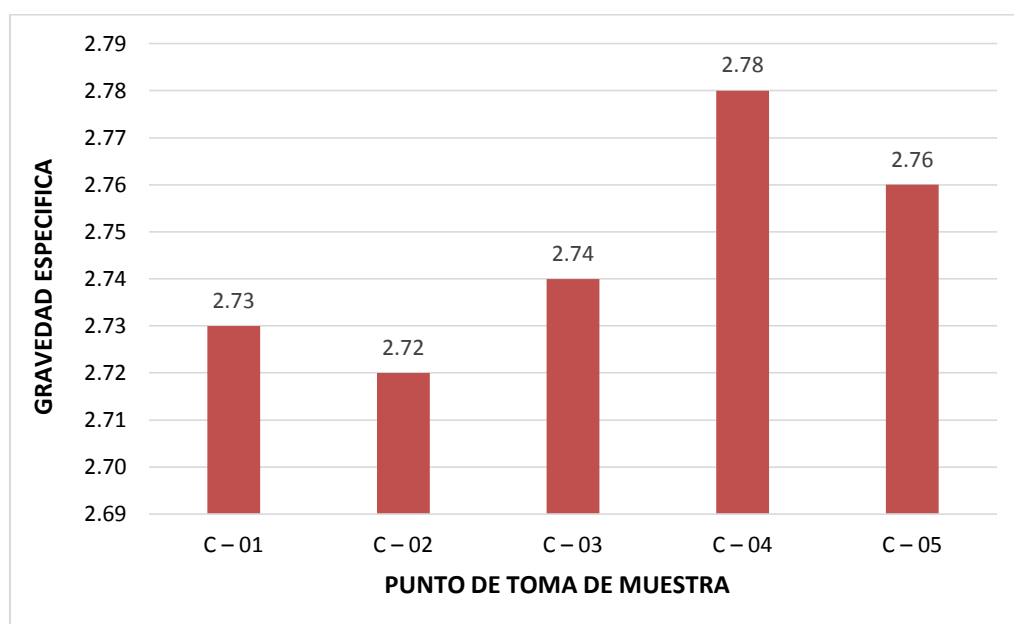


Figura N° 43: Resultados de ensayo de gravedad específica.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

e. Proctor Modificado

En la **Tabla 41** se presentan los resultados del ensayo de Proctor Modificado, el cual se realizó con el material de tres calicatas (3), las cuales se encontraban con una separación de 1.20 km. aproximadamente; estos datos nos permite conocer la densidad seca máxima como también el óptimo contenido de humedad.

Estos parámetros se necesitan conocer para poder mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo al momento de realizar la compactación. Para este ensayo se realizaron tres especímenes con las mismas condiciones, de manera que se logró obtener una densidad seca máxima de 1.987 g/cm³, 1.940 g/cm³ y 1.830 g/cm³ para las calicatas 01, 03 y 05 respectivamente, la cual presenta un

porcentaje de diferencia entre el mínimo y máximo de 7.9% ; mientras que el porcentaje de humedad óptimo que presentan es de 11.05%, 12.60% y 14.18% en cada una de ellas; con un porcentaje de diferencia entre el mínimo y el máximo de 22.07%. En la **Figura N° 44** se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los tres especímenes, correspondientes al ensayo mencionado, de la muestra de suelo patrón, encontrando mínima diferencia entre cada uno de los resultados. En ella se puede ver como en cada una de las calicatas el contenido de humedad óptimo se encuentra en un rango menor que el de los valores obtenidos en el ensayo de contenido de humedad del suelo natural; entendiéndose así que debido al alto contenido de humedad, el suelo en estado natural no llegaría a su densidad máxima.

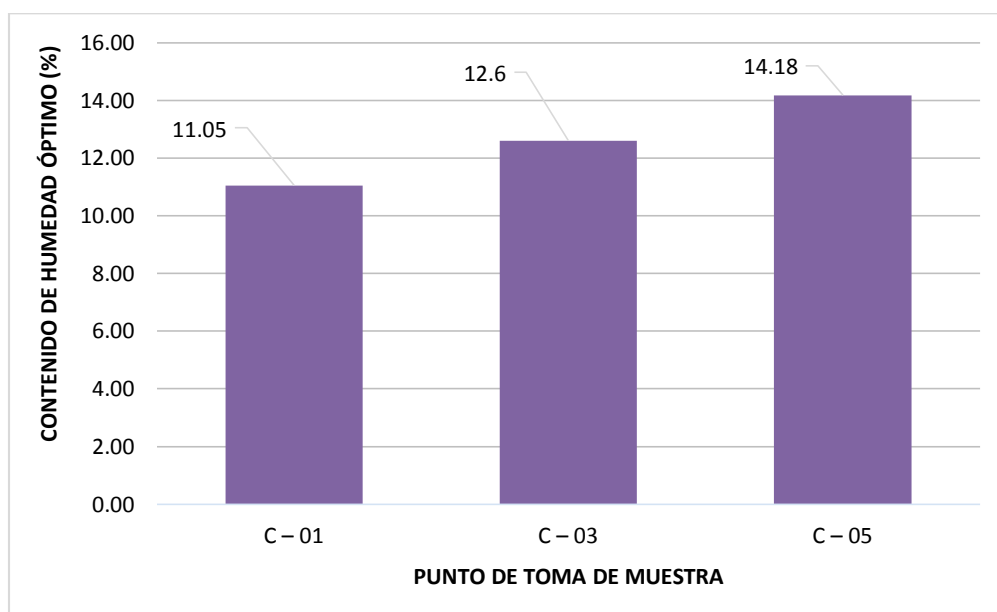


Figura N° 44: Análisis de resultados del ensayo de Proctor Modificado de la muestra patrón.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la **Figura N° 45**, se presenta la curva de humedad – densidad de compactación obtenida en el ensayo Proctor Modificado realizado para la muestra de suelo patrón de la calicata 03, donde se puede apreciar que la densidad seca va variando al modificar la humedad de compactación, además de

ello se puede apreciar que la humedad óptima es la que se corresponde con el máximo valor de densidad seca (cúspide de curva).

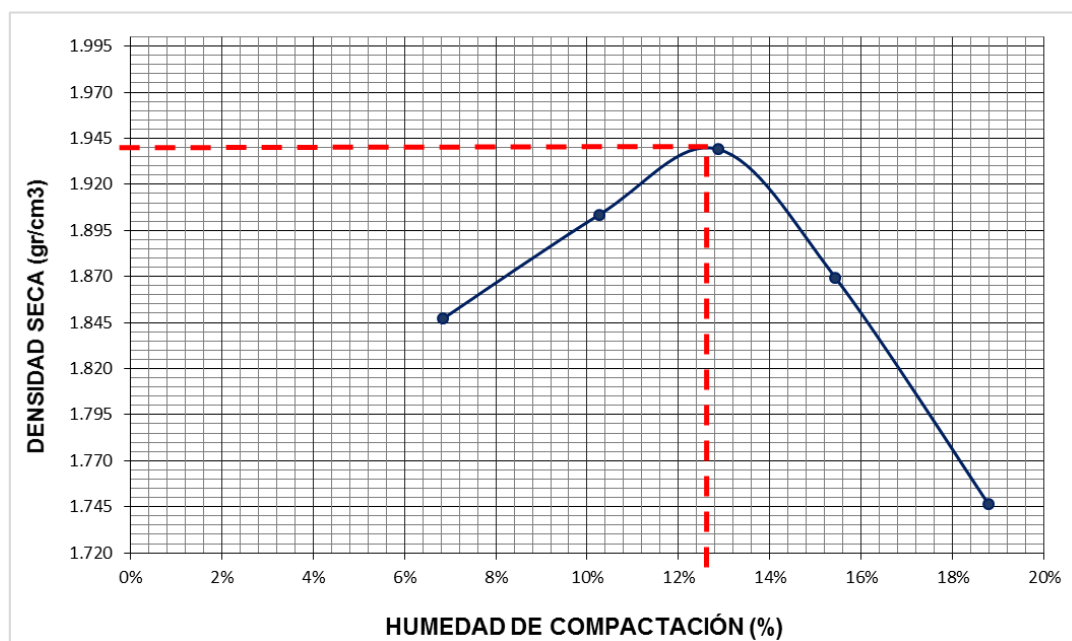


Figura N° 45: Curva Humedad de compactación – Densidad seca de Calicata 04.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

f. Resistencia a la compresión simple no confinada

En la **Tabla 42** se muestra los resultados del ensayo de compresión simple no confinada, el cual se realizó de igual manera con material de tres (03) calicatas realizada en la vía de acceso al sector Barraza, como nos indica el procedimiento se hizo una mezcla de suelo – agua, para posteriormente evaluar si cumple con las condiciones necesarias para ser utilizada como subrasante, este procedimiento se realizó para 09 especímenes, obteniendo valores que oscilan entre 13.76 kPa y 13.96 kPa., que cuentan con una desviación estándar de 0.004 kPa.. Estos resultados del ensayo indican que las condiciones del suelo no son buenas, ya que cuenta con una consistencia de suelo muy blanda, no cumpliendo así con los requerimientos mínimos para su uso como subrasante.

Asimismo en la **Tabla 55** se presenta un resumen de los resultados promedios obtenidos en cada una de las calicatas, en ella se puede apreciar que no existe diferencia significativa.

Tabla 55: Resumen de resultados y desviación estándar de ensayo de Compresión simple no confinada a muestra patrón

| Nº | CALICATA | RESIST. COMP. SIM. NO CONF. (kPa) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR |
|----|----------|---|------------------------|
| 1 | C – 1 | 13.91 | 0.050 |
| 2 | C – 2 | 13.89 | 0.076 |
| 3 | C – 3 | 13.81 | 0.050 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la **Figura N° 46**, se presenta de manera gráfica la resistencia a la compresión simple no confinada en cada una de las calicatas, donde de igual manera se puede apreciar que los resultados no presentan diferencias significativas; es importante comprender que debido al comportamiento del suelo estudiado podrá ser sometido al mismo tiempo de tratamiento estabilizante en todos sus tramos.

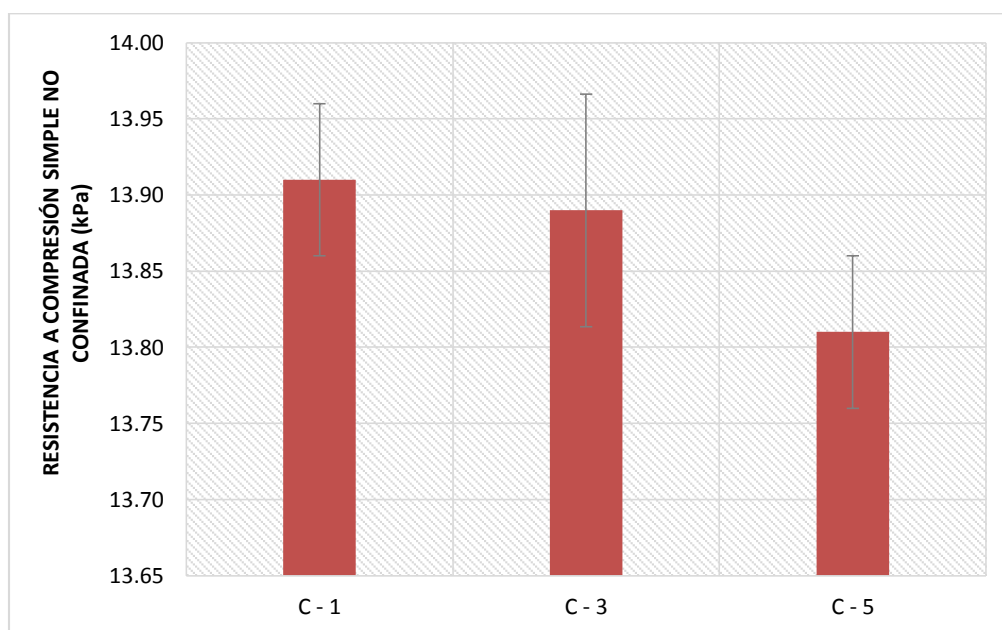


Figura N° 46: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada de la muestra patrón.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

g. Capacidad de soporte relativo CBR

En la **Tabla 43** se muestran los resultados del ensayo realizado a la muestra extraída de las tres (03) calicatas. Este ensayo se realizó al 95% de la máxima densidad seca, con el fin de garantizar las propiedades óptimas buscadas. Los resultados obtenidos nos dan un CBR de 2.65%, 3.05% y 2.98%, para las calicatas 01, 03 y 05 respectivamente, lo cual indica que el suelo de la zona para su uso como subrasante tiene una clasificación de subrasante inadecuada. Estos puntos serán tomados para mejorar la calidad del suelo mediante una estabilización química y los resultados obtenidos en este punto servirán de base para poder medir el aumento del CBR en los suelos con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). A continuación en la **Figura N° 47**, se muestra los resultados del ensayo CBR al 95% para la muestra patrón. Como se puede observar la calicata 01 presenta el mayor CBR, comparado con las otras muestras.

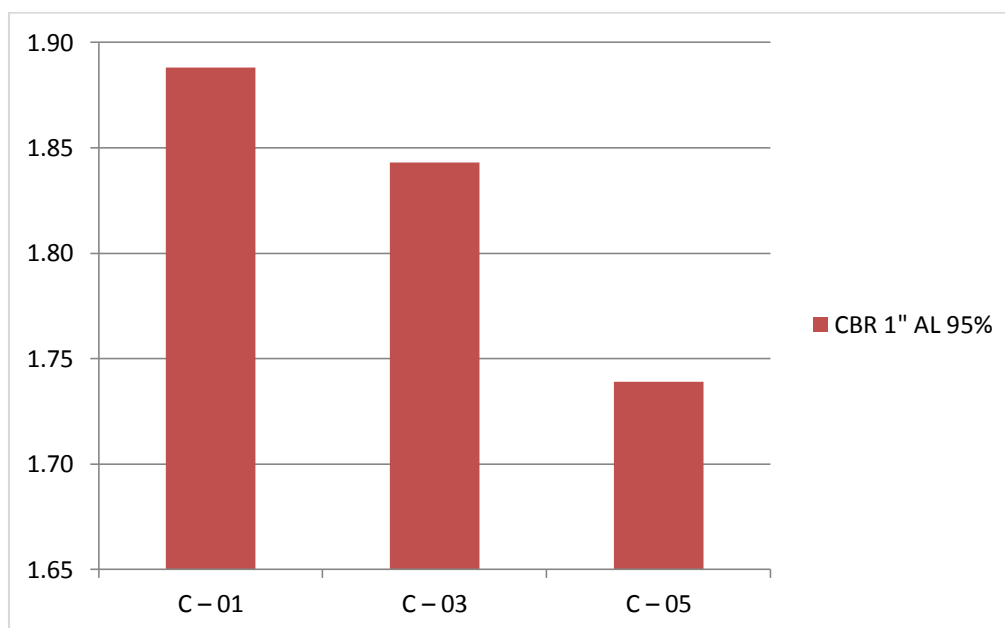


Figura N° 47: Análisis de resultados del ensayo CBR de la muestra patrón.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.1.2. Evaluación de ceniza de bagazo de caña de azúcar

La composición química de la muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) se obtuvo mediante la técnica de “Difracción de rayos X”.

Mediante los resultados de este ensayo, se puede obtener el resultado de la sumatoria de los parámetros proporcionando un resultado de 58.5 %, clasificando la ceniza químicamente dentro de la clase C. (ASTM C – 618)

4.1.3. Adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA): Resultados de Proctor Modificado, Compresión simple no confinada y CBR por porcentajes

Obtenida la clasificación de suelos, mediante la metodología SUCS y AASHTO, se conoce que se cuenta con un suelo clasificado como arcilloso limoso, el cual según el manual del MTC lo califica como una subrasante inadecuada. Partiendo de este contexto se presentan los resultados de los ensayos realizados a la muestra patrón con adición de distintos porcentajes de CBCA. La presente investigación se ha centrado en el estudio de las calicatas 1, 3 y 5, para las cuales se adicionó la ceniza de bagazo de caña de azúcar en diferentes porcentajes: 5%, 10% y 15%, con el fin de indicar cuál es el porcentaje con el que las propiedades del suelo patrón muestren las características requeridas para su uso como subrasante.

a. Proctor Modificado

En la **Tabla 44** se muestran los resultados correspondientes al ensayo de Proctor modificado realizados a la muestra de suelo con la adición de los distintos porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). En la **Figura N° 48** se observa la variación de la densidad seca máxima (g/cm^3) debido a la adición de CBCA en 5%, 10% y 15% al suelo en estudio. Se observa un ligero aumento de 6.07%, 7.38% y 8.00% en la máxima densidad seca de las muestras con adición de 5%, 10% y 15% de CBCA respectivamente, todas con respecto a la muestra patrón. Estos resultados coinciden con lo indicado en la literatura (González Guerra, 2014) en donde se menciona que en suelos estabilizados con ceniza volante, la densidad máxima seca y la humedad óptima de compactación presentan una variación positiva con respecto al suelo sin adición de CBCA, esta es una característica valiosa en la estabilización de

suelos, dado que el efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) será para mejorar la durabilidad y la resistencia del suelo. Esto se debe a que la CBCA ocupa de mejor manera los espacios vacíos generados por el suelo, por tener partículas más pequeñas que las partículas finas del suelo. Para el caso de la mezcla de suelo con adición de 15% de CBCA, se puede notar que tiene mayor incremento de todas las mezclas de suelo de estudio, llegando a obtener una densidad seca máxima en promedio de **2.07** gr/cm³. Para la muestra de suelo con adición de 5% y 10% de CBCA, se presentó que su densidad máxima seca promedio fue de **2.03** gr/cm³ y **2.06** gr/cm³ respectivamente (**Ver figura N° 48**). En líneas generales con la adición de CBCA la máxima densidad seca se incrementa debido a la buena compactación del suelo y al llenado de vacío gracias a la distribución uniforme de partículas de la CBCA, efecto de relleno, el cual se confirma con los resultados de CBR y compresión simple no confinada (Muntohar & Hantoro, 2016).

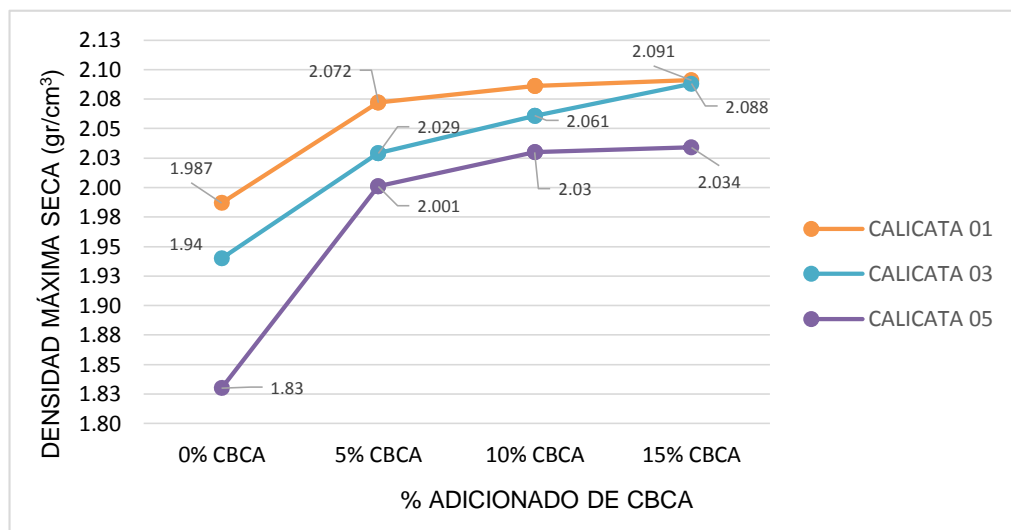


Figura N° 48: Variación de densidad con el % adicionado de CBCA a la mezcla de suelo.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Por otra parte con respecto a las humedades de compactación, la Figura N° 49 muestra la influencia de la adición de CBCA en cada una de las calicatas. Las humedades en las mezclas con CBCA incrementaron como consecuencia de una mayor absorción de agua por sus partículas, observándose el mayor incremento en la mezcla con 15% de adición de CBCA, lo cual puede asociarse

al aumento de la densidad seca máxima al contar con la cantidad de agua requerida para generar las fuerzas capilares entre las partículas que permiten su compactación. En las mezclas con adiciones de 5% y 10% el incremento de humedad se encontró de igual manera dentro del rango de agua que permitió un adecuado proceso de compactación, la viabilidad en los resultados de la humedad óptima es similar a lo reportado por otras investigaciones (Onyeolowe, 2012).

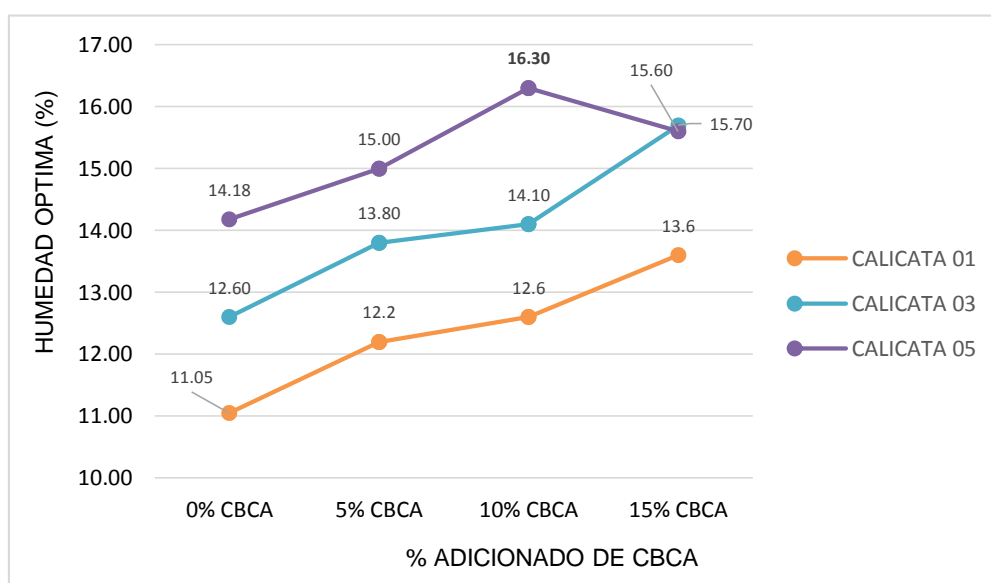


Figura N° 49: Variación de contenido de humedad con el % adicionado de CBCA a la mezcla de suelo.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Finalmente en las **Figuras N° 50, 51 y 52**, se presenta el cambio de la densidad seca con respecto a su contenido de humedad (%W) para cada una de las calicatas, donde se puede apreciar que a mayor porcentaje adicionado de CBCA el contenido de humedad y la densidad seca aumentan.

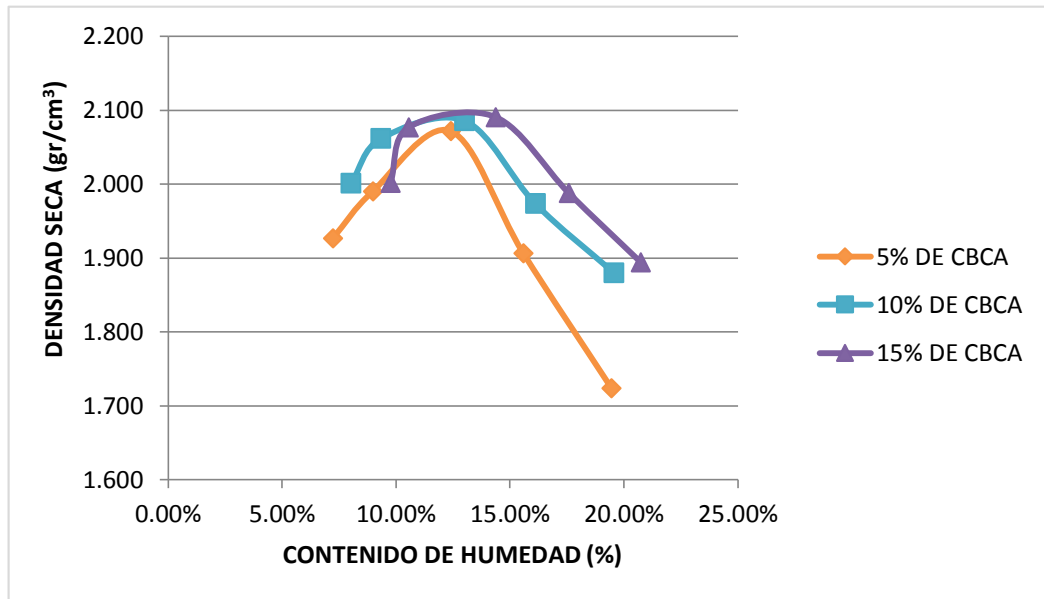


Figura N° 50: Curvas de Ensayo Proctor Modificado – Calicata 01 con la incorporación de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Fuente: Elaboración propia, 2018.

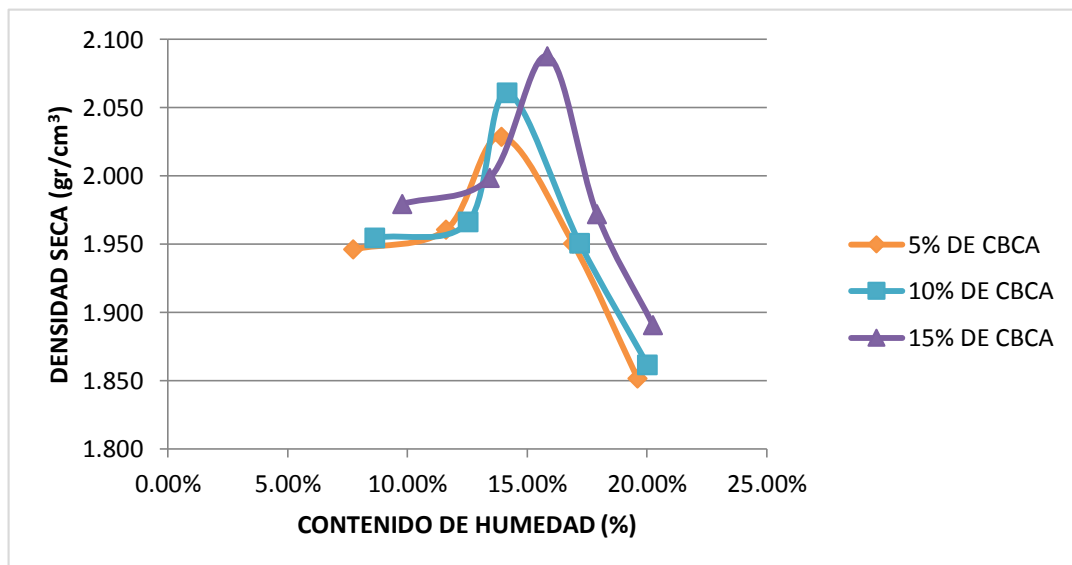


Figura N° 51: Curvas de Ensayo Proctor Modificado – Calicata 03 con la incorporación de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Fuente: Elaboración propia, 2018.

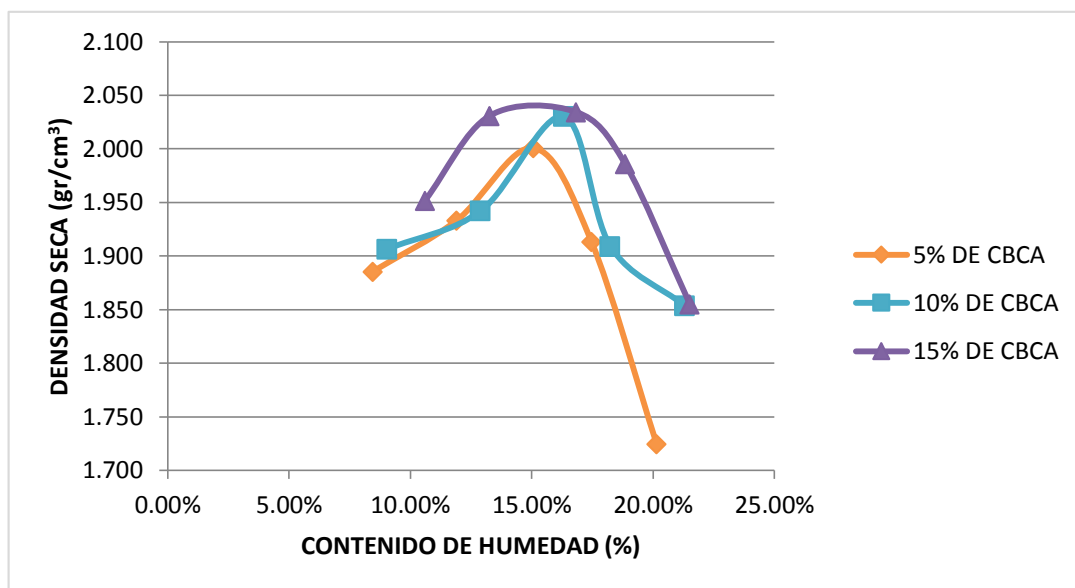


Figura N° 52: Curvas de Ensayo Proctor Modificado – Calicata 05 con la incorporación de 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Fuente: Elaboración propia, 2018.

b. Resistencia a la compresión simple no confinada

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y mostrados en las **Tablas 45, 46 y 47**, la resistencia a la compresión simple no confinada, muestra las diferentes variaciones acordes a la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Los valores descritos en las tablas anteriores se resumen de la siguiente manera:

Tabla 56: Efecto de la CBCA en la resistencia a la compresión simple no confinada

| Resistencia Promedio de Compresión Simple no Confinada Máxima (kPa) | Porcentaje Adicionado | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|--------|
| | 0% | 5% | 10% | 15% |
| | 13.96 | 33.84 | 80.11 | 151.23 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la **Figura N° 53**, se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión simple no confinada del suelo en estudio con adición en tres diferentes porcentajes de CBCA, siendo estos del 5%, 10% y 15% con respecto al peso del suelo. Se observa que el suelo con adición de CBCA presenta un incremento en la resistencia a la compresión simple no confinada conforme se incrementa el porcentaje de CBCA adicionado, presentando resistencias de 33.728 kPa, 79.040 kPa y 150.938 kPa, para adiciones de 5%, 10% y 15% respectivamente, siendo el suelo con la adición de 15% de CBCA el de mayor resistencia a la compresión. Para los suelos estabilizados mediante el uso de materiales puzolánicos, como es el caso de la CBCA, la resistencia a la compresión está en función tanto de la adición de un porcentaje de CBCA como de la energía específica que se entrega al suelo por unidad de volumen, observando que si no hay presencia de un porcentaje de sílice esta no mejoraría, y que a contenidos mayores de CBCA se logran resistencia mayores por la red de productos de hidratación (Fernandez Loaiza, 1982) que forma una estructura. De lo anterior de acuerdo a los resultados de resistencia que ofrece la combinación de suelo + 15% de CBCA, se puede aumentar la resistencia hasta las 10 veces de lo que soporta la muestra patrón, realizando de manera eficiente el proceso de compactación al incorporar la CBCA, además aprovechar un residuo agroindustrial cuyo almacenamiento genera un problema de contaminación.

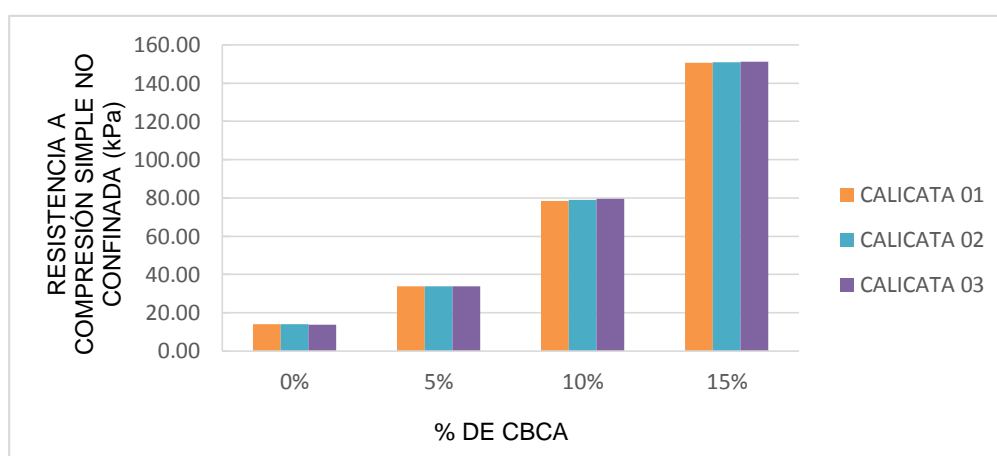


Figura N° 53: Efectos de la adición de CBCA sobre la resistencia a la compresión simple no confinada del suelo en estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En las **Figuras N° 54, 55 y 56** se presentan los resultados del análisis estadístico realizado con los datos obtenidos en el ensayo de compresión simple no confinada realizado a las 36 probetas elaboradas. En ellos se presenta que en las muestras elaboradas a distintos porcentajes de CBCA no existe variación significativa en sus resultados, ya que con adición de 5%, 10% y 15% de CBCA se presenta una desviación estándar promedio de 0.055 kPa, 0.110 kPa y 0.055 kPa respectivamente, por lo que se confirma que se ha trabajado con un suelo que posee las mismas características en toda la vía a mejorar.

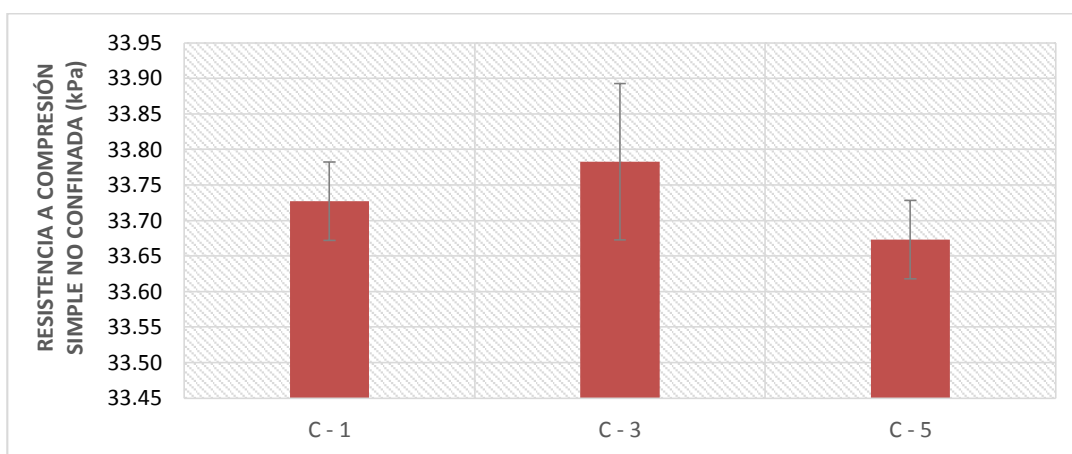


Figura N° 54: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada mezcla de suelo más 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Fuente: Elaboración propia, 2018.

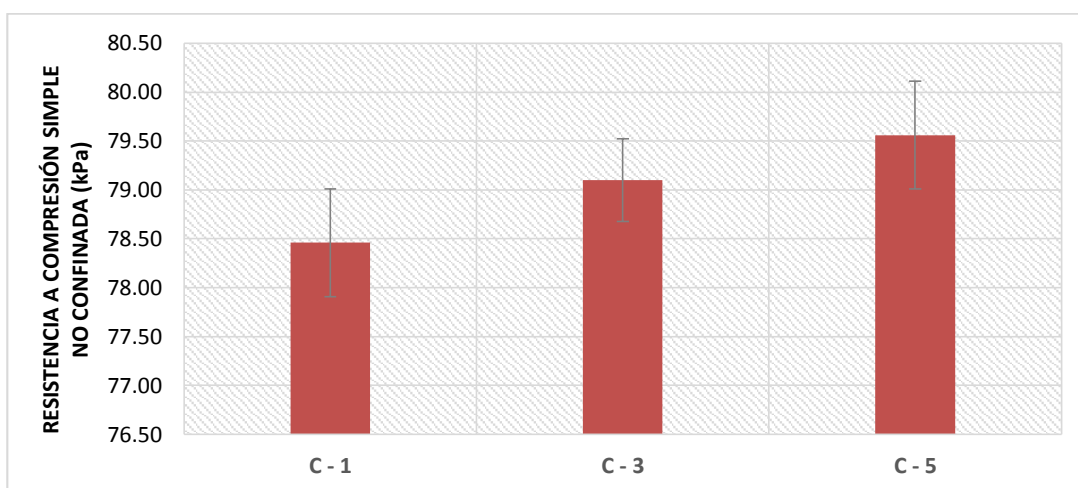


Figura N° 55: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada de la mezcla de suelo más 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Fuente: Elaboración propia, 2018.

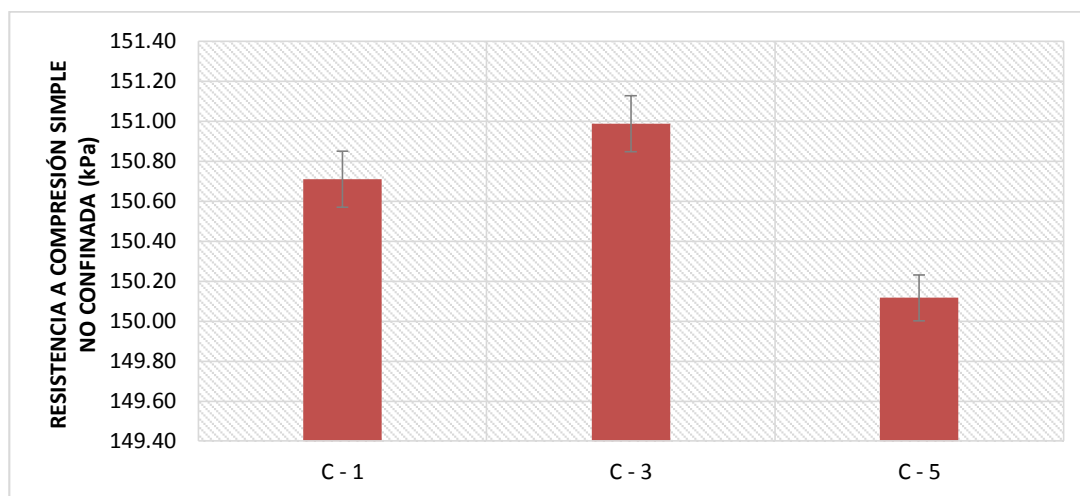


Figura N° 56: Análisis de resultados del ensayo de compresión simple no confinada de la mezcla de suelo más 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Fuente: Elaboración propia, 2018.

c. CBR

La **Figura N° 57** muestra el comportamiento del CBR en las distintas mezclas de suelos ensayados. Se observa que las diferentes mezclas presentan un desempeño similar al presentado en el ensayo de resistencia a compresión simple no confinada, además se tiene que el suelo con adición de CBCA al 15% presentó incrementos significativos en los valores de CBR, incrementando en más de 12 veces con respecto al suelo sin adición, con un valor de CBR promedio de **1.82%** como referencia. El suelo con adición de 15% de CBCA presentó un CBR promedio de **22.27%**. Estos incrementos significativos en el CBR se asocian a la reacción cinética entre los óxidos que conforman la arcilla y el sílice amorfo presente en la CBCA que adopta cambios desde las primeras horas de mezclado como se ha reportado en investigaciones previas (Cordeiro & Kurtis, 2017). Comparando estos resultados con los de otras investigaciones como la de Basha, E. A., donde se evaluó la estabilización de un suelo con ceniza de cáscara de arroz (CCA), se encontró que el máximo aumento en el CBR fue con la adición de 4% de cemento portland y 5% de CCA, y se demostró con los estudios de DRX un

cambio en la estructura del suelo debido a la reacción puzolánica (Basha, Hashim, Mahmud, & Muntohar, 2005).

Todos los valores de CBR de los suelos con adición de CBCA, cumplen perfectamente con los criterios para que el material pueda ser utilizado como material de subrasante en la construcción de carreteras de acuerdo a lo estipulado en el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC, el mismo que indica un valor mínimo de CBR > 10% a CBR < 20% para ser considerada una subrasante buena; ya que los resultados obtenidos con 15% de adición de CBCA superan el 20% se puede indicar que se estaría mejorando de una subrasante inadecuada a una subrasante muy buena, lo que significa un ahorro sustancial y aporte ecológico en la construcción y mejoramiento de carreteras (Rico Rodriguez, Orozco y Orozco, Telles Gutierrez, & Perez Garcia, 1990).

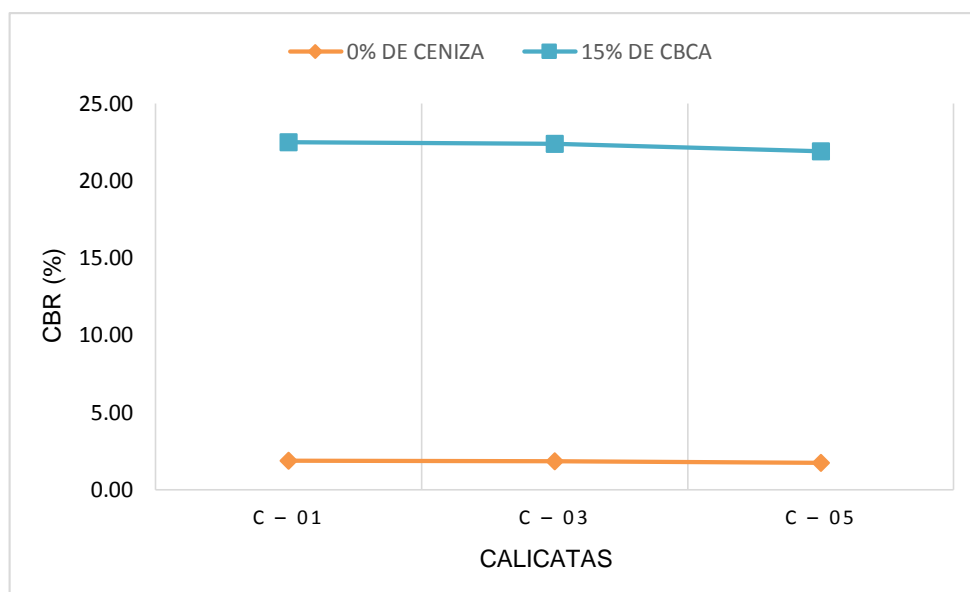


Figura N° 57: Comparación del CBR de suelo patrón con el CBR de mezcla suelo más 15% de ceniza de CBCA.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.1.4. Análisis Físico Químico

En las **Tablas 50 y 51** se presenta la composición química de la muestra de suelo patrón y la muestra de suelo con adición de 15% de CBCA

respectivamente, mediante el ensayo EDS (Espectroscopia de Dispersión de Energía de Rayos X) (**Anexo N° 08**). En ellos se aprecia que el óxido de silicio es el que aumenta de manera significativa con respecto del resto de óxidos, ya que de poseer un 40.54% pasa a un 62.45%; esto se debe a que la ceniza de CBCA clasificada según la norma ASTM C – 618 se encuentra dentro de la clase C y éstas presentan propiedades puzolánicas y cementicias. Por otra parte en las **Figuras N° 58** y **59**, se observa que la ceniza está compuesta principalmente por óxido de potasio, óxido de hierro, óxido de silicio y aluminio, encontrándose estos como materiales cristalinos. Difractogramas similares han sido obtenidos por diversos autores, coincidiendo en señalar la región anteriormente descrita (Pérez Collantes, 2012).

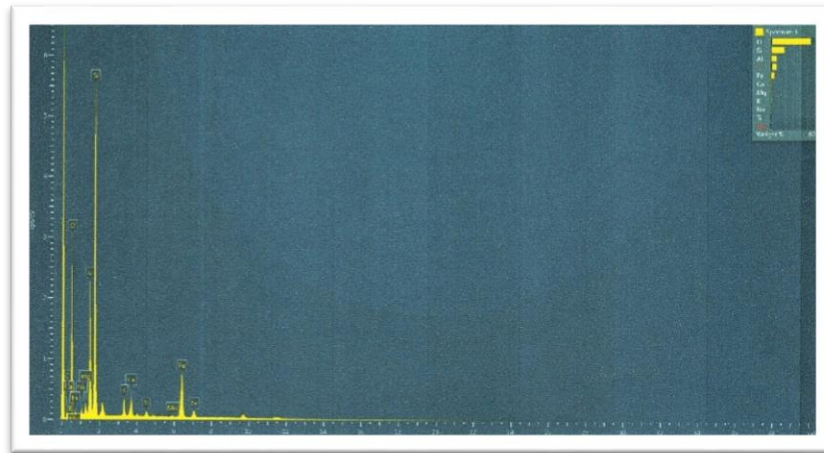


Figura N° 58: Resultados de EDS realizado a muestra de suelo inalterada en estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

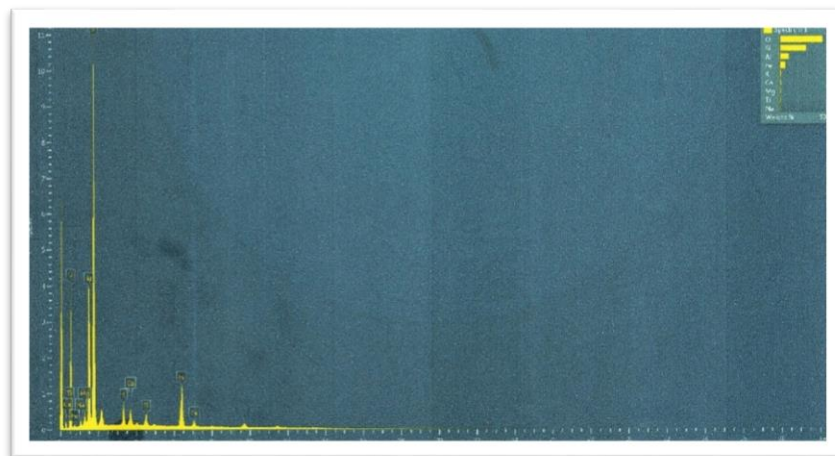


Figura N° 59: Resultados de EDS realizado a muestra de suelo con adición de 15% de CBCA.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.1.5. Validación de hipótesis mediante análisis estadístico

Se realizó la validación de hipótesis mediante un contraste entre la adición de los tres porcentajes (5%, 10% y 15%) de ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades mecánicas del suelo estabilizado (resistencia a la compresión simple no confinada y CBR), la primera a través de la prueba de Tukey y la segunda a través de la prueba de T Student. Para ello, se debe cumplir con dos criterios:

- **Criterio de normalidad:** La variable cuantitativa debe distribuirse según la Ley Normal en cada uno de los grupos que se comparan.
- **Criterio de homocedasticidad:** Las varianzas de la distribución de la variable cuantitativa en las poblaciones de las que provienen los grupos que se comparan deben ser homogéneas.

a. **Variable respuesta:** Resistencia a la compresión simple no confinada

➤ Prueba de normalidad

Para corroborar que la variable se distribuyó normalmente se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. Se introdujeron los datos al software estadístico IBM SPSS, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 57: Prueba de normalidad

| | % Adicionado de CBCA | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|----------------------|--------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig |
| Resistencia a la compresión simple no confinada | 5 | ,180 | 9 | . | ,962 | 9 | ,815 |
| | 10 | ,185 | 9 | . | ,971 | 9 | ,902 |
| | 15 | ,190 | 9 | . | ,980 | 9 | ,998 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hipótesis nula (H_0) = La variable sigue una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1) = La variable no sigue una distribución normal.

Se observa la significación estadística de estos contrastes, asumiendo así la normalidad de la distribución si en los cuatro grupos el nivel de “p” es no significativo ($p > 0,05$). Por lo tanto se acepta la hipótesis nula, asumiendo la normalidad de la variable cuantitativa “Resistencia a la compresión simple no confinada” en los grupos.

A continuación, se grafica la distribución normal para la variable “Resistencia a la compresión simple no confinada” para cada porcentaje de CBCA (0%, 5%, 10% y 15%).

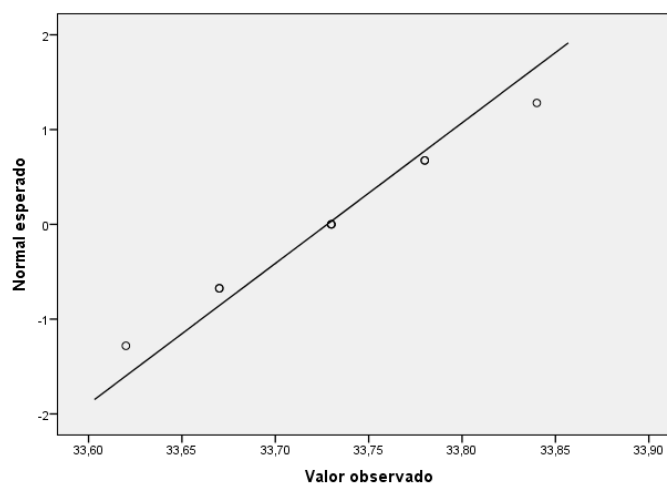


Figura N° 60: Gráfico Q-Q normal de la resistencia a la compresión simple no confinada con 5%.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

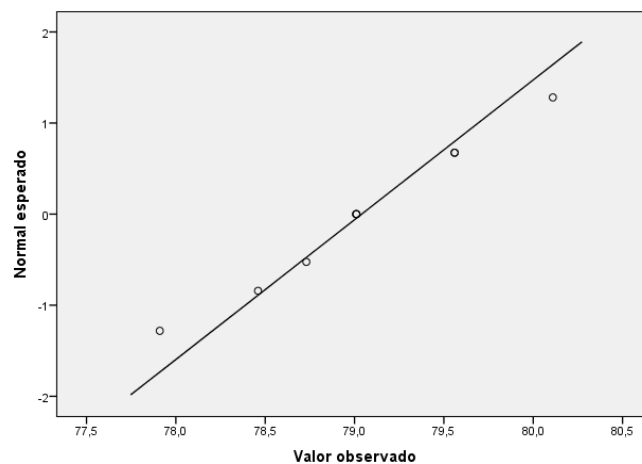


Figura N° 61: Gráfico Q-Q normal de la resistencia a la compresión simple no confinada con 10%.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

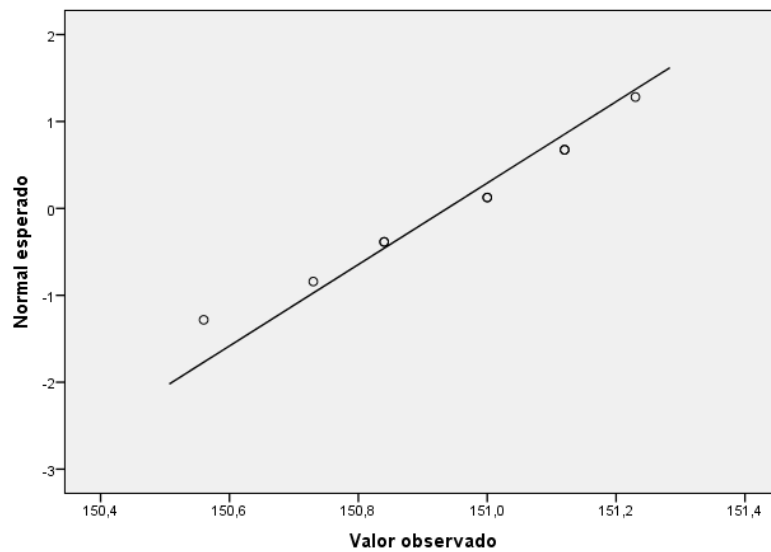


Figura N° 62: Gráfico Q-Q normal de la resistencia a la compresión simple no confinada con 15%.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

➤ Prueba de homocedasticidad

Para la prueba de homocedasticidad (igualdad de varianzas) se usó la prueba de Levene mediante el programa IBM SPSS, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 58: Prueba de homogeneidad de varianza de la variable resistencia a la compresión simple no confinada

Resistencia a la Compresión Simple no Confinada

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 6.564 | 2 | 24 | ,060 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hipótesis nula (H_0) = La variable tiene igualdad de varianzas poblacionales.

Hipótesis alternativa (H_1) = La variable no tiene igualdad de varianzas poblacionales.

El programa portó una significación estadística, o valor “p” asociado a la hipótesis nula. Cuando ese valor “p” es no significativo ($p > 0.05$) se puede confirmar la homogeneidad de varianzas. En este caso el valor para “p” fue de 0.060, por lo tanto se aceptó la hipótesis nula.

➤ ANOVA

Se realiza el análisis de varianzas (ANOVA), el cual permite contrastar la hipótesis nula (H_0) de que “No existen diferencias significativas entre los grupos”.

Tabla 59: Prueba de ANOVA para la variable resistencia a la compresión simple no confinada

Resistencia a la Compresión simple no confinada

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------------------|-------------------|----|------------------|------------|------|
| Entre grupos | 62882,016 | 2 | 31441,008 | 198642,163 | ,000 |
| Dentro de grupos | 3,799 | 24 | ,158 | | |
| Total | 62885,815 | 26 | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hipótesis nula (H_0) = La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) no influye en la resistencia a la compresión simple no confinada de suelos arcillosos (%0 = %5 = %10 = %15).

Hipótesis alternativa (H_1) = La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) sí influye en la resistencia a la compresión simple no confinada de suelos arcillosos (Al menos dos medias son distintas).

De los resultados obtenidos en la **Tabla 59**, se encontró una significancia de 0.000 que es menor a 0.05, lo cual indica que existe diferencia significativa en los valores promedios de compresión simple no confinada entre los diferentes porcentajes adicionados, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

➤ **Post Hoc**

Cumpliendo los criterios de normalidad y homocedasticidad, se realizó la prueba estadística de Tukey, a través del programa IBM SPSS.

Tabla 60: Comparación múltiple para la variable resistencia a la compresión simple no confinada

| (I) DOSIFICACIÓN | (J) DOSIFICACIÓN | Diferencia de medias (I-J) | Error Típico | Sig. |
|---------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------|-------------|
| 5,00 % | 10,00 % | -45,31222 | 1,8755 | ,000 |
| | 15,00 % | -117,21000 | 1,8755 | ,000 |
| 10,00% | 5,00 % | 45,31222 | 1,8755 | ,000 |
| | 15,00 % | -71,89778 | 1,8755 | ,000 |
| 15,00% | 5,00 % | 117,21000 | 1,8755 | ,000 |
| | 10,00 % | 71,89778 | 1,8755 | ,000 |

*-La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se concluyó que existe diferencia entre los niveles de dosificación, se procederá a encontrar el nivel que represente mayor resistencia a la compresión simple no confinada a través del análisis de comparación de Tukey.

Se realizó el análisis de comparaciones múltiples de Tukey entre los distintos porcentajes adicionados para determinar el mejor nivel que sobresale del resto de niveles. En el porcentaje de 15,00% se encontró las diferencias más significativas con cada uno de los demás porcentajes, pues se observa una significancia de 0.000 (comparación de 5,00%) y de 0.000 (comparación de 10,00%), que por ser menor a 0.05 en todos los casos, se concluye que el mejor porcentaje adicionado y que se diferencia del resto en

el valor promedio de la resistencia a la compresión simple no confinada es el porcentaje de 15%.

b. Variable respuesta: CBR

➤ **Prueba de normalidad**

Para corroborar que la variable se distribuyó normalmente se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. Se introdujeron los datos al software estadístico IBM SPSS, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 61: *Prueba de normalidad*

| | % Adicionado de CBCA | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|----------------------|--------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| CBR | 0 | ,268 | 3 | . | ,950 | 3 | ,571 |
| | 15 | ,328 | 3 | . | ,871 | 3 | ,298 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hipótesis nula (H_0) = La variable sigue una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1) = La variable no tiene una distribución normal.

Se observa la significación estadística de estos contrastes, asumiendo así la normalidad de la distribución si en los cuatro grupos el nivel de “p” es no significativo ($p > 0,05$). Por lo tanto se acepta la hipótesis nula, asumiendo la normalidad de la variable cuantitativa “CBR” en los grupos.

A continuación, se grafica la distribución normal para la variable “CBR” para cada porcentaje de CBCA (0% y 15%).

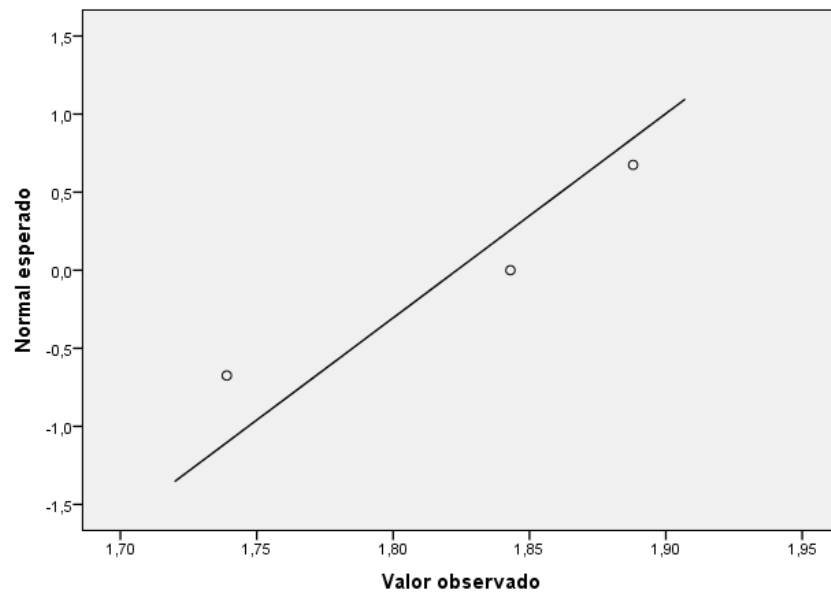


Figura N° 63: Gráfico Q-Q normal de CBR con 0%.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

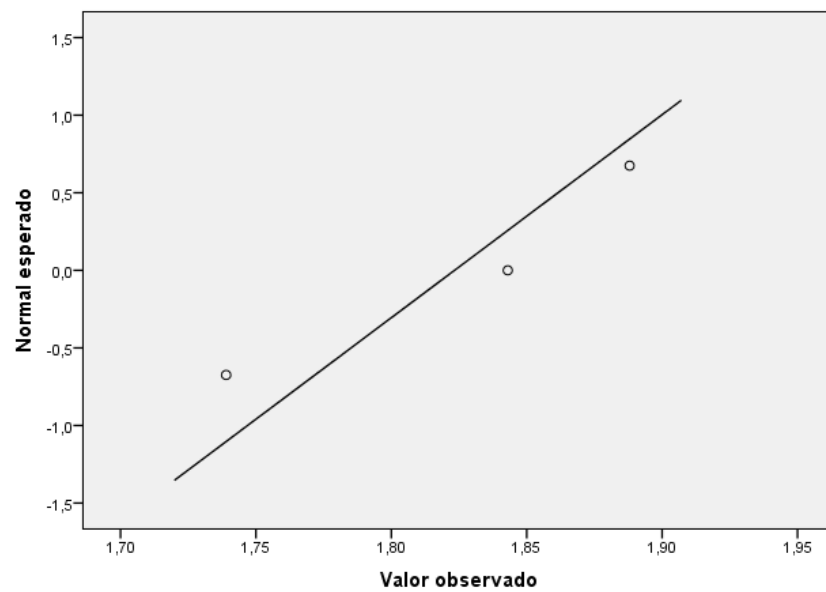


Figura N° 64: Gráfico Q-Q normal de CBR con 15%.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

➤ Prueba T Student

Cumpliendo los criterios de normalidad y homocedasticidad, se realizó la prueba estadística de T Student, a través del programa IBM SPSS.

Tabla 62: *Estadísticas de grupo*

| | Porcentaje | N | Media | Desviación Estándar | Media de error estándar |
|------------|------------|---|---------|---------------------|-------------------------|
| CBR | 0,00 | 3 | 1,8233 | ,07642 | ,04412 |
| | 15,00 | 3 | 22,2667 | ,32146 | ,18559 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hipótesis nula (H_0) = La variable tiene igualdad de varianzas poblacionales.

Hipótesis alternativa (H_1) = La variable no tiene igualdad de varianzas poblacionales.

El programa portó una significación estadística, o valor “p” asociado a la hipótesis nula. Cuando ese valor “p” es no significativo ($p > 0.05$) se puede confirmar la homogeneidad de varianzas. En este caso el valor para “p” fue de 0.550, por lo tanto se aceptó la hipótesis nula.

Tabla 63: *Prueba de muestras independientes*

| | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) |
|------------|-------|------|----------|-------|------------------|
| CBR | 7,180 | ,550 | -107,165 | 4 | ,000 |
| | | | -107,165 | 2,225 | ,000 |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hipótesis nula (H_0) = La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) no tiene una influencia significativa en la estabilidad de suelos arcillosos (%15).

Hipótesis alternativa (H_1) = La adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) sí tiene una influencia significativa en la estabilización de suelos arcillosos.

El programa portó una significación estadística, o valor “p” asociado a la hipótesis nula. Cuando ese valor “p” es no significativo ($p > 0.05$), como en este caso en el que el valor de “p” fue de 0.000 se puede rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa; determinando así que la adición de CBCA tuvo una influencia significativa en la estabilización de suelos arcillosos.

Luego de realizar el análisis de datos, se puede comprobar la hipótesis, es decir, la aplicación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en un porcentaje óptimo influye positivamente en la estabilización de suelos arcillosos para uso como subrasante mejorada de pavimentos.

4.2. Conclusiones

4.2.1. Luego de elaborados los ensayos en laboratorio a las muestras de suelo extraídas de la vía de acceso, se determinó que el suelo evaluado es una arcilla de baja plasticidad (CL) y limo de baja plasticidad (ML) acorde a la clasificación SUCS, mientras que en la clasificación AASHTO, se encontró la predominación de suelos de tipo A-4, A-6 y A-7-6, haciendo uso de los resultados correspondiente a los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad; los cuales permiten obtener el índice de grupo. De esta manera, se determinó que el suelo presente a lo largo de la carretera posee una plasticidad media. Por otra parte, de los ensayos de contenido de humedad, los rangos de humedad oscilan entre 15.48 y 33.67, obteniendo una humedad promedio de 25.47 a partir de las 5 calicatas y 4 posteos realizados.

- 4.2.2.** De los ensayos de compresión simple no confinada, se determinó que la muestra patrón cuenta con una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 13.76 kPa. y 13.96 kPa., mientras que con una adición de 5% de CBCA presenta una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 33.62 kPa. y 33.84 kPa., con una adición de 10% de CBCA presenta una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 77.91 kPa. y 80.11 kPa.
- 4.2.3.** De los ensayos y con una adición de 15% de CBCA presenta una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 150.56 kPa. y 151.23 kPa., determinando así que el porcentaje óptimo es el 15% de CBCA para lograr estabilizar el suelo a nivel de subrasante.
- 4.2.4.** Después de realizar los ensayos necesario para evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), se concluye que la CBCA mejora las propiedades mecánicas del suelo con la adición de los tres porcentajes propuestos, sin embargo con la adición del 15% de CBCA se notan mejores resultados en la capacidad de soporte. Esto se vio reflejado en los tres puntos evaluados de la carretera, donde inicialmente el suelo era inadecuado, a los cuales se les adiciono el 15% de CBCA, de tal manera que el CBR del Km 0+011 aumentó de 1.888% a 22.5%, del Km 1+524 aumentó de 1.843% a 22.4% y del Km 3+529 aumentó de 1.739% a 21.9%, lo cual indica que la CBCA aumentó el CBR del suelo en más de 10 veces.

4.2.5. Los resultados obtenidos durante esta investigación mostraron que el suelo estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azúcar trae cambios favorables que hacen posible usar el material a nivel de subrasante, como se pudo ver se mejoró de una subrasante con CBR promedio de 1.823% (subrasante muy mala), a obtener un CBR promedio de 22.267% (subrasante muy buena).

4.2.6. El uso de la CBCA para la estabilización y mejoramiento de suelos blandos de subrasante resulta una alternativa económica, sustentable y de impacto positivo para el medio ambiente, de la cual se puede obtener resultados que muestran un beneficio en las condiciones físicas y mecánicas del suelo.

4.3. Recomendaciones

- 4.3.1.** Para futuras investigaciones se recomienda continuar con otros estudios donde se utilicen porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar en proporciones mayores al 15%, ya que este material parece actuar como un buen estabilizador de suelos, por lo que se recomendaría hacer un estudio con mayor cantidad de pruebas de laboratorio para hacer la verificación del caso.
- 4.3.2.** Se recomienda a las empresas constructoras de vías o carreteras que implementen el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante, debido a que el aditivo mencionado anteriormente es una alternativa económica y sustentable.
- 4.3.3.** Se sugiere la evaluación de otros tipos de ceniza, para ser utilizadas como estabilizante y mejorar las propiedades de suelos para distintos fines, ya que la mayoría de ellas son desechadas produciendo contaminación en el medio ambiente.
- 4.3.4.** Se recomienda realizar otros tipos de ensayos para evaluar la mejora que produce la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), como por ejemplo el ensayo de módulo resiliente de suelos, para la determinación de las propiedades elásticas del material para mejorar la eficiencia en los diseños de pavimentos a partir del módulo del material bajo cierto estado de esfuerzos.
- 4.3.5.** Se sugiere realizar investigaciones con cenizas de bagazo de caña de azúcar con diferentes condiciones de quemado, como por ejemplo la quema no controlada en pampa o la quema controlada a diferentes temperaturas.

REFERENCIAS

- Allauca, L., Amen, H., Lung, J. (2009). *Uso de sílice en hormigones de alto desempeño*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Arroyo R. (2017, 06 de junio). ¿Cuánta azúcar se produce en el norte y se importa al Perú?. RPP. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/lambayeque/cuanta-azucar-se-produce-en-el-norte-y-se-importa-al-peru-noticia-1055855>.
- ASTM D4767-11. (2011). ASTM International. Recuperado el 27 de 12 de 2016, de Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D4767-11>
- Bañón, L., Beviá, J. (2005). *Manual de Carreteras. Volumen I: Elementos y proyecto*. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. España.
- Basha, E. A., Hashim, R., Mahmud, H. B., Muntohar, A. S. (2005). Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. *Construction and building materials*, 19 (6) pp: 448-453.
- Behak, L., Perez Nuñez, W. (2008). Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cascara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación. *Revista Ingeniería de Construcción*, 23 (1), pp: 34-41.
- Braja M., Das. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learning Latin.
- Buitrón, S., Enríquez, A. (2018). *Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

- Caamaño, I. (2016). *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente*. (Tesis para obtener el título de Especialista en Pavimentos). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Cámara Peruana de la Construcción (2018). Informe Económico de la Construcción – Marzo 2018.
(Editora Perú, 2018)
- Chacón, V. (20 de 05 de 2011). Ceniza de Bagazo de Caña. Recuperado el 15 de 08 de 2017, de PCR Pacific Credit Rating:
<http://www.ratingspcr.com/boletin/main.php?K=3931&id=122>
- Cordeiro, G. C., Kurtis, K. E. (2017). Efecto del procesado mecánico sobre la catezoicidad de las cenizas de bagazo de caña de azúcar. Investigación de cemento y hormigón, Volumen 97, pp: 41-49.
- Cordeiro, G. C., Toledo Filho, R. D., Tavares, L. M., Fairbairn, E. M. (2008). Actividad puzolánica y efecto de relleno de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el cemento portland y morteros de cal. Compuestos de cemento y concreto, Volumen 30, pp: 410-418.
- Cristelo, N., Glendinning, S., Miranda, T., Oliveira, D. (2012). Estabilización del suelo mediante la activación alcalina de la construcción de tierra apisonada auto compactante de las cenizas volantes. Materiales de construcción y construcción. Volumen 36, pp: 727-735.
- Editora Perú (2018). Producción nacional creció 4.29% en el primer semestre del 2018. Recuperado de: <https://andina.pe/agencia/noticia-produccion-nacional-crecio-429-primer-semester-2018-721026.aspx>.
- Fernández Loaiza, C. F. (1982). *Mejoramiento y estabilización de suelos*. D.F: LIMUSA.

- Flores L. & Alcalá J. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. Recuperado de: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/lfs/manualLFS.pdf>.
- Gobierno Regional de La Libertad (2017). La Libertad tiene el 22% de sus carreteras pavimentadas. Tu Región Informa.
- González Guerra, A. (2014). *Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de cal – ceniza volante*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Hernández, U. (2011). Comportamiento Mecánico y Físico del mortero a base del CBCA como árido en aplanado de muros". Veracruz.
- INDECOPI, C. d. (2014). Suelos. Método de ensayo de la determinación del contenido de humedad. Obtenido de Norma Técnica Peruana 339.127.
- INDECOPI, C. d. (2014). Suelos. Método de ensayo de análisis granulométrico por tamizado. Obtenido de Norma Técnica Peruana 339.128.
- INDECOPI, C. d. (1999). Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). Obtenido de Norma Técnica Peruana 339.134.
- INDECOPI, C. d. (2014). Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kNm/m^3 ($56000 \text{ pie-lbf/pe}^3$)). Obtenido de Norma Técnica Peruana 339.141.
- INDECOPI, C. d. (2014). Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. Obtenido de Norma Técnica Peruana 339.145.

- INDECOPI, C. d. (2015). Suelos. Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos. Obtenido de Norma Técnica Peruana 339.167.
- Juárez Badillo, E. (2007). Mecánica de Suelos. Tomo 1. Fundamentos de la mecánica de suelos. Limusa. México.
- Llamoga, L. (2017). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Marconi, J. (2011). El Suelo. El Cid Editor. Santa Fe. Argentina.
- Ma-Tay, D. (2014). Valoración de cenizas de bagazo procedentes de Honduras: Posibilidades de uso en matrices de Cemento Pórtland. Valencia.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción de Carreteras-EG-2013. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (2014). Manual de carreteras: Diseño Geométrico – DG-2014. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos. Lima, Perú.

- Morales, D. (2015). *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.
- Molina, M. (2012). Mal estado en vías impide el desarrollo. Diario El Tiempo.com. Colombia
- Muntohar, A. S., & Hantoro, G. (2016). Influencia de la ceniza de cáscara de arroz y cal en las propiedades de ingeniería de una subrasante arcillosa. PP 1-13.
- Nardi, J.V. (1975). *Estabilização de Areia com Cinza Volante e Cal; Efeito do Cimento como Aditivo e de Brita na Mistura*. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Norabuena, F. (2017). *Resistencia de un suelo arcilloso sustituido al 6% por ceniza de bagazo de caña de azúcar en Huanroc – Macate*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Ojeda F., Mendoza R. & Baltazar Z. (2018). *Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante*. Alconpat. PP. 194 – 208.
- Onyelowe, K. C. (2012). Uso de cemento para estabilización del suelo laterítico de Akwete y el uso de cenizas de bagazo como aditivo. Investigaciones de ciencia e ingeniería. PP. 16-20.
- Pérez, R. (2012). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Geotécnico). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Ramos, M., Illidge, D. (2017). *Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento*.

- (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Rico-Rodriguez, A., Del Castillo, H. (2006). La ingeniería de suelos en las vías terrestres carreteras, ferrocarriles y aeropistas (Vol. 1). Ciudad de México: Limusa.
 - Rohde, G.M.; Zwonok, O., Chies, F.; Silva, N.I.W. (2006). *Cinzas de Carvão fóssil no Brasil –Aspectos Técnicos e ambientais*. Vol 1 Porto Alegre. CIENTEC, Brasil.
 - Rodríguez Ojeda, Luis (2007). *Probabilidad y estadística básica para ingenieros*. Instituto de ciencias matemáticas. Escuela superior politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
 - Salazar, A. (2011). Síntesis de la tecnología del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos. 3° edición.
 - Sargent, P., Hughes, P. N., Rouainia, M., Glendinning, S. (2012). Estabilización del suelo mediante el uso de ligantes industriales derivados sustentables y activación de álcalis. GeoCongress, PP. 948-957.
 - Sing, N. B., Singh, V. D., Rai, S. (2000). Hidratación del cemento portland mezclado con cenizas de bagazo. Investigación de cemento y hormigón, PP. 1485-1488.
 - UNICON – Cementos Lima S.A.A. (2011) Duravía. Concretando caminos. Recuperado de: <http://www.duravia.com.pe/hello-world/>.
 - Vargas E. (2017). El 89.9% de las carreteras no están pavimentadas a nivel departamental. Diario Perú 21. Lima - Perú
 - Vega, A.C. (2006). *Actividad Puzolánica de la ceniza de cascarilla de arroz*. (Pasantía Internacional). Universidad de Cuenca, La Habana, Cuba.
 - Vidal, D. (2014). Ceniza de bagazo de caña para la elaboración de materiales de construcción: Estudio Preliminar. Revista de Física, 19-21.

- Walpole, R.; Myers, H.; Myers, L.; Ye, K. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Pearson Educación. México.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Resultados de la caracterización de suelos.

ANEXO N° 1.1. Contenido de Humedad

Tabla 64: Contenido de humedad calicata 01 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 24-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 01 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.90 m | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.24 | 27.28 | 27.48 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 146.06 | 154.37 | 141.89 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 129.66 | 137.98 | 126.42 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 16.40 | 16.39 | 15.47 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 102.42 | 110.70 | 98.94 |
| % DE HUMEDAD | 16.01 | 14.81 | 15.64 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 15.48 | | |

Tabla 65: Contenido de humedad calicata 01 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 24-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 01 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.82 | 27.30 | 26.94 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 146.06 | 159.51 | 177.15 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 120.73 | 130.93 | 147.01 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 25.33 | 28.58 | 30.14 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 92.91 | 103.63 | 120.07 |
| % DE HUMEDAD | 27.26 | 27.58 | 25.10 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 26.65 | | |

Tabla 66: Contenido de humedad calicata 02 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 02 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.00 m | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.26 | 27.11 | 27.30 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 124.53 | 109.22 | 107.69 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 105.02 | 93.61 | 92.15 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 19.51 | 15.61 | 15.54 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 77.76 | 66.50 | 64.85 |
| % DE HUMEDAD | 25.09 | 23.47 | 23.96 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 24.18 | | |

Tabla 67: Contenido de humedad calicata 02 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 02 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.77 | 27.27 | 28.86 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 99.69 | 101.14 | 115.55 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 86.09 | 87.27 | 98.33 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 13.60 | 13.87 | 17.22 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 58.32 | 60.00 | 69.47 |
| % DE HUMEDAD | 23.32 | 23.12 | 24.79 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 23.74 | | |

Tabla 68: Contenido de humedad calicata 03 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 03 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.90 m | | |
| MUESTRA | T - 07 | T - 08 | T - 09 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.30 | 27.19 | 27.15 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 100.49 | 99.82 | 118.64 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 84.53 | 83.80 | 98.50 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 15.96 | 16.02 | 20.14 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 57.23 | 56.61 | 71.35 |
| % DE HUMEDAD | 27.89 | 28.30 | 28.23 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | | 28.14 | |

Tabla 69: Contenido de humedad calicata 03 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 02 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 10 | T - 11 | T - 12 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.51 | 27.44 | 27.20 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 104.87 | 103.75 | 102.53 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 87.95 | 86.80 | 86.04 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 16.92 | 16.95 | 16.49 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 60.44 | 59.36 | 58.84 |
| % DE HUMEDAD | 27.99 | 28.55 | 28.03 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | | 28.19 | |

Tabla 70: Contenido de humedad calicata 04 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 04 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.75 m | | |
| MUESTRA | T - 13 | T - 14 | T - 15 |
| PESO DE LATA (g.) | 26.78 | 22.04 | 22.56 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 104.73 | 83.21 | 87.05 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 91.01 | 76.38 | 73.13 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 13.72 | 6.83 | 13.92 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 64.23 | 54.34 | 50.57 |
| % DE HUMEDAD | 21.36 | 12.57 | 27.53 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | | 20.49 | |

Tabla 71: Contenido de humedad calicata 04 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 04 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 16 | T - 17 | T - 18 |
| PESO DE LATA (g.) | 21.27 | 22.22 | 21.32 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 104.17 | 123.33 | 119.50 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 84.54 | 96.68 | 94.48 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 19.63 | 26.65 | 25.02 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 63.27 | 74.46 | 73.16 |
| % DE HUMEDAD | 31.03 | 35.79 | 34.20 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | | 33.67 | |

Tabla 72: Contenido de humedad calicata 05 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 05 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.60 m | | |
| MUESTRA | T - 19 | T - 20 | T - 21 |
| PESO DE LATA (g.) | 34.22 | 13.30 | 18.36 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 72.88 | 64.37 | 97.97 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 64.43 | 53.22 | 79.91 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 8.45 | 11.15 | 18.06 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 30.21 | 39.92 | 61.55 |
| % DE HUMEDAD | 27.97 | 27.93 | 29.34 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 28.41 | | |

Tabla 73: Contenido de humedad calicata 05 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 05 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 22 | T - 23 | T - 24 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.30 | 28.52 | 27.24 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 102.94 | 140.10 | 118.85 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 86.27 | 113.88 | 98.00 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 16.67 | 26.22 | 20.85 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 58.97 | 85.36 | 70.76 |
| % DE HUMEDAD | 28.27 | 30.72 | 29.47 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 29.48 | | |

Tabla 74: Contenido de humedad posteo 01 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 01 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.75 m | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.33 | 27.19 | 27.29 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 94.78 | 86.15 | 79.95 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 82.96 | 76.36 | 71.67 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 11.82 | 9.79 | 8.28 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 55.63 | 49.17 | 44.38 |
| % DE HUMEDAD | 21.25 | 19.91 | 18.66 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 19.94 | | |

Tabla 75: Contenido de humedad posteo 01 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 01 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.79 | 27.29 | 26.97 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 119.92 | 86.25 | 82.38 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 99.77 | 73.64 | 70.59 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 20.15 | 12.61 | 11.79 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 71.98 | 46.35 | 43.62 |
| % DE HUMEDAD | 27.99 | 27.21 | 27.03 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 27.41 | | |

Tabla 76: Contenido de humedad posteo 02 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 02 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.90 m | | |
| MUESTRA | T - 07 | T - 08 | T - 09 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.05 | 26.94 | 26.98 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 76.78 | 79.56 | 74.13 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 70.51 | 73.00 | 68.26 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 6.27 | 6.56 | 5.87 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 43.46 | 46.06 | 41.28 |
| % DE HUMEDAD | 14.43 | 14.24 | 14.22 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 14.30 | | |

Tabla 77: Contenido de humedad posteo 02 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 02 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 10 | T - 11 | T - 12 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.49 | 27.41 | 27.20 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 91.12 | 78.20 | 75.30 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 82.48 | 71.15 | 68.70 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 8.64 | 7.05 | 6.60 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 54.99 | 43.74 | 41.50 |
| % DE HUMEDAD | 15.71 | 16.12 | 15.90 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 15.91 | | |

Tabla 78: Contenido de humedad posteo 03 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 03 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.75 m | | |
| MUESTRA | T - 13 | T - 14 | T - 15 |
| PESO DE LATA (g.) | 26.75 | 22.03 | 22.56 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 83.42 | 66.48 | 68.68 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 76.58 | 60.63 | 62.78 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 6.84 | 5.85 | 5.90 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 49.83 | 38.60 | 40.22 |
| % DE HUMEDAD | 13.73 | 15.16 | 14.67 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | | 14.52 | |

Tabla 79: Contenido de humedad posteo 03 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 03 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 16 | T - 17 | T - 18 |
| PESO DE LATA (g.) | 21.25 | 22.21 | 21.32 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 86.01 | 106.07 | 110.63 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 74.66 | 91.74 | 96.14 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 11.35 | 14.33 | 14.49 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 53.41 | 69.53 | 74.82 |
| % DE HUMEDAD | 21.25 | 20.61 | 19.37 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | | 20.41 | |

Tabla 80: Contenido de humedad posteo 04 – estrato 01

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 04 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 0.60 m | | |
| MUESTRA | T - 19 | T - 20 | T - 21 |
| PESO DE LATA (g.) | 34.22 | 13.28 | 18.37 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 70.28 | 56.55 | 73.73 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 66.01 | 51.07 | 66.63 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 4.27 | 5.48 | 7.10 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 31.79 | 37.79 | 48.26 |
| % DE HUMEDAD | 13.43 | 14.50 | 14.71 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 14.22 | | |

Tabla 81: Contenido de humedad posteo 04 – estrato 02

| ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.127 | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 18-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 04 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| PROF. DE MUESTRA: | 1.50 m | | |
| MUESTRA | T - 22 | T - 23 | T - 24 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.37 | 28.67 | 27.30 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 72.03 | 72.69 | 70.39 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 65.77 | 66.68 | 64.25 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 6.26 | 6.01 | 6.14 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 38.40 | 38.01 | 36.95 |
| % DE HUMEDAD | 16.30 | 15.81 | 16.62 |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 16.24 | | |

ANEXO N° 1.2. Granulometría por tamizado

Tabla 82: Granulometría calicata 01 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 01 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1016.50 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 354.12 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N° 4 | 4.750 | 1.10 | 0.11 | 0.11 | 99.89 |
| N° 10 | 2.000 | 6.07 | 0.60 | 0.71 | 99.29 |
| N° 16 | 1.180 | 7.67 | 0.75 | 1.46 | 98.54 |
| N° 20 | 0.850 | 11.32 | 1.11 | 2.57 | 97.43 |
| N° 30 | 0.600 | 9.39 | 0.92 | 3.50 | 96.50 |
| N° 40 | 0.425 | 13.14 | 1.29 | 4.79 | 95.21 |
| N° 50 | 0.300 | 19.38 | 1.91 | 6.70 | 93.30 |
| N° 60 | 0.250 | 46.41 | 4.57 | 11.26 | 88.74 |
| N° 80 | 0.180 | 59.67 | 5.87 | 17.13 | 82.87 |
| N° 100 | 0.150 | 38.41 | 3.78 | 20.91 | 79.09 |
| N° 200 | 0.075 | 141.56 | 13.93 | 34.84 | 65.16 |
| FONDO | - | 662.38 | 65.16 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 65: Curva granulométrica C – 01 E – 01

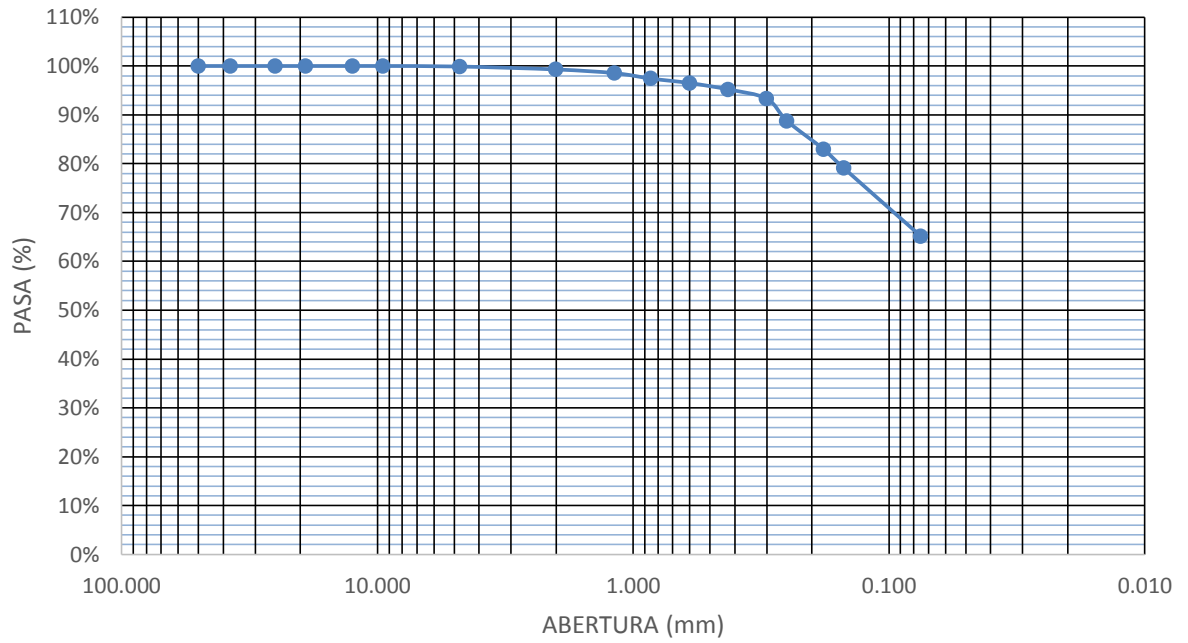


Tabla 83: Granulometría calicata 01 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 25-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 01 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1004.27 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 355.65 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 1.03 | 0.10 | 0.10 | 99.90 |
| Nº 10 | 2.000 | 2.05 | 0.20 | 0.31 | 99.69 |
| Nº 16 | 1.180 | 4.01 | 0.40 | 0.71 | 99.29 |
| Nº 20 | 0.850 | 12.41 | 1.24 | 1.94 | 98.06 |
| Nº 30 | 0.600 | 11.69 | 1.16 | 3.11 | 96.89 |
| Nº 40 | 0.425 | 20.93 | 2.08 | 5.19 | 94.81 |
| Nº 50 | 0.300 | 39.92 | 3.98 | 9.16 | 90.84 |
| Nº 60 | 0.250 | 79.22 | 7.89 | 17.05 | 82.95 |
| Nº 80 | 0.180 | 89.65 | 8.93 | 25.98 | 74.02 |
| Nº 100 | 0.150 | 36.72 | 3.66 | 29.64 | 70.36 |
| Nº 200 | 0.075 | 58.02 | 5.78 | 35.41 | 64.59 |
| FONDO | - | 648.62 | 64.59 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 66: Curva granulométrica C – 01 E – 02

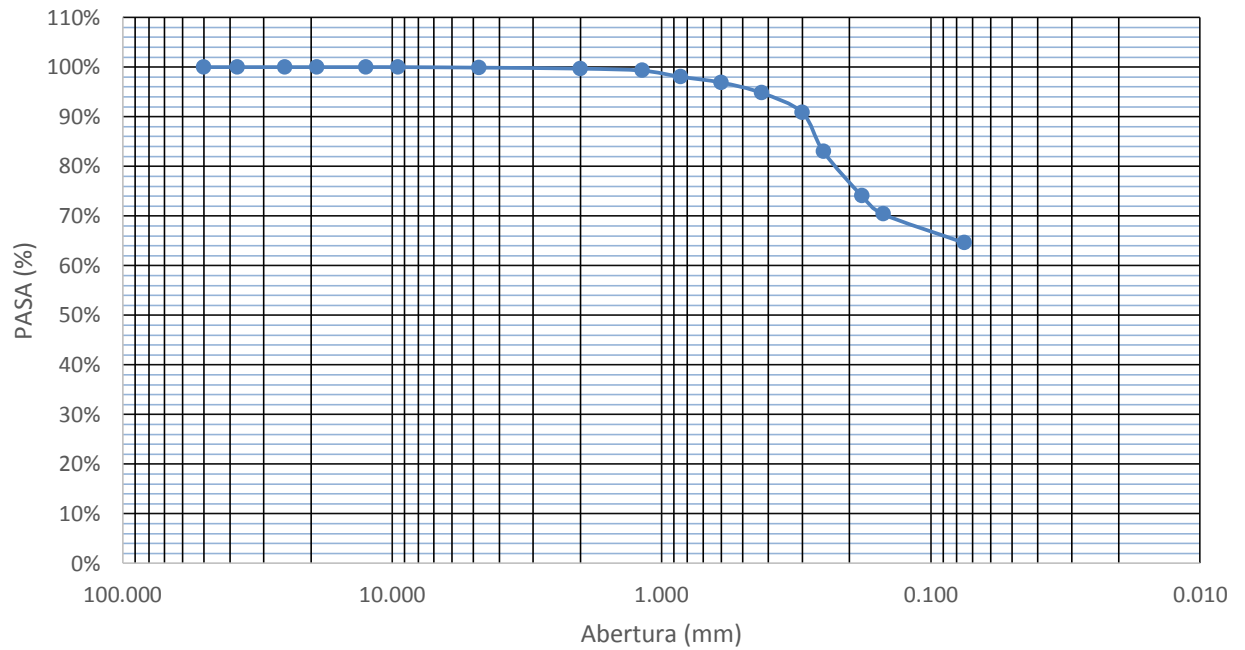


Tabla 84: Granulometría calicata 02 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 26-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 02 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1052.23 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 423.35 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 1.13 | 0.11 | 0.11 | 99.89 |
| Nº 10 | 2.000 | 5.37 | 0.51 | 0.62 | 99.38 |
| Nº 16 | 1.180 | 6.82 | 0.65 | 1.27 | 98.73 |
| Nº 20 | 0.850 | 13.17 | 1.25 | 2.52 | 97.48 |
| Nº 30 | 0.600 | 10.38 | 0.99 | 3.50 | 96.50 |
| Nº 40 | 0.425 | 9.03 | 0.86 | 4.36 | 95.64 |
| Nº 50 | 0.300 | 16.56 | 1.57 | 5.94 | 94.06 |
| Nº 60 | 0.250 | 87.36 | 8.30 | 14.24 | 85.76 |
| Nº 80 | 0.180 | 76.90 | 7.31 | 21.55 | 78.45 |
| Nº 100 | 0.150 | 49.68 | 4.72 | 26.27 | 73.73 |
| Nº 200 | 0.075 | 146.95 | 13.97 | 40.23 | 59.77 |
| FONDO | - | 628.88 | 59.77 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 67: Curva granulométrica C – 02 E – 01

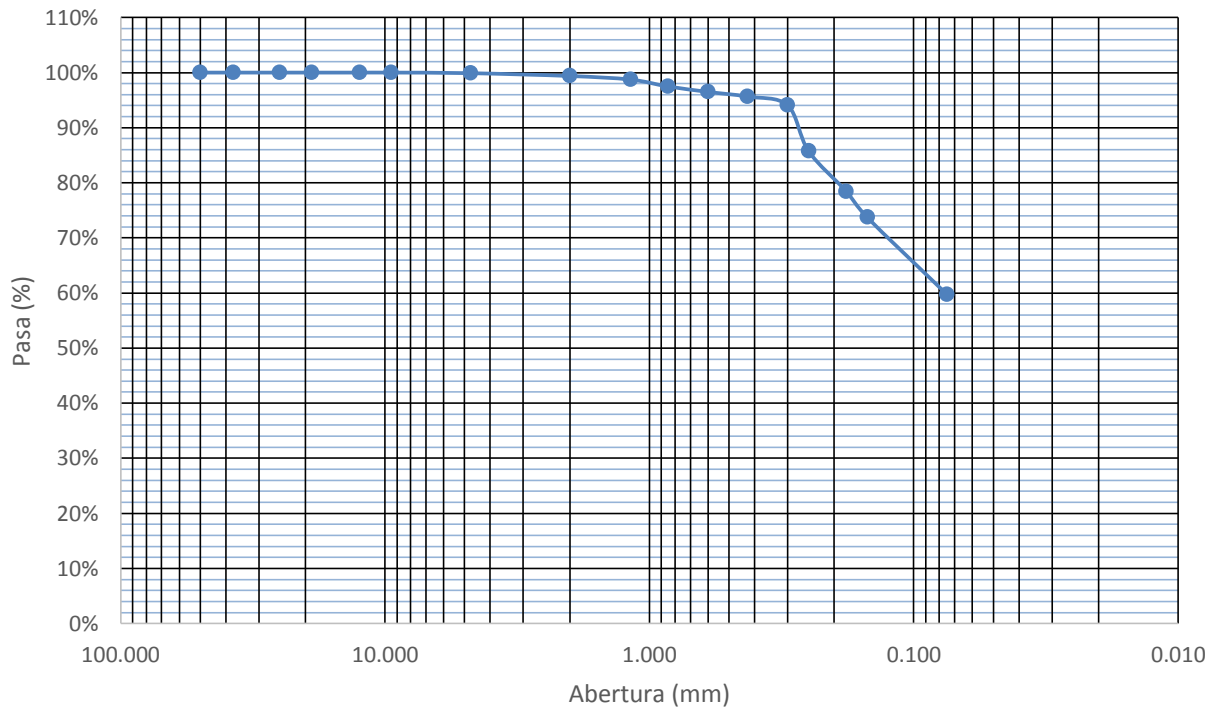


Tabla 85: Granulometría calicata 02 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 26-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 02 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1019.71 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 509.03 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 1.50 | 0.15 | 0.15 | 99.85 |
| Nº 10 | 2.000 | 12.52 | 1.23 | 1.37 | 98.63 |
| Nº 16 | 1.180 | 19.48 | 1.91 | 3.29 | 96.71 |
| Nº 20 | 0.850 | 34.09 | 3.34 | 6.63 | 93.37 |
| Nº 30 | 0.600 | 28.40 | 2.79 | 9.41 | 90.59 |
| Nº 40 | 0.425 | 39.18 | 3.84 | 13.26 | 86.74 |
| Nº 50 | 0.300 | 55.34 | 5.43 | 18.68 | 81.32 |
| Nº 60 | 0.250 | 102.74 | 10.08 | 28.76 | 71.24 |
| Nº 80 | 0.180 | 88.19 | 8.65 | 37.41 | 62.59 |
| Nº 100 | 0.150 | 21.87 | 2.14 | 39.55 | 60.45 |
| Nº 200 | 0.075 | 105.72 | 10.37 | 49.92 | 50.08 |
| FONDO | - | 510.68 | 50.08 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 68: Curva granulométrica C – 02 E – 02

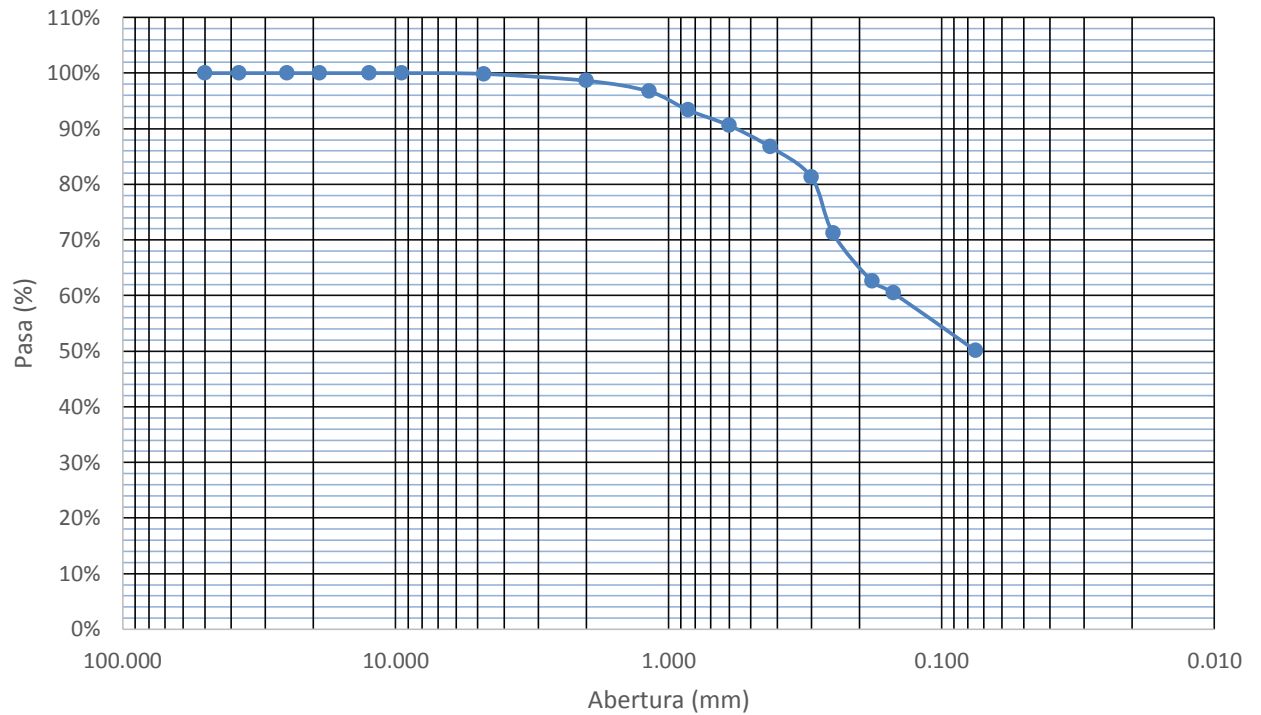


Tabla 86: Granulometría calicata 03 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 26-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 03 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1074.32 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 123.53 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 0.44 | 0.04 | 0.04 | 99.96 |
| Nº 16 | 1.180 | 6.07 | 0.57 | 0.61 | 99.39 |
| Nº 20 | 0.850 | 7.41 | 0.69 | 1.30 | 98.70 |
| Nº 30 | 0.600 | 1.94 | 0.18 | 1.48 | 98.52 |
| Nº 40 | 0.425 | 1.44 | 0.13 | 1.61 | 98.39 |
| Nº 50 | 0.300 | 1.63 | 0.15 | 1.76 | 98.24 |
| Nº 60 | 0.250 | 9.12 | 0.85 | 2.61 | 97.39 |
| Nº 80 | 0.180 | 28.60 | 2.66 | 5.27 | 94.73 |
| Nº 100 | 0.150 | 14.76 | 1.37 | 6.65 | 93.35 |
| Nº 200 | 0.075 | 52.12 | 4.85 | 11.50 | 88.50 |
| FONDO | - | 950.79 | 88.50 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 69: Curva granulométrica C – 03 E – 01

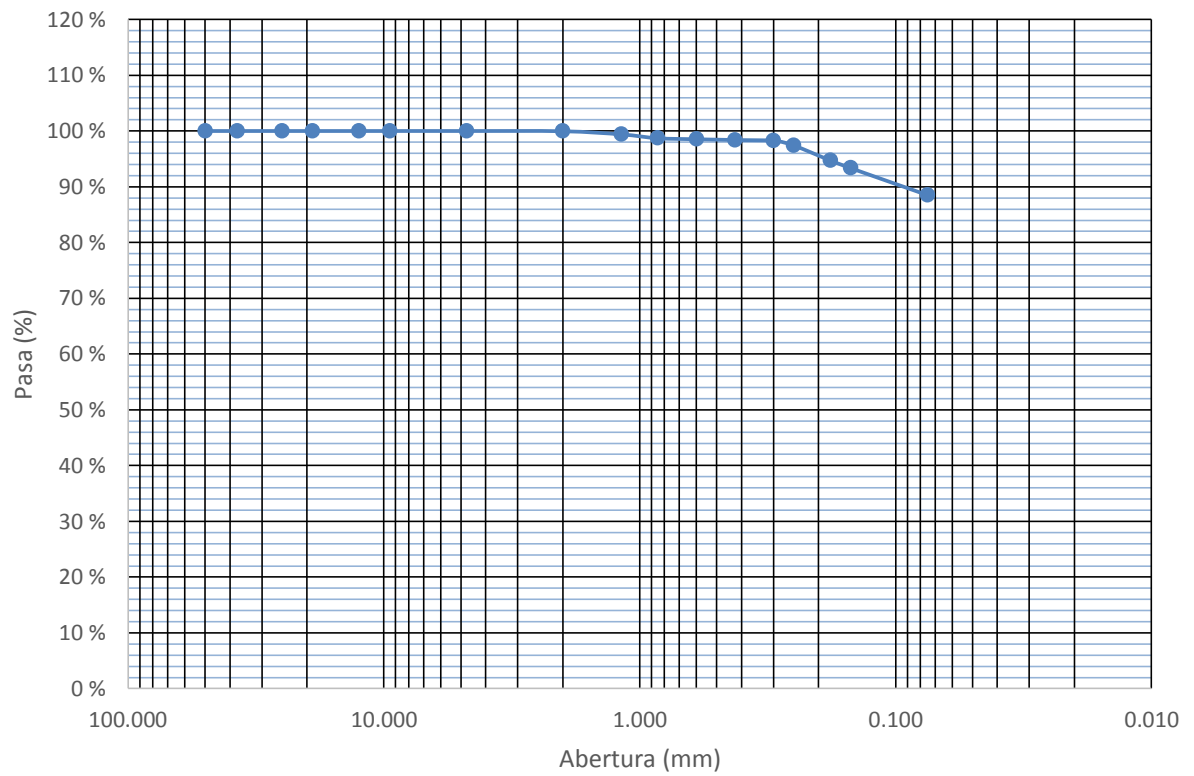


Tabla 87: Granulometría calicata 03 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 26-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 03 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1501.97 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 225.71 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 7.68 | 0.51 | 0.51 | 99.49 |
| Nº 16 | 1.180 | 24.25 | 1.61 | 2.13 | 97.87 |
| Nº 20 | 0.850 | 10.35 | 0.69 | 2.81 | 97.19 |
| Nº 30 | 0.600 | 3.10 | 0.21 | 3.02 | 96.98 |
| Nº 40 | 0.425 | 3.74 | 0.25 | 3.27 | 96.73 |
| Nº 50 | 0.300 | 7.73 | 0.51 | 3.79 | 96.21 |
| Nº 60 | 0.250 | 21.16 | 1.41 | 5.19 | 94.81 |
| Nº 80 | 0.180 | 28.50 | 1.90 | 7.09 | 92.91 |
| Nº 100 | 0.150 | 18.80 | 1.25 | 8.34 | 91.66 |
| Nº 200 | 0.075 | 100.40 | 6.68 | 15.03 | 84.97 |
| FONDO | - | 1276.26 | 84.97 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 70: Curva granulométrica C – 03 E – 02

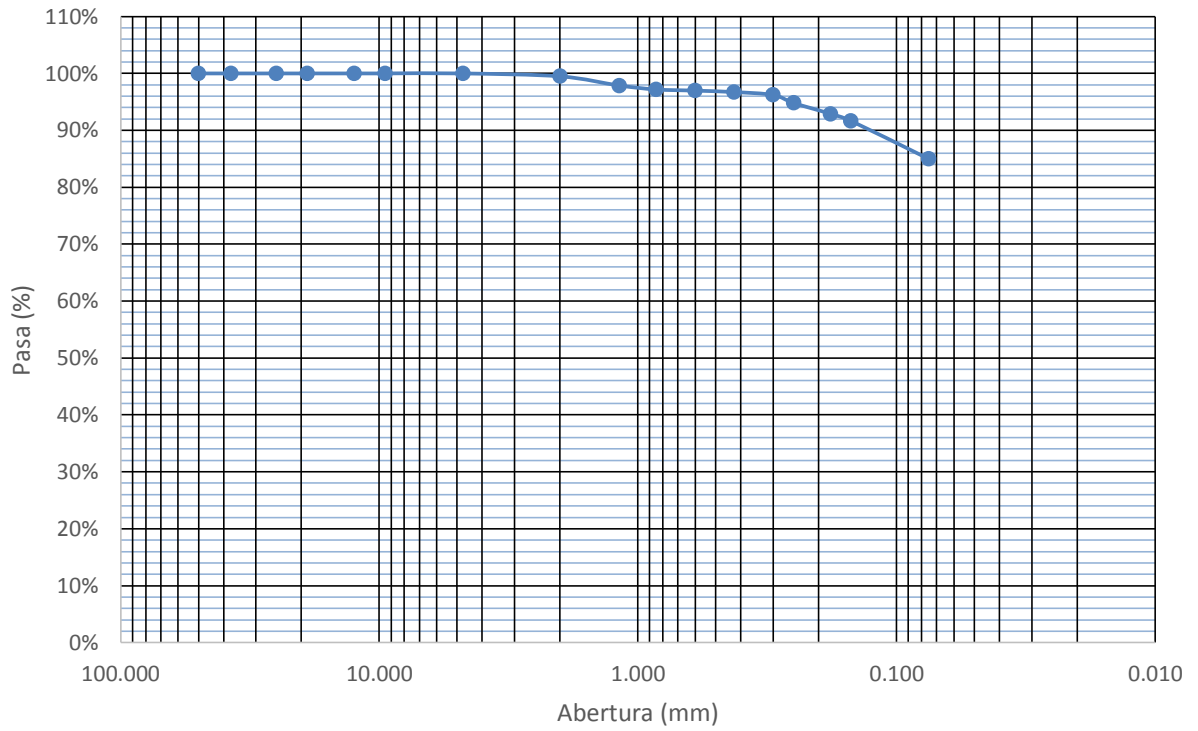


Tabla 88: Granulometría calicata 04 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 30-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 04 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1017.91 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 120.52 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 3.30 | 0.32 | 0.32 | 99.68 |
| Nº 16 | 1.180 | 6.24 | 0.61 | 0.94 | 99.06 |
| Nº 20 | 0.850 | 3.15 | 0.31 | 1.25 | 98.75 |
| Nº 30 | 0.600 | 3.34 | 0.33 | 1.57 | 98.43 |
| Nº 40 | 0.425 | 4.17 | 0.41 | 1.98 | 98.02 |
| Nº 50 | 0.300 | 5.31 | 0.52 | 2.51 | 97.49 |
| Nº 60 | 0.250 | 12.37 | 1.22 | 3.72 | 96.28 |
| Nº 80 | 0.180 | 21.21 | 2.08 | 5.81 | 94.19 |
| Nº 100 | 0.150 | 16.24 | 1.60 | 7.40 | 92.60 |
| Nº 200 | 0.075 | 45.19 | 4.44 | 11.84 | 88.16 |
| FONDO | - | 897.39 | 88.16 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 71: Curva granulométrica C – 04 E – 01

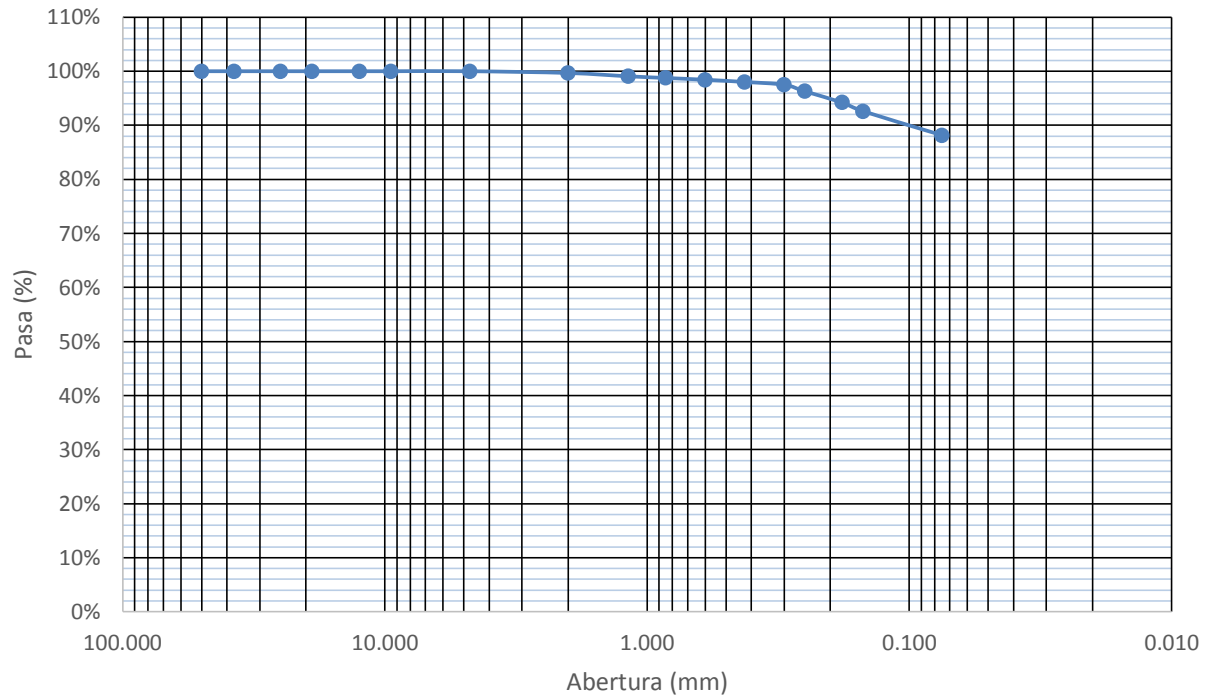


Tabla 89: Granulometría calicata 04 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 30-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 04 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1017.54 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 337.48 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 5.05 | 0.50 | 0.50 | 99.50 |
| Nº 16 | 1.180 | 15.19 | 1.49 | 1.99 | 98.01 |
| Nº 20 | 0.850 | 19.27 | 1.89 | 3.88 | 96.12 |
| Nº 30 | 0.600 | 10.63 | 1.04 | 4.93 | 95.07 |
| Nº 40 | 0.425 | 12.98 | 1.28 | 6.20 | 93.80 |
| Nº 50 | 0.300 | 21.57 | 2.12 | 8.32 | 91.68 |
| Nº 60 | 0.250 | 48.47 | 4.76 | 13.09 | 86.91 |
| Nº 80 | 0.180 | 50.54 | 4.97 | 18.05 | 81.95 |
| Nº 100 | 0.150 | 66.49 | 6.53 | 24.59 | 75.41 |
| Nº 200 | 0.075 | 87.29 | 8.58 | 33.17 | 66.83 |
| FONDO | - | 680.06 | 66.83 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 72: Curva granulométrica C – 04 E – 02

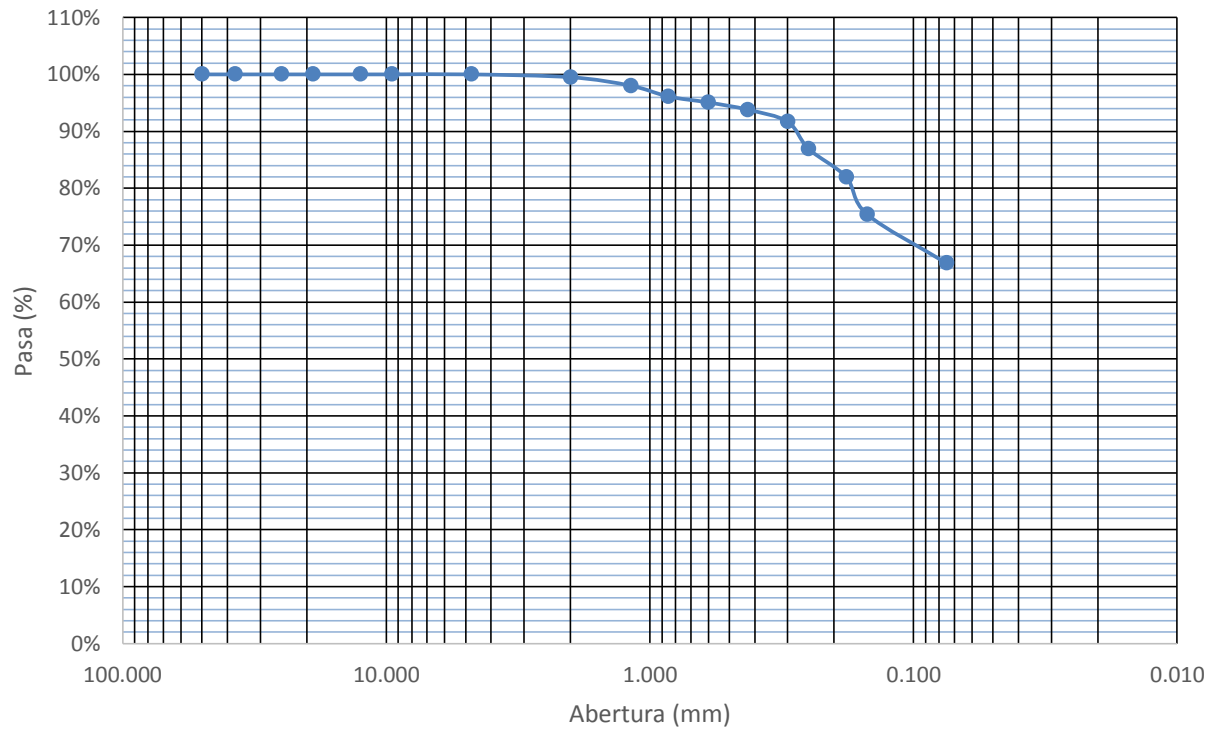


Tabla 90: Granulometría calicata 05 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 31-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 05 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1006.56 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 153.36 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 1.36 | 0.14 | 0.14 | 99.86 |
| Nº 16 | 1.180 | 5.33 | 0.53 | 0.66 | 99.34 |
| Nº 20 | 0.850 | 7.99 | 0.79 | 1.46 | 98.54 |
| Nº 30 | 0.600 | 6.16 | 0.61 | 2.07 | 97.93 |
| Nº 40 | 0.425 | 7.47 | 0.74 | 2.81 | 97.19 |
| Nº 50 | 0.300 | 9.11 | 0.91 | 3.72 | 96.28 |
| Nº 60 | 0.250 | 14.61 | 1.45 | 5.17 | 94.83 |
| Nº 80 | 0.180 | 20.34 | 2.02 | 7.19 | 92.81 |
| Nº 100 | 0.150 | 21.96 | 2.18 | 9.37 | 90.63 |
| Nº 200 | 0.075 | 59.03 | 5.86 | 15.24 | 84.76 |
| FONDO | - | 853.20 | 84.76 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 73: Curva granulométrica C – 05 E – 01

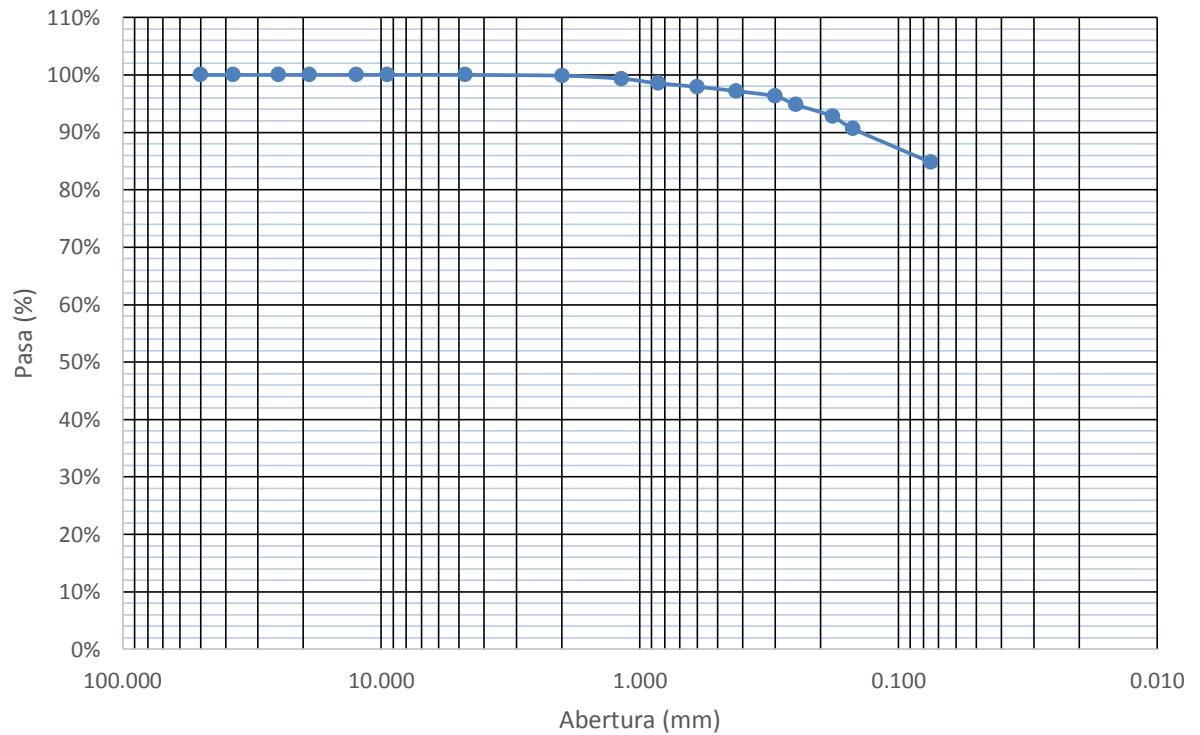


Tabla 91: Granulometría calicata 05 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 31-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 05 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1021.68 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 178.31 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 16 | 1.180 | 2.29 | 0.22 | 0.22 | 99.78 |
| Nº 20 | 0.850 | 5.12 | 0.50 | 0.73 | 99.27 |
| Nº 30 | 0.600 | 3.78 | 0.37 | 1.10 | 98.90 |
| Nº 40 | 0.425 | 4.61 | 0.45 | 1.55 | 98.45 |
| Nº 50 | 0.300 | 6.99 | 0.68 | 2.23 | 97.77 |
| Nº 60 | 0.250 | 17.85 | 1.75 | 3.98 | 96.02 |
| Nº 80 | 0.180 | 33.76 | 3.30 | 7.28 | 92.72 |
| Nº 100 | 0.150 | 25.13 | 2.46 | 9.74 | 90.26 |
| Nº 200 | 0.075 | 78.78 | 7.71 | 17.45 | 82.55 |
| FONDO | - | 843.37 | 82.55 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 74: Curva granulométrica C – 05 E – 02

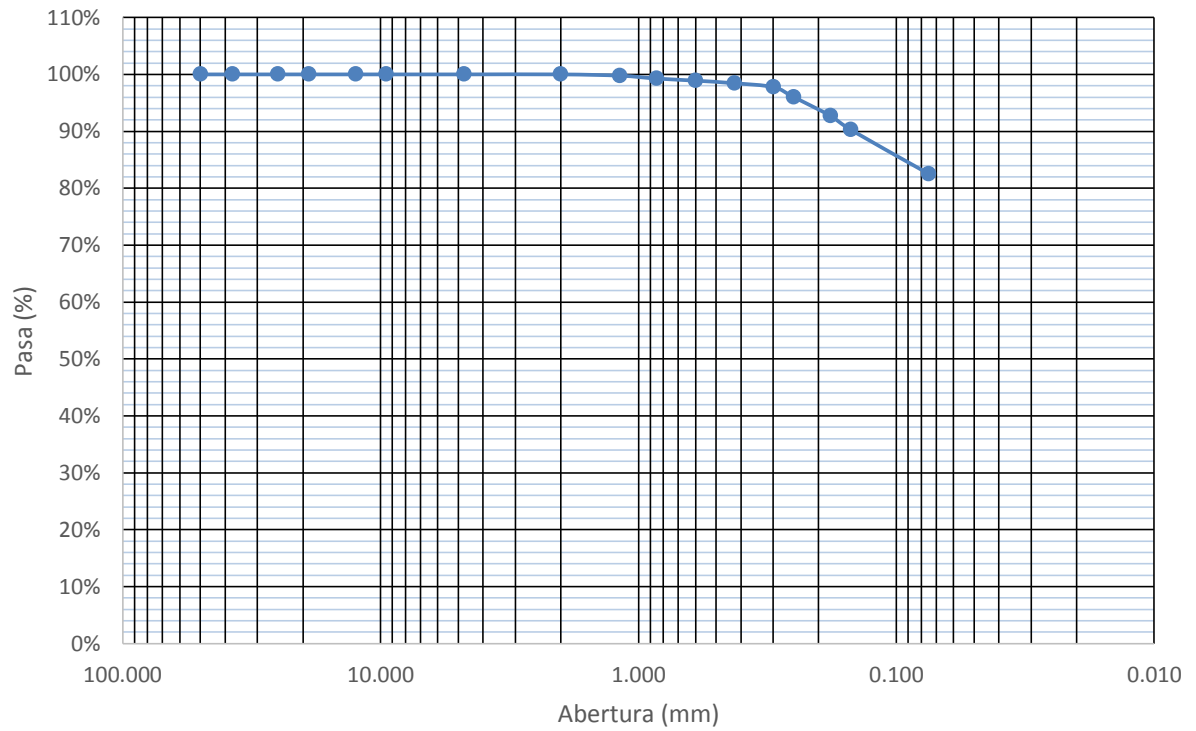


Tabla 92: Granulometría posteo 01 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 19-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 01 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1001.47 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 435.41 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 13.71 | 1.37 | 1.37 | 98.63 |
| Nº 16 | 1.180 | 16.75 | 1.67 | 3.04 | 96.96 |
| Nº 20 | 0.850 | 35.49 | 3.54 | 6.59 | 93.41 |
| Nº 30 | 0.600 | 26.37 | 2.63 | 9.22 | 90.78 |
| Nº 40 | 0.425 | 29.94 | 2.99 | 12.21 | 87.79 |
| Nº 50 | 0.300 | 36.34 | 3.63 | 15.84 | 84.16 |
| Nº 60 | 0.250 | 57.34 | 5.73 | 21.56 | 78.44 |
| Nº 80 | 0.180 | 54.34 | 5.43 | 26.99 | 73.01 |
| Nº 100 | 0.150 | 45.81 | 4.57 | 31.56 | 68.44 |
| Nº 200 | 0.075 | 119.32 | 11.91 | 43.48 | 56.52 |
| FONDO | - | 566.06 | 56.52 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 75: Curva granulométrica P – 01 E – 01

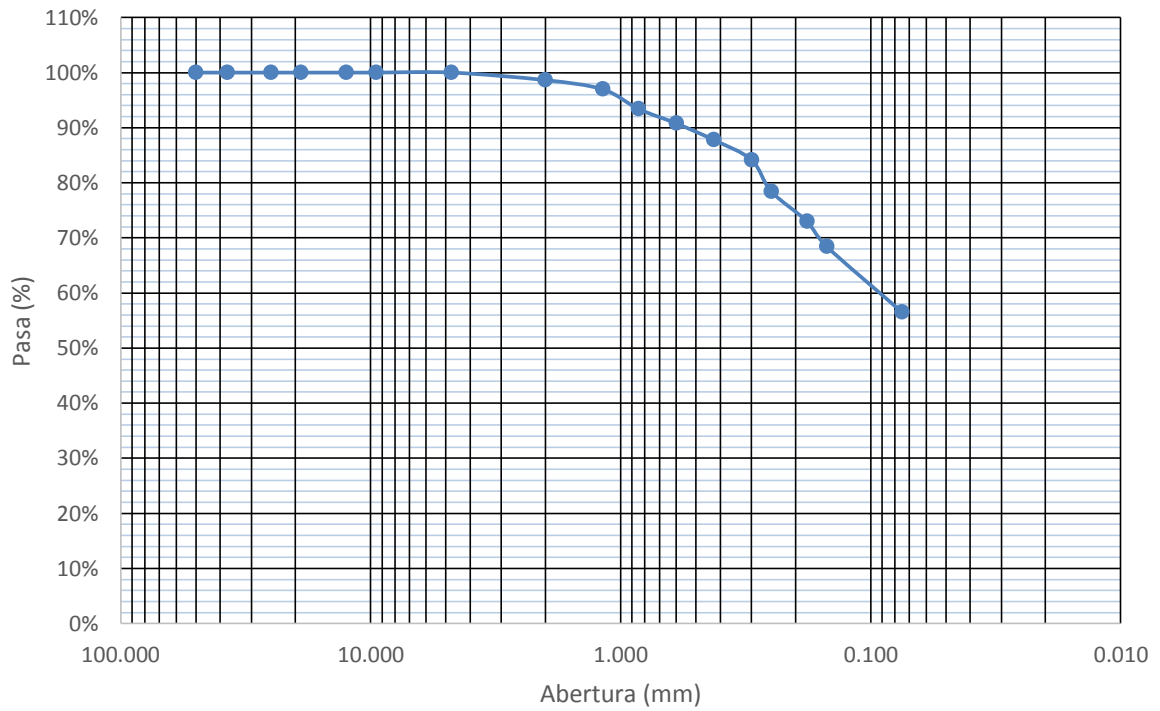


Tabla 93: Granulometría posteo 01 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 19-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 01 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1017.24 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 413.54 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 2.22 | 0.22 | 0.22 | 99.78 |
| Nº 16 | 1.180 | 3.40 | 0.33 | 0.55 | 99.45 |
| Nº 20 | 0.850 | 2.43 | 0.24 | 0.79 | 99.21 |
| Nº 30 | 0.600 | 1.79 | 0.18 | 0.97 | 99.03 |
| Nº 40 | 0.425 | 4.78 | 0.47 | 1.44 | 98.56 |
| Nº 50 | 0.300 | 14.96 | 1.47 | 2.91 | 97.09 |
| Nº 60 | 0.250 | 95.14 | 9.35 | 12.26 | 87.74 |
| Nº 80 | 0.180 | 71.04 | 6.98 | 19.24 | 80.76 |
| Nº 100 | 0.150 | 54.51 | 5.36 | 24.60 | 75.40 |
| Nº 200 | 0.075 | 163.27 | 16.05 | 40.65 | 59.35 |
| FONDO | - | 603.70 | 59.35 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 76: Curva granulométrica P – 01 E – 02

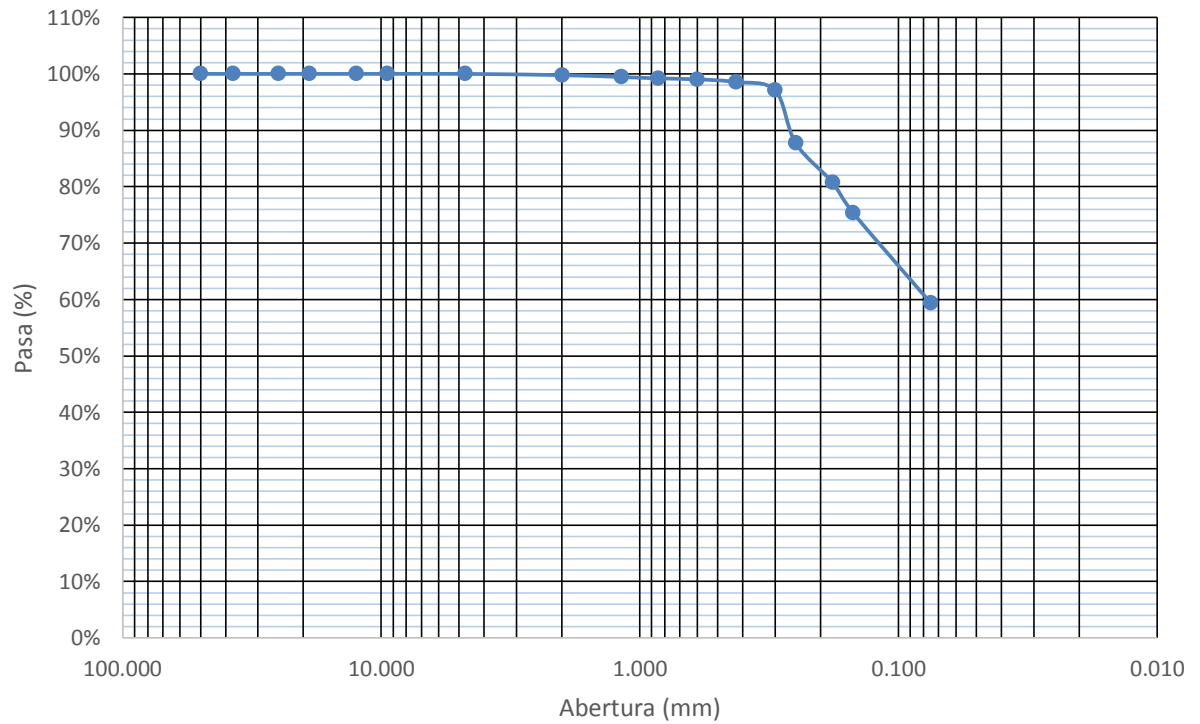


Tabla 94: Granulometría posteo 02 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 19-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 02 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1002.56 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 483.52 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 1.58 | 0.16 | 0.16 | 99.84 |
| Nº 16 | 1.180 | 5.23 | 0.52 | 0.68 | 99.32 |
| Nº 20 | 0.850 | 11.34 | 1.13 | 1.81 | 98.19 |
| Nº 30 | 0.600 | 6.71 | 0.67 | 2.48 | 97.52 |
| Nº 40 | 0.425 | 8.12 | 0.81 | 3.29 | 96.71 |
| Nº 50 | 0.300 | 12.91 | 1.29 | 4.58 | 95.42 |
| Nº 60 | 0.250 | 137.33 | 13.70 | 18.28 | 81.72 |
| Nº 80 | 0.180 | 137.81 | 13.75 | 32.02 | 67.98 |
| Nº 100 | 0.150 | 47.94 | 4.78 | 36.80 | 63.20 |
| Nº 200 | 0.075 | 114.55 | 11.43 | 48.23 | 51.77 |
| FONDO | - | 519.04 | 51.77 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 77: Curva granulométrica P – 02 E – 01

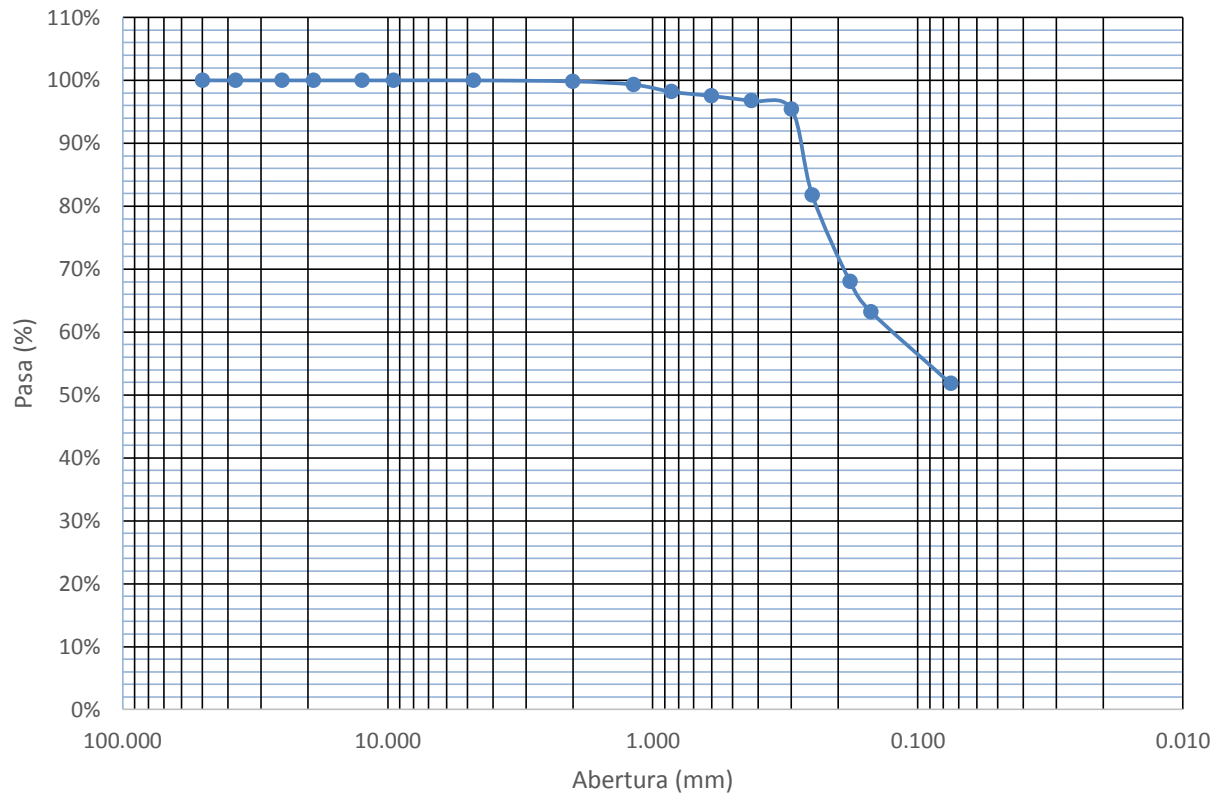


Tabla 95: Granulometría posteo 02 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 19-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 02 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1001.32 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 524.25 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 19.90 | 1.99 | 1.99 | 98.01 |
| Nº 16 | 1.180 | 19.17 | 1.91 | 3.90 | 96.10 |
| Nº 20 | 0.850 | 23.98 | 2.39 | 6.30 | 93.70 |
| Nº 30 | 0.600 | 13.57 | 1.36 | 7.65 | 92.35 |
| Nº 40 | 0.425 | 17.55 | 1.75 | 9.40 | 90.60 |
| Nº 50 | 0.300 | 31.38 | 3.13 | 12.54 | 87.46 |
| Nº 60 | 0.250 | 114.64 | 11.45 | 23.99 | 76.01 |
| Nº 80 | 0.180 | 133.49 | 13.33 | 37.32 | 62.68 |
| Nº 100 | 0.150 | 30.52 | 3.05 | 40.37 | 59.63 |
| Nº 200 | 0.075 | 120.05 | 11.99 | 52.36 | 47.64 |
| FONDO | - | 477.07 | 47.64 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 78: Curva granulométrica P – 02 E – 02

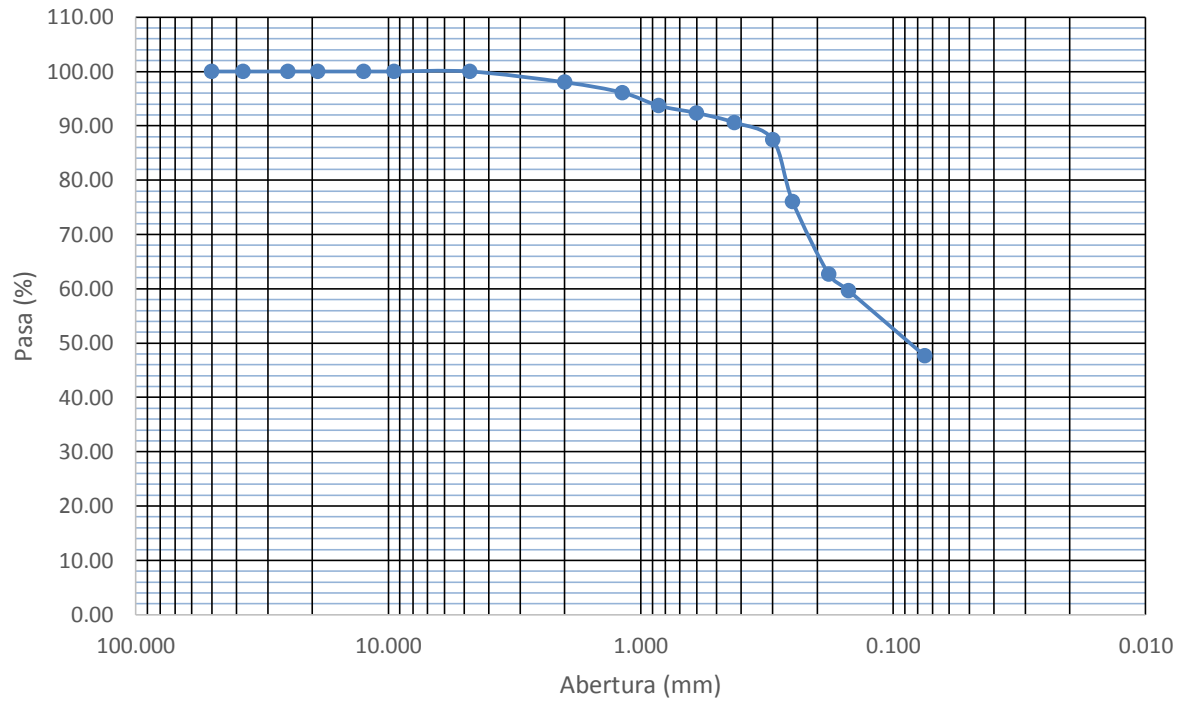


Tabla 96: Granulometría posteo 03 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 20-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 03 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1001.21 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 395.11 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 2.19 | 0.22 | 0.22 | 99.78 |
| Nº 10 | 2.000 | 24.15 | 2.41 | 2.63 | 97.37 |
| Nº 16 | 1.180 | 30.30 | 3.03 | 5.66 | 94.34 |
| Nº 20 | 0.850 | 37.23 | 3.72 | 9.38 | 90.62 |
| Nº 30 | 0.600 | 19.93 | 1.99 | 11.37 | 88.63 |
| Nº 40 | 0.425 | 21.22 | 2.12 | 13.49 | 86.51 |
| Nº 50 | 0.300 | 27.56 | 2.75 | 16.24 | 83.76 |
| Nº 60 | 0.250 | 50.87 | 5.08 | 21.32 | 78.68 |
| Nº 80 | 0.180 | 58.32 | 5.82 | 27.14 | 72.86 |
| Nº 100 | 0.150 | 37.26 | 3.72 | 30.87 | 69.13 |
| Nº 200 | 0.075 | 86.08 | 8.60 | 39.46 | 60.54 |
| FONDO | - | 606.10 | 60.54 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 79: Curva granulométrica P – 03 E – 01

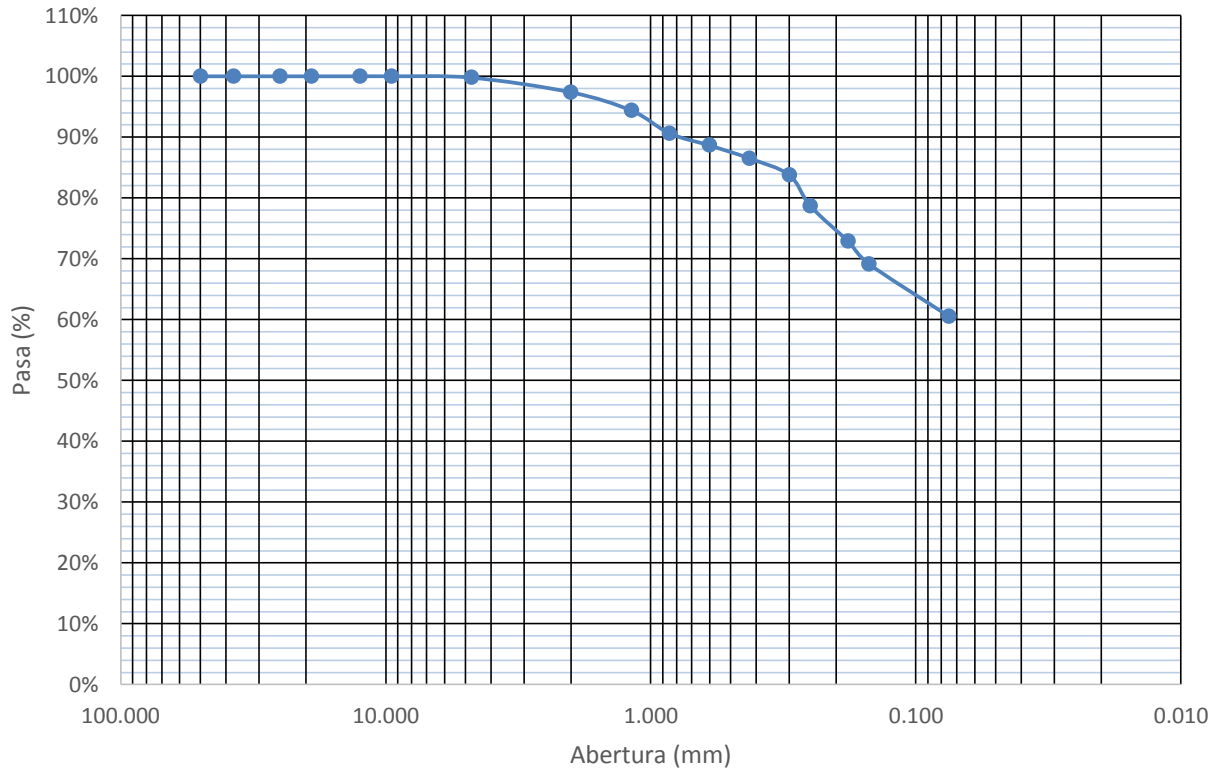


Tabla 97: Granulometría posteo 03 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 20-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 03 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1001.46 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 474.93 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 1.81 | 0.18 | 0.18 | 99.82 |
| Nº 10 | 2.000 | 37.64 | 3.76 | 3.94 | 96.06 |
| Nº 16 | 1.180 | 48.99 | 4.89 | 8.83 | 91.17 |
| Nº 20 | 0.850 | 53.55 | 5.35 | 14.18 | 85.82 |
| Nº 30 | 0.600 | 25.91 | 2.59 | 16.77 | 83.23 |
| Nº 40 | 0.425 | 26.81 | 2.68 | 19.44 | 80.56 |
| Nº 50 | 0.300 | 33.72 | 3.37 | 22.81 | 77.19 |
| Nº 60 | 0.250 | 52.64 | 5.26 | 28.07 | 71.93 |
| Nº 80 | 0.180 | 63.30 | 6.32 | 34.39 | 65.61 |
| Nº 100 | 0.150 | 34.42 | 3.44 | 37.82 | 62.18 |
| Nº 200 | 0.075 | 96.14 | 9.60 | 47.42 | 52.58 |
| FONDO | - | 526.53 | 52.58 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 80: Curva granulométrica P – 03 E – 02

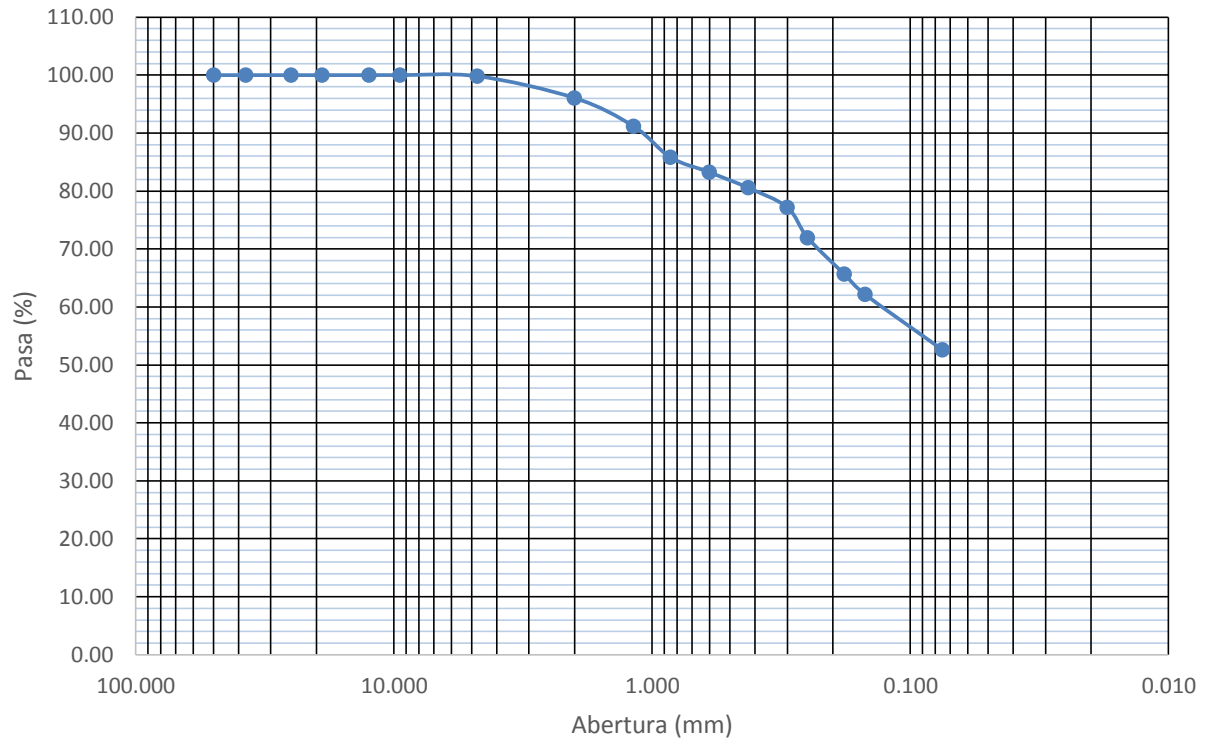


Tabla 98: Granulometría posteo 04 – estrato 01

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 20-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 04 - Estrato 01 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 1001.61 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 459.56 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 1.28 | 0.13 | 0.13 | 99.87 |
| Nº 10 | 2.000 | 19.12 | 1.91 | 2.04 | 97.96 |
| Nº 16 | 1.180 | 23.17 | 2.31 | 4.35 | 95.65 |
| Nº 20 | 0.850 | 35.62 | 3.56 | 7.91 | 92.09 |
| Nº 30 | 0.600 | 26.68 | 2.66 | 10.57 | 89.43 |
| Nº 40 | 0.425 | 31.28 | 3.12 | 13.69 | 86.31 |
| Nº 50 | 0.300 | 50.12 | 5.00 | 18.70 | 81.30 |
| Nº 60 | 0.250 | 70.44 | 7.03 | 25.73 | 74.27 |
| Nº 80 | 0.180 | 81.51 | 8.14 | 33.87 | 66.13 |
| Nº 100 | 0.150 | 33.19 | 3.31 | 37.18 | 62.82 |
| Nº 200 | 0.075 | 87.15 | 8.70 | 45.88 | 54.12 |
| FONDO | - | 542.05 | 54.12 | 100.00 | 0.00 |

Figura Nº 81: Curva granulométrica P – 04 E – 01

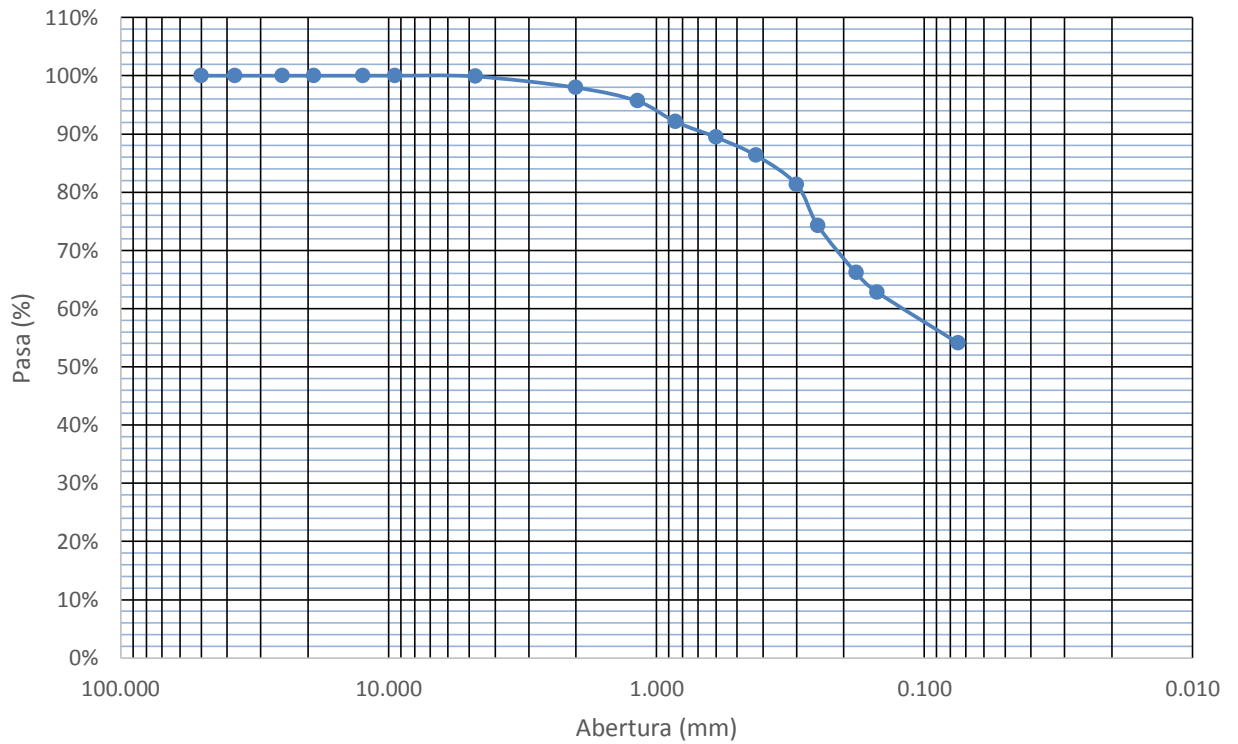
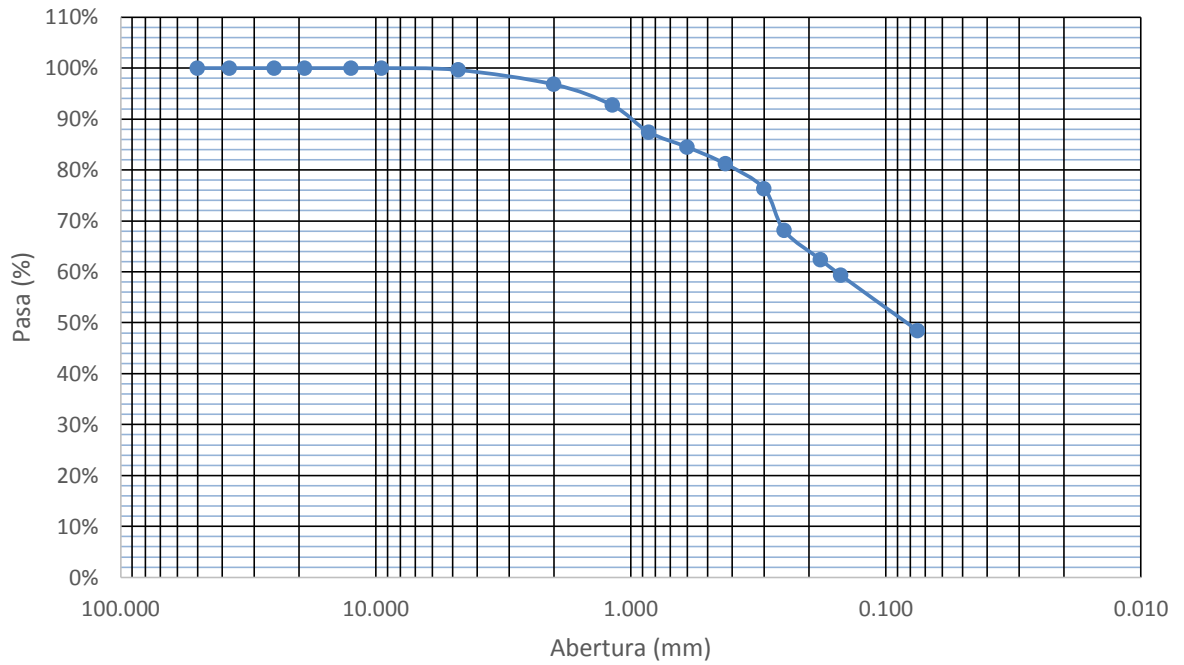


Tabla 99: Granulometría posteo 04 – estrato 02

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NTP 339.128 | | | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 20-07-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 04 - Estrato 02 | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | | | |
| W_{INICIAL SECO}: | 420.94 | | | | |
| W_{SECO DESPUÉS DE LAVADO}: | 216.91 | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. (g.) | % RETENIDO | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| Nº 4 | 4.750 | 1.55 | 0.37 | 0.37 | 99.63 |
| Nº 10 | 2.000 | 11.98 | 2.85 | 3.21 | 96.79 |
| Nº 16 | 1.180 | 17.24 | 4.10 | 7.31 | 92.69 |
| Nº 20 | 0.850 | 22.11 | 5.25 | 12.56 | 87.44 |
| Nº 30 | 0.600 | 12.45 | 2.96 | 15.52 | 84.48 |
| Nº 40 | 0.425 | 13.91 | 3.30 | 18.82 | 81.18 |
| Nº 50 | 0.300 | 20.37 | 4.84 | 23.66 | 76.34 |
| Nº 60 | 0.250 | 34.76 | 8.26 | 31.92 | 68.08 |
| Nº 80 | 0.180 | 23.93 | 5.68 | 37.61 | 62.39 |
| Nº 100 | 0.150 | 12.96 | 3.08 | 40.69 | 59.31 |
| Nº 200 | 0.075 | 45.65 | 10.84 | 51.53 | 48.47 |
| FONDO | - | 204.03 | 48.47 | 100.00 | 0.00 |

Figura N° 82: Curva granulométrica P – 04 E – 02



ANEXO N° 1.3. Límite líquido y límite plástico

Tabla 100: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 01 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 30-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 01 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 34.31 | 33.30 | 34.13 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 32.50 | 31.86 | 32.59 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.25 | 27.30 | 27.23 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 5.25 | 4.56 | 5.36 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.81 | 1.44 | 1.54 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 34.48 | 31.58 | 28.73 |
| Nº DE GOLPES | 16 | 26 | 35 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.25 | 28.03 | 28.86 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.22 | 27.89 | 28.62 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.03 | 0.14 | 0.24 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.78 | 27.28 | 27.67 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.44 | 0.61 | 0.96 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 6.82 | 22.95 | 25.13 |
| PROMEDIO | | 18.30 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 31.57% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 18.30% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 13.27% |

Tabla 101: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 01 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 31-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 01 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 30.03 | 41.02 | 19.35 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.29 | 39.47 | 18.44 |
| PESO DE LATA (g.) | 23.21 | 34.39 | 13.26 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 5.08 | 5.08 | 5.18 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.74 | 1.55 | 0.91 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 34.25 | 30.51 | 17.57 |
| Nº DE GOLPES | 19 | 24 | 31 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.13 | 27.79 | 27.32 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.04 | 27.69 | 27.24 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.09 | 0.10 | 0.08 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.29 | 27.25 | 26.73 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.75 | 0.44 | 0.51 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 11.85 | 22.73 | 15.69 |
| PROMEDIO | | 16.75 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 26.30% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 16.75% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 9.54% |

Tabla 102: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 02 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 01-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 02 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 14 | T - 15 | T - 16 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.35 | 29.18 | 28.41 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 26.65 | 27.47 | 26.66 |
| PESO DE LATA (g.) | 22.04 | 22.58 | 21.30 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 4.61 | 4.89 | 5.36 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.70 | 1.71 | 1.75 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 36.88 | 34.97 | 32.65 |
| Nº DE GOLPES | 17 | 24 | 33 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 27.97 | 28.01 | 27.97 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 27.77 | 27.87 | 27.83 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.20 | 0.14 | 0.14 |
| PESO DE LATA (g.) | 26.86 | 27.24 | 27.16 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.91 | 0.63 | 0.67 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 21.98 | 22.22 | 20.90 |
| PROMEDIO | | 21.70 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 34.52% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 21.70% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 12.82% |

Tabla 103: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 02 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 01-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 02 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 17 | T - 18 | T - 19 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 32.94 | 31.43 | 38.73 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 30.52 | 29.22 | 36.49 |
| PESO DE LATA (g.) | 22.27 | 21.33 | 28.23 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 8.25 | 7.89 | 8.26 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 2.42 | 2.21 | 2.24 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 29.33 | 28.01 | 27.12 |
| Nº DE GOLPES | 19 | 26 | 34 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.00 | 28.54 | 28.73 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 27.86 | 28.35 | 28.52 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.14 | 0.19 | 0.21 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.10 | 27.50 | 27.43 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.76 | 0.85 | 1.09 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 18.42 | 22.35 | 19.27 |
| PROMEDIO | | 20.01 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 28.25% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 20.01% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 8.23% |

Tabla 104: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 03 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 02-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 03 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 35.37 | 35.67 | 36.44 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 33.41 | 33.60 | 34.18 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.74 | 27.14 | 26.86 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 5.67 | 6.46 | 7.32 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.96 | 2.07 | 2.26 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 34.57 | 32.04 | 30.87 |
| Nº DE GOLPES | 16 | 24 | 33 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.76 | 28.74 | 28.19 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.55 | 28.52 | 28.06 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.21 | 0.22 | 0.13 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.24 | 27.16 | 27.10 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 1.31 | 1.36 | 0.96 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 16.03 | 16.18 | 13.54 |
| PROMEDIO | | 15.25 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 32.14% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 15.25% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 16.89% |

Tabla 105: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 03 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 02-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 03 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 14 | T - 15 | T - 16 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.16 | 29.67 | 29.59 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 26.58 | 27.90 | 27.58 |
| PESO DE LATA (g.) | 22.05 | 22.57 | 21.30 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 4.53 | 5.33 | 6.28 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.58 | 1.77 | 2.01 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 34.88 | 33.21 | 32.01 |
| Nº DE GOLPES | 16 | 24 | 31 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.13 | 28.70 | 28.63 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.04 | 28.44 | 28.41 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.09 | 0.26 | 0.22 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.08 | 27.30 | 27.50 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.96 | 1.14 | 0.91 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 9.37 | 22.81 | 24.18 |
| PROMEDIO | | 18.79 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 32.97% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 18.79% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 14.19% |

Tabla 106: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 04 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 03-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 04 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | V - 01 | V - 02 | V - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 27.59 | 39.46 | 18.61 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 26.11 | 37.79 | 16.88 |
| PESO DE LATA (g.) | 23.08 | 34.29 | 13.13 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 3.03 | 3.50 | 3.75 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.48 | 1.67 | 1.73 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 48.84 | 47.71 | 46.13 |
| Nº DE GOLPES | 17 | 23 | 29 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 11 | T - 12 | T - 13 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.09 | 28.04 | 27.80 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 27.98 | 27.88 | 27.64 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.11 | 0.16 | 0.16 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.43 | 27.20 | 26.78 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.55 | 0.68 | 0.86 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 20.00 | 23.53 | 18.60 |
| PROMEDIO | | 20.71 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 47.03% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 20.71% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 26.32% |

Tabla 107: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 04 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 03-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 04 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 17 | T - 18 | T - 19 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 26.49 | 29.54 | 33.97 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 24.88 | 27.34 | 32.30 |
| PESO DE LATA (g.) | 21.34 | 22.30 | 28.27 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 3.54 | 5.04 | 4.03 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.61 | 2.20 | 1.67 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 45.48 | 43.65 | 41.44 |
| Nº DE GOLPES | 17 | 22 | 28 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 21 | T - 22 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.38 | 19.75 | 28.60 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.16 | 19.37 | 28.37 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.22 | 0.38 | 0.23 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.45 | 18.23 | 27.73 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.71 | 1.14 | 0.64 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 30.99 | 33.33 | 35.94 |
| PROMEDIO | | 33.42 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 42.44% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 33.42% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 9.03% |

Tabla 108: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 05 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 03-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 05 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 35.36 | 34.21 | 34.53 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 32.94 | 32.07 | 32.39 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.44 | 27.08 | 27.29 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 5.50 | 4.99 | 5.10 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 2.42 | 2.14 | 2.14 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 44.00 | 42.89 | 41.96 |
| Nº DE GOLPES | 17 | 24 | 32 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.44 | 28.09 | 27.89 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.28 | 27.90 | 27.57 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.16 | 0.19 | 0.32 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.75 | 27.14 | 26.86 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.53 | 0.76 | 0.71 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 30.19 | 25.00 | 45.07 |
| PROMEDIO | | 33.42 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 42.76% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 33.42% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 9.34% |

Tabla 109: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO C – 05 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 03-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Calicata 05 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 07 | T - 08 | T - 09 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 35.87 | 33.36 | 35.72 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 33.54 | 31.71 | 33.54 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.23 | 27.15 | 27.08 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 6.31 | 4.56 | 6.46 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 2.33 | 1.65 | 2.18 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 36.93 | 36.18 | 33.75 |
| Nº DE GOLPES | 20 | 25 | 32 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 10 | T - 11 | T - 12 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.50 | 28.59 | 28.41 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.33 | 28.38 | 28.18 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.17 | 0.21 | 0.23 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.51 | 27.46 | 27.10 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.82 | 0.92 | 1.08 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 20.73 | 22.83 | 21.30 |
| PROMEDIO | | 21.62 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 35.67% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 22.42% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 13.25% |

Tabla 110: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 01 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 30-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 01 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 30.01 | 41.00 | 19.93 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.29 | 39.41 | 18.44 |
| PESO DE LATA (g.) | 23.19 | 34.27 | 13.24 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 5.10 | 5.14 | 5.20 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.72 | 1.59 | 1.49 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 33.73 | 30.93 | 28.65 |
| Nº DE GOLPES | 18 | 26 | 33 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.22 | 28.01 | 28.62 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.03 | 27.87 | 28.39 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.19 | 0.14 | 0.23 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.23 | 27.08 | 27.27 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.80 | 0.79 | 1.12 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 23.75 | 17.72 | 20.54 |
| PROMEDIO | | 20.67 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 31.07% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 19.84% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 11.24% |

Tabla 111: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 01 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 31-07-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 01 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | V - 01 | V - 02 | V - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 33.62 | 33.62 | 36.58 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 32.10 | 32.15 | 34.67 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.26 | 27.10 | 27.30 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 4.84 | 5.05 | 7.37 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.52 | 1.47 | 1.91 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 31.40 | 29.11 | 25.92 |
| Nº DE GOLPES | 16 | 23 | 30 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.85 | 28.71 | 28.59 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.69 | 28.46 | 28.34 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.16 | 0.25 | 0.25 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.79 | 27.29 | 26.90 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.90 | 1.17 | 1.44 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 17.78 | 21.37 | 17.36 |
| PROMEDIO | | 18.84 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 27.82% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 18.84% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 8.98% |

Tabla 112: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 02 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 01-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 02 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 02 | T - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 42.73 | 39.95 | 45.92 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 38.23 | 35.64 | 41.02 |
| PESO DE LATA (g.) | 26.93 | 22.12 | 23.01 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 11.30 | 13.52 | 18.01 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 4.50 | 4.31 | 4.90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 39.82 | 31.88 | 27.21 |
| Nº DE GOLPES | 15 | 24 | 30 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 29.50 | 29.34 | 28.67 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 29.28 | 29.13 | 28.49 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.22 | 0.21 | 0.18 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.97 | 27.59 | 27.69 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 1.31 | 1.54 | 0.80 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 16.79 | 13.64 | 22.50 |
| PROMEDIO | | 17.64 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 30.75% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 17.67% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 13.11% |

Tabla 113: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 02 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 01-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 02 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 17 | T - 18 | T - 19 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 36.37 | 38.78 | 40.24 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 33.51 | 35.88 | 37.79 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.30 | 27.19 | 27.11 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 6.21 | 8.69 | 10.68 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 2.86 | 2.90 | 2.45 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 46.05 | 33.37 | 22.94 |
| Nº DE GOLPES | 16 | 24 | 32 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 29.84 | 28.91 | 27.95 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 29.24 | 28.71 | 27.86 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.60 | 0.20 | 0.09 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.52 | 27.52 | 27.26 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 1.72 | 1.19 | 0.60 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 34.88 | 16.81 | 15.00 |
| PROMEDIO | | 22.23 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 31.46% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 22.23% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 9.23% |

Tabla 114: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 03 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 02-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 03 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 36.66 | 36.84 | 39.54 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 33.82 | 34.39 | 36.64 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.09 | 27.24 | 27.79 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 6.73 | 7.15 | 8.85 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 2.84 | 2.45 | 2.90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 42.20 | 34.27 | 32.77 |
| Nº DE GOLPES | 18 | 24 | 30 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.52 | 28.23 | 27.91 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.46 | 28.09 | 27.75 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.06 | 0.14 | 0.16 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.24 | 27.16 | 27.10 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 1.22 | 0.93 | 0.65 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 4.92 | 15.05 | 24.62 |
| PROMEDIO | | 14.86 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 34.45% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 14.86% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 19.58% |

Tabla 115: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 03 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 02-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 03 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 14 | T - 15 | T - 16 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 36.66 | 36.84 | 39.54 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 33.82 | 34.39 | 36.64 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.09 | 27.24 | 27.29 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 6.73 | 7.15 | 9.35 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 2.84 | 2.45 | 2.90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 42.20 | 34.27 | 31.02 |
| Nº DE GOLPES | 18 | 24 | 30 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 04 | T - 05 | T - 06 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.52 | 28.23 | 27.91 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.46 | 28.09 | 27.75 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.06 | 0.14 | 0.16 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.24 | 27.16 | 27.10 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 1.22 | 0.93 | 0.65 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 4.92 | 15.05 | 24.62 |
| PROMEDIO | | 14.86 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 34.45% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 14.86% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 19.58% |

Tabla 116: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 04 E – 01

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 02-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 04 - Estrato 01 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | V - 01 | V - 02 | V - 03 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 33.46 | 34.16 | 24.79 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 31.67 | 32.21 | 23.22 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.19 | 26.77 | 18.21 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 4.48 | 5.44 | 5.01 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.79 | 1.95 | 1.57 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 39.96 | 35.85 | 31.34 |
| Nº DE GOLPES | 18 | 25 | 30 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 11 | T - 12 | T - 13 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 29.12 | 29.98 | 28.69 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 28.99 | 29.79 | 28.54 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.13 | 0.19 | 0.15 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.90 | 28.63 | 27.25 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 1.09 | 1.16 | 1.29 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 11.93 | 16.38 | 11.63 |
| PROMEDIO | | 13.31 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 34.91% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 13.31% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 21.60% |

Tabla 117: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO P – 04 E – 02

| LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD - NTP 339.129 | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de suelos | FECHA: | 02-08-2018 |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro | TÉCNICO: | W.L.C. |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Posteo 04 - Estrato 02 | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso al sector Barraza | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
| MUESTRA | T - 17 | T - 18 | T - 19 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 33.21 | 35.04 | 34.69 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 31.99 | 33.33 | 33.06 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.75 | 27.15 | 26.86 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 4.24 | 6.18 | 6.20 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 1.22 | 1.71 | 1.63 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 28.77 | 27.67 | 26.29 |
| Nº DE GOLPES | 15 | 26 | 31 |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| MUESTRA | T - 01 | T - 21 | T - 22 |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 28.08 | 28.11 | 27.99 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 27.95 | 27.95 | 27.85 |
| PESO DEL AGUA (g.) | 0.13 | 0.16 | 0.14 |
| PESO DE LATA (g.) | 27.23 | 27.13 | 27.10 |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 0.72 | 0.82 | 0.75 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 18.06 | 19.51 | 18.67 |
| PROMEDIO | | 18.74 | |

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | |
|---|--------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 27.31% |
| LÍMITE PLÁSTICO | 18.74% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | 8.57% |

APÉNDICE Nº 1.4. Gravedad Específica

Tabla 118: Cálculo de gravedad específica para calicata Nº 01

| PICNÓMETRO Nº | 3 |
|--|---------------|
| PESO PICNÓMETRO (g.) | 154.21 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO (g.) | 225.20 |
| PESO SUELO SECO (g.) (W_s) | 71.00 |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO (g.) (W_1) | 701.61 |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. (g.) (W_2) | 656.72 |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO (g.) | 656.58 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO °c | 21.40 |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO | 2.73 |
| GS A 20° C | 2.73 |

Tabla 119: Cálculo de gravedad específica para calicata Nº 02

| PICNÓMETRO Nº | 3 |
|--|---------------|
| PESO PICNÓMETRO (g.) | 153.47 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO (g.) | 224.82 |
| PESO SUELO SECO (g.) (W_s) | 71.40 |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO (g.) (W_1) | 701.61 |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. (g.) (W_2) | 656.57 |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO (g.) | 656.46 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO °c | 21.40 |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO | 2.72 |
| GS A 20° C | 2.72 |

Tabla 120: Cálculo de gravedad específica para calicata Nº 03

| PICNÓMETRO Nº | 3 |
|--|---------------|
| PESO PICNÓMETRO (g.) | 152.52 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO (g.) | 224.35 |
| PESO SUELO SECO (g.) (W_s) | 71.80 |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO (g.) (W_1) | 702.11 |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. (g.) (W_2) | 656.53 |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO (g.) | 656.48 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO °c | 21.40 |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO | 2.74 |
| GS A 20° C | 2.74 |

Tabla 121: Cálculo de gravedad específica para calicata N° 04

| | |
|--|---------------|
| PICNÓMETRO N° | 3 |
| PESO PICNÓMETRO (g.) | 155.98 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO (g.) | 228.00 |
| PESO SUELO SECO (g.) (W_s) | 72.00 |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO (g.) (W_1) | 702.90 |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. (g.) (W_2) | 656.90 |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO (g.) | 656.78 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO °c | 21.00 |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO | 2.78 |
| GS A 20° C | 2.78 |

Tabla 122: Cálculo de gravedad específica para calicata N° 05

| | |
|--|---------------|
| PICNÓMETRO N° | 2 |
| PESO PICNÓMETRO (g.) | 160.8 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO (g.) | 233.70 |
| PESO SUELO SECO (g.) (W_s) | 72.90 |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO (g.) (W_1) | 703.10 |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. (g.) (W_2) | 656.80 |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO (g.) | 656.66 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO °c | 21.50 |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO | 2.76 |
| GS A 20° C | 2.76 |

ANEXO N° 2. Resultados del ensayo de Proctor Modificado

Tabla 123: Ensayo Proctor Modificado C – 01, muestra patrón

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 | | | | | | |
|--|--|----------------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 03-08-2018 | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MÉTODO | | | | | | |
| CANTIDAD DE LA MUESTRA: | 5000.00 gr | | | | | |
| Malla | P. Bandeja (gr.) | P. Bandeja + Muestra (gr.) | P. Muestra (gr.) | % Muestra | Tipo de Método | |
| 3/4 | 693.45 | 693.45 | 0 | 0.00% | MÉTODO A | |
| 3/8 | 479.35 | 479.35 | 0 | 0.00% | | |
| Nº4 | 424.55 | 528.88 | 104.33 | 2.09% | Nº Capas | 5 |
| Fondo | 674.8 | 5565.47 | 4890.67 | 97.81% | Nº Golpes | 25 |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (g.) | 5836.00 | 5946.00 | 6060.00 | 6164.00 | 6144.00 | 6048.00 |
| Peso molde (g.) | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 |
| Peso suelo compactado (g.) | 1692.00 | 1802.00 | 1916.00 | 2020.00 | 2000.00 | 1904.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 1.853 | 1.974 | 2.099 | 2.213 | 2.191 | 2.086 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.783 | 1.856 | 1.946 | 1.987 | 1.910 | 1.756 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (g) | 114.02 | 111.26 | 105.47 | 107.69 | 106.31 | 121.15 |
| Peso Tara + Suelo Seco (g) | 110.78 | 106.33 | 99.11 | 99.54 | 96.19 | 106.35 |
| Peso del agua (g) | 3.24 | 4.93 | 6.36 | 8.15 | 10.12 | 14.8 |
| Peso Tara (g) | 28.13 | 28.78 | 18.25 | 27.93 | 27.36 | 27.43 |
| Peso Suelo Seco (g) | 82.65 | 77.55 | 80.86 | 71.61 | 68.83 | 78.92 |
| Contenido de Humedad (%) | 3.92% | 6.36% | 7.87% | 11.38% | 14.70% | 18.75% |

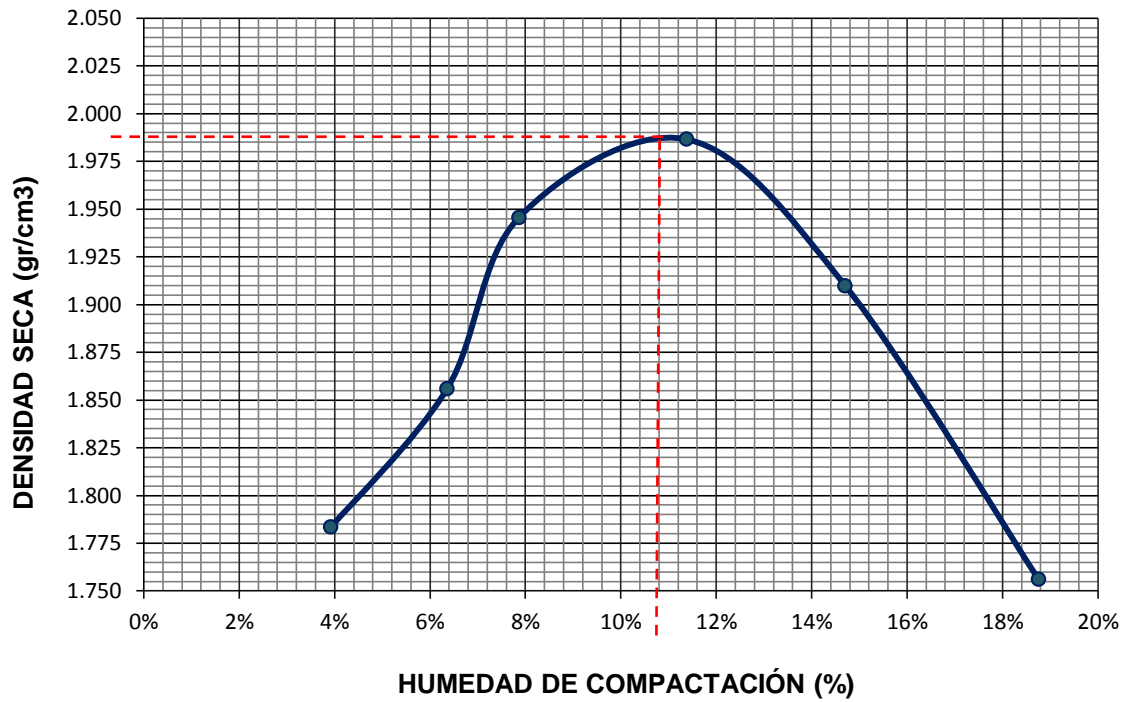


Figura Nº 83: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 01, muestra patrón

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|---------------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 11.05% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 1.987 |

Tabla 124: Resultado Proctor Modificado C – 01, muestra patrón

Tabla 125: Ensayo Proctor Modificado C – 03, muestra patrón

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | | |
|--|--|----------------------------|------------------|---------------------|----------------------|-----------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 23-08-2018 | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MÉTODO | | | | | | |
| CANTIDAD DE LA MUESTRA: | 5000.00 gr | | | | | |
| Malla | P. Bandeja (gr.) | P. Bandeja + Muestra (gr.) | P. Muestra (gr.) | % Muestra | Tipo de Método | |
| 3/4 | 693.45 | 693.45 | 0 | 0.00% | MÉTODO A | |
| 3/8 | 479.35 | 479.35 | 0 | 0.00% | | |
| Nº4 | 424.55 | 494.03 | 69.48 | 1.39% | Nº Capas | 5 |
| Fondo | 674.8 | 5598.2 | 4923.4 | 98.47% | Nº Golpes | 25 |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Muestra Nº | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | |
| Peso suelo + molde (gr) | 5940.00 | 6054.00 | 6136.00 | 6108.00 | 6032.00 | |
| Peso molde (gr) | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 | |
| Peso suelo compactado (gr) | 1802.00 | 1916.00 | 1998.00 | 1970.00 | 1894.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 1.974 | 2.099 | 2.189 | 2.158 | 2.075 | |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.847 | 1.903 | 1.939 | 1.869 | 1.747 | |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara Nº | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 143.58 | 161.31 | 136.98 | 146.46 | 145.89 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 136.91 | 149.32 | 125.09 | 132.07 | 127.2 | |
| Peso del agua (gr) | 6.67 | 11.99 | 11.89 | 14.39 | 18.69 | |
| Peso Tara (gr) | 39.57 | 32.44 | 32.64 | 38.81 | 27.66 | |
| Peso Suelo Seco (gr) | 97.34 | 116.88 | 92.45 | 93.26 | 99.54 | |
| Contenido de Humedad (%) | 6.85% | 10.26% | 12.86% | 15.43% | 18.78% | |

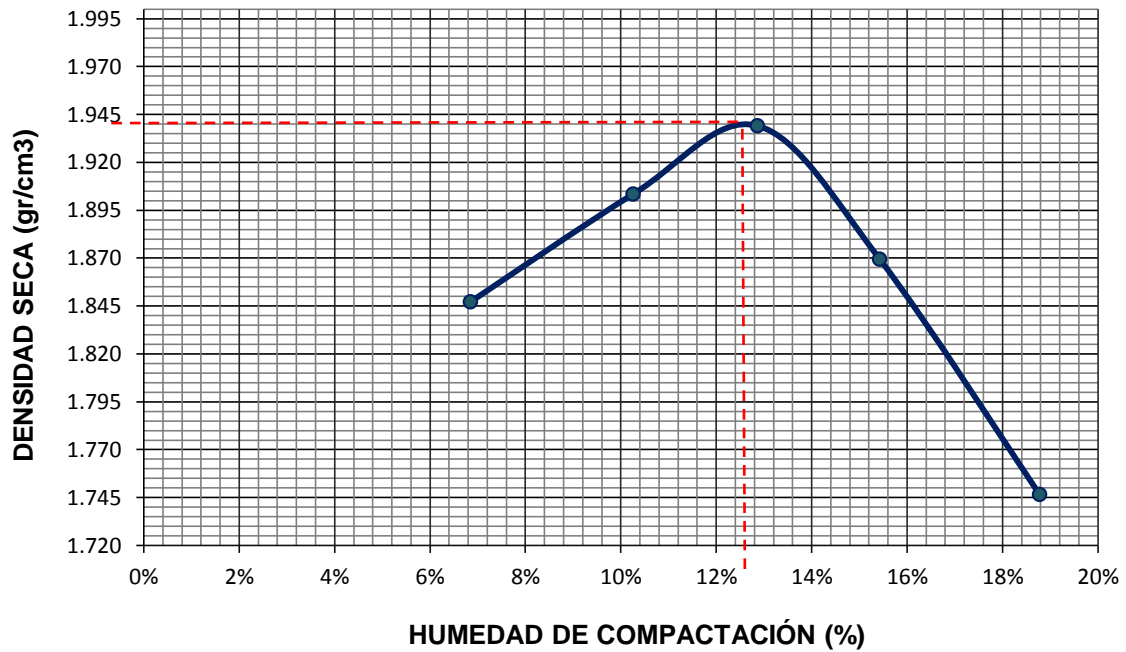


Figura N° 84: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 03, muestra patrón

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|---------------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 12.60% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 1.94 |

Tabla 126: Resultado Proctor Modificado C – 03, muestra patrón

Tabla 127: Ensayo Proctor Modificado C – 05, muestra patrón

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | | | | |
|--|--|----------------------------|------------------|---------------------|----------------------|--|-----------|-----------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 23-08-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MÉTODO | | | | | | | | |
| CANTIDAD DE LA MUESTRA: | 5000.00 gr | | | | | | | |
| Malla | P. Bandeja (gr.) | P. Bandeja + Muestra (gr.) | P. Muestra (gr.) | % Muestra | Tipo de Método | | | |
| 3/4 | 693.45 | 693.45 | 0 | 0.00% | MÉTODO A | | | |
| 3/8 | 479.35 | 479.35 | 0 | 0.00% | | | | |
| Nº4 | 424.55 | 577.99 | 153.44 | 3.07% | | | Nº Capas | 5 |
| Fondo | 674.8 | 5515.47 | 4840.67 | 96.81% | | | Nº Golpes | 25 |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | | | |
| Muestra Nº | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | | | |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | | |
| Peso suelo + molde (gr) | 5842.00 | 5946.00 | 6037.00 | 6065.00 | 6035.00 | | | |
| Peso molde (gr) | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 | | | |
| Peso suelo compactado (gr) | 1699.00 | 1803.00 | 1894.00 | 1922.00 | 1892.00 | | | |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | | | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 1.861 | 1.975 | 2.075 | 2.105 | 2.072 | | | |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.739 | 1.781 | 1.828 | 1.812 | 1.730 | | | |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| Tara Nº | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | | | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 131.64 | 127.65 | 150.71 | 137.39 | 151.13 | | | |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 124.79 | 117.85 | 136.1 | 122.08 | 130.65 | | | |
| Peso del agua (gr) | 6.85 | 9.8 | 14.61 | 15.31 | 20.48 | | | |
| Peso Tara (gr) | 27.36 | 27.6 | 28.01 | 27.4 | 27.14 | | | |
| Peso Suelo Seco (gr) | 97.43 | 90.25 | 108.09 | 94.68 | 103.51 | | | |
| Contenido de Humedad (%) | 7.03% | 10.86% | 13.52% | 16.17% | 19.79% | | | |

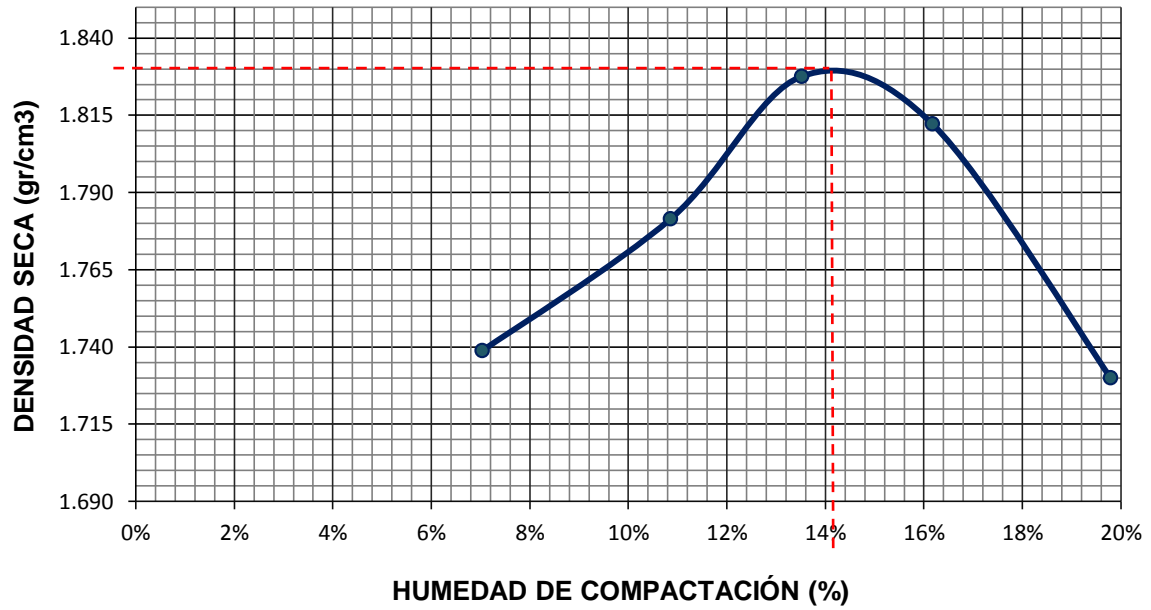


Figura N° 85: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata 05, muestra patrón

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|---------------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 14.18% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 1.83 |

Tabla 128: Resultado Proctor Modificado C – 05, muestra patrón

Tabla 129: Ensayo Proctor Modificado C – 01, mezcla suelo más 5% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|---------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA: | 29-08-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 + 5% DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6030.00 | 6124.00 | 6270.00 | 6156.00 | 6024.00 |
| Peso molde (gr) | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 |
| Peso suelo compactado (gr) | 1886.00 | 1980.00 | 2126.00 | 2012.00 | 1880.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.066 | 2.169 | 2.329 | 2.204 | 2.059 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.927 | 1.990 | 2.072 | 1.907 | 1.724 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 128.02 | 125.17 | 119.48 | 121.79 | 116.41 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 121.29 | 117.23 | 108.31 | 109.14 | 101.91 |
| Peso del agua (gr) | 6.73 | 7.94 | 11.17 | 12.65 | 14.5 |
| Peso Tara (gr) | 28.13 | 28.78 | 18.25 | 27.93 | 27.36 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 93.16 | 88.45 | 90.06 | 81.21 | 74.55 |
| Contenido de Humedad (%) | 7.22% | 8.98% | 12.40% | 15.58% | 19.45% |

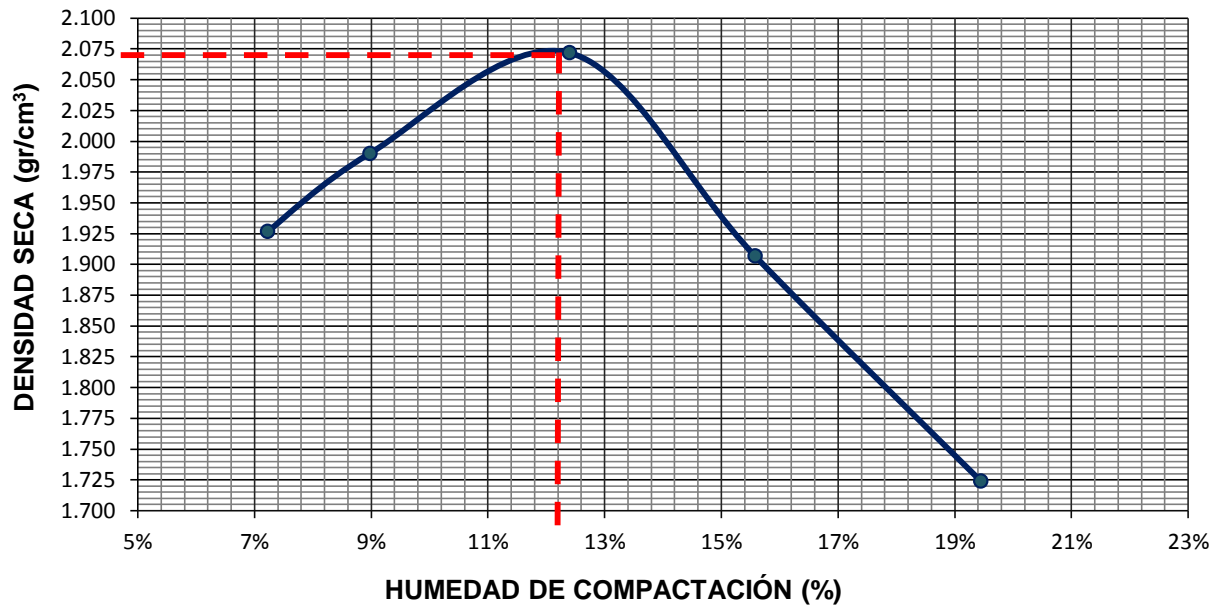


Figura Nº 86: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 01, mezcla suelo más 5% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|---------------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 12.20% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.07 |

Tabla 130: Resultado Proctor Modificado C – 01, mezcla suelo más 5% de ceniza

Tabla 131: Ensayo Proctor Modificado C – 03, mezcla suelo más 5% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|---------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA: | 29-08-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 + 5% DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. |
| PROCEDENCIA : | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6052.00 | 6136.00 | 6248.00 | 6220.00 | 6160.00 |
| Peso molde (gr) | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 |
| Peso suelo compactado (gr) | 1914.00 | 1998.00 | 2110.00 | 2082.00 | 2022.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.097 | 2.189 | 2.311 | 2.281 | 2.215 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.946 | 1.961 | 2.029 | 1.951 | 1.852 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 120.23 | 133.47 | 135.14 | 141.43 | 131.13 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 114.45 | 122.96 | 122.62 | 126.59 | 114.17 |
| Peso del agua (gr) | 5.78 | 10.51 | 12.52 | 14.84 | 16.96 |
| Peso Tara (gr) | 39.57 | 32.44 | 32.64 | 38.81 | 27.66 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 74.88 | 90.52 | 89.98 | 87.78 | 86.51 |
| Contenido de Humedad (%) | 7.72% | 11.61% | 13.91% | 16.91% | 19.60% |

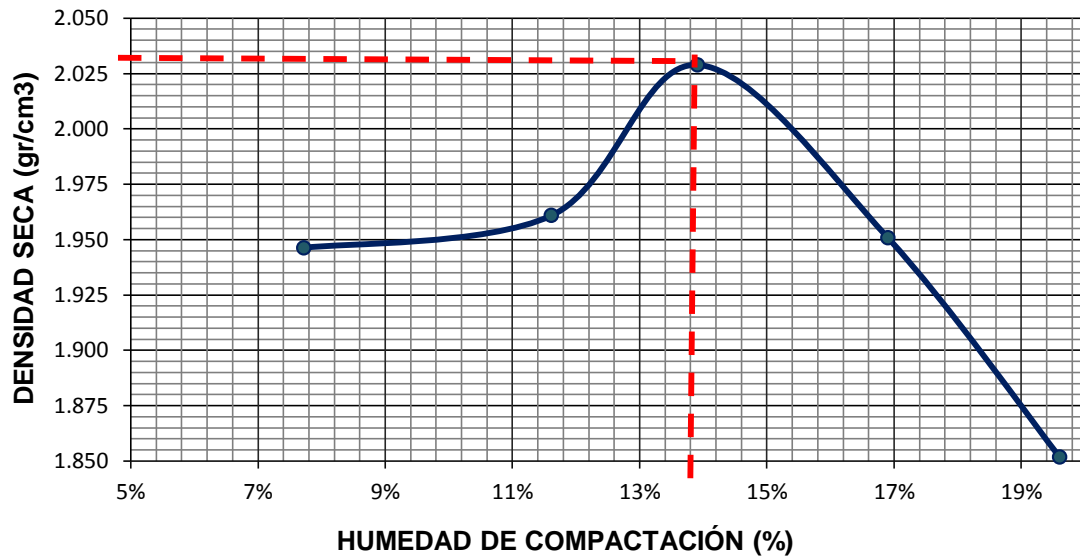


Figura N° 87: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 03, mezcla suelo más 5% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|---------------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 13.80% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.03 |

Tabla 132: Resultado Proctor Modificado C – 03, mezcla suelo más 5% de ceniza

Tabla 133: Ensayo Proctor Modificado C – 05, mezcla suelo más 5% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|---------------------|----------------------|---------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA: | 29-08-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03- ESTRATO 05 + 5% DE CENIZA | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6010.00 | 6118.00 | 6245.00 | 6195.00 | 6035.00 |
| Peso molde (gr) | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 |
| Peso suelo compactado (gr) | 1867.00 | 1975.00 | 2102.00 | 2052.00 | 1892.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.045 | 2.163 | 2.302 | 2.248 | 2.072 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.886 | 1.933 | 2.001 | 1.913 | 1.725 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 131.04 | 134.57 | 130.7 | 135.29 | 128.57 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 122.96 | 123.19 | 117.25 | 119.25 | 111.56 |
| Peso del agua (gr) | 8.08 | 11.38 | 13.45 | 16.04 | 17.01 |
| Peso Tara (gr) | 27.36 | 27.6 | 28.01 | 27.4 | 27.14 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 95.6 | 95.59 | 89.24 | 91.85 | 84.42 |
| Contenido de Humedad (%) | 8.45% | 11.91% | 15.07% | 17.46% | 20.15% |

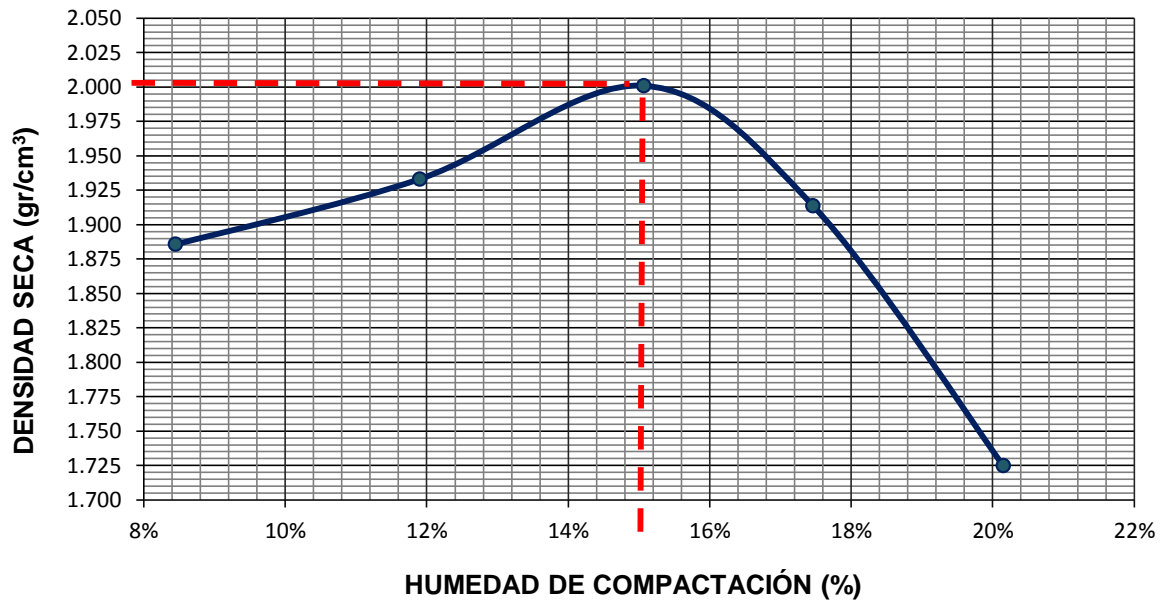


Figura Nº 88: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 05, mezcla suelo más 5% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|---------------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 15.00% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.001 |

Tabla 134: Resultado Proctor Modificado C – 05, mezcla suelo más 5% de ceniza

Tabla 135: Ensayo Proctor Modificado C – 01, mezcla suelo más 10% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|--------------------|---------------------|---------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA | : 30/10/18 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO | : W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE | : Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 + 10% DE CENIZA | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6118.00 | 6202.00 | 6296.00 | 6236.00 | 6196.00 |
| Peso molde (gr) | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 |
| Peso suelo compactado (gr) | 1974.00 | 2058.00 | 2152.00 | 2092.00 | 2052.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.162 | 2.254 | 2.357 | 2.291 | 2.248 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 2.001 | 2.062 | 2.086 | 1.973 | 1.880 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 131.29 | 129.54 | 121.13 | 131.33 | 128.15 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 123.62 | 120.93 | 109.28 | 116.98 | 111.66 |
| Peso del agua (gr) | 7.67 | 8.61 | 11.85 | 14.35 | 16.49 |
| Peso Tara (gr) | 28.13 | 28.78 | 18.25 | 27.93 | 27.36 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 95.49 | 92.15 | 91.03 | 89.05 | 84.3 |
| Contenido de Humedad (%) | 8.03% | 9.34% | 13.02% | 16.11% | 19.56% |

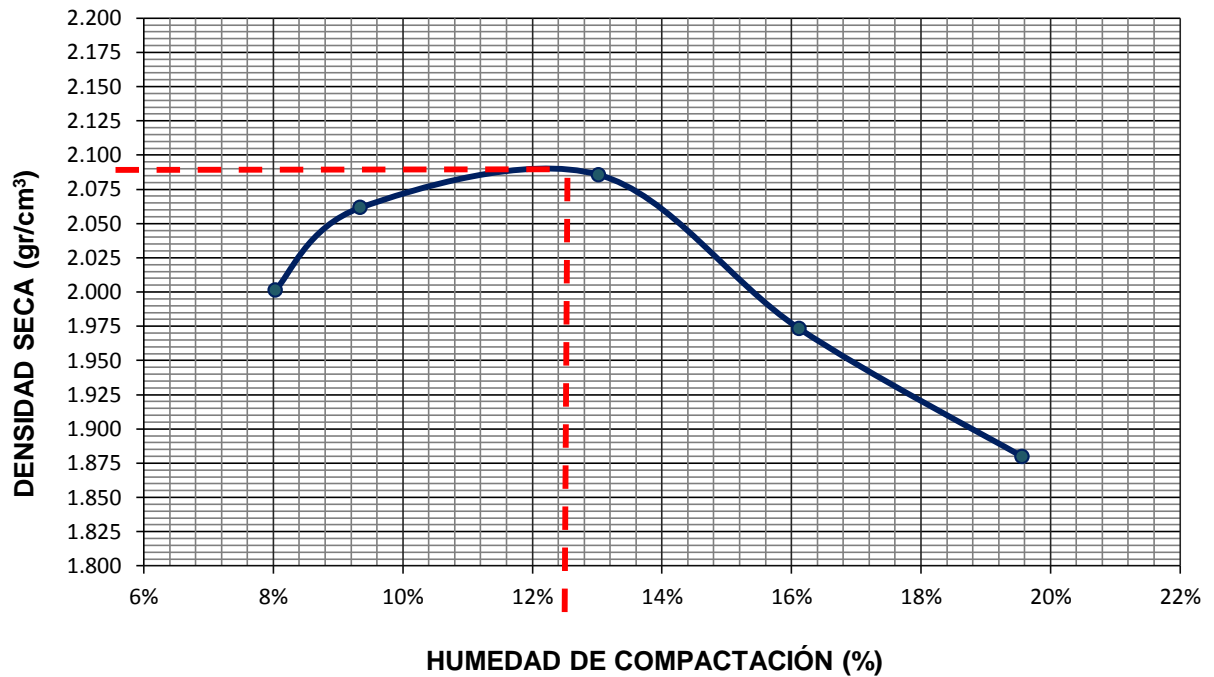


Figura Nº 89: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 01, mezcla suelo más 10% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|---------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 12.60 % |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.086 |

Tabla 136: Resultado Proctor Modificado C – 01, mezcla suelo más 10% de ceniza

Tabla 137: Ensayo Proctor Modificado C – 03, mezcla suelo más 10% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|--------------------|-------------------|---------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA | : 30/10/18 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO | : W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE | : Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 + 10% DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6077.00 | 6158.00 | 6286.00 | 6225.00 | 6178.00 |
| Peso molde (gr) | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 |
| Peso suelo compactado (gr) | 1939.00 | 2020.00 | 2148.00 | 2087.00 | 2040.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.124 | 2.213 | 2.353 | 2.286 | 2.235 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.955 | 1.966 | 2.061 | 1.951 | 1.862 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 145.67 | 135.71 | 136.18 | 142.95 | 129.74 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 137.22 | 124.21 | 123.33 | 127.67 | 112.71 |
| Peso del agua (gr) | 8.45 | 11.5 | 12.85 | 15.28 | 17.03 |
| Peso Tara (gr) | 39.57 | 32.44 | 32.64 | 38.81 | 27.66 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 97.65 | 91.77 | 90.69 | 88.86 | 85.05 |
| Contenido de Humedad (%) | 8.65% | 12.53% | 14.17% | 17.20% | 20.02% |

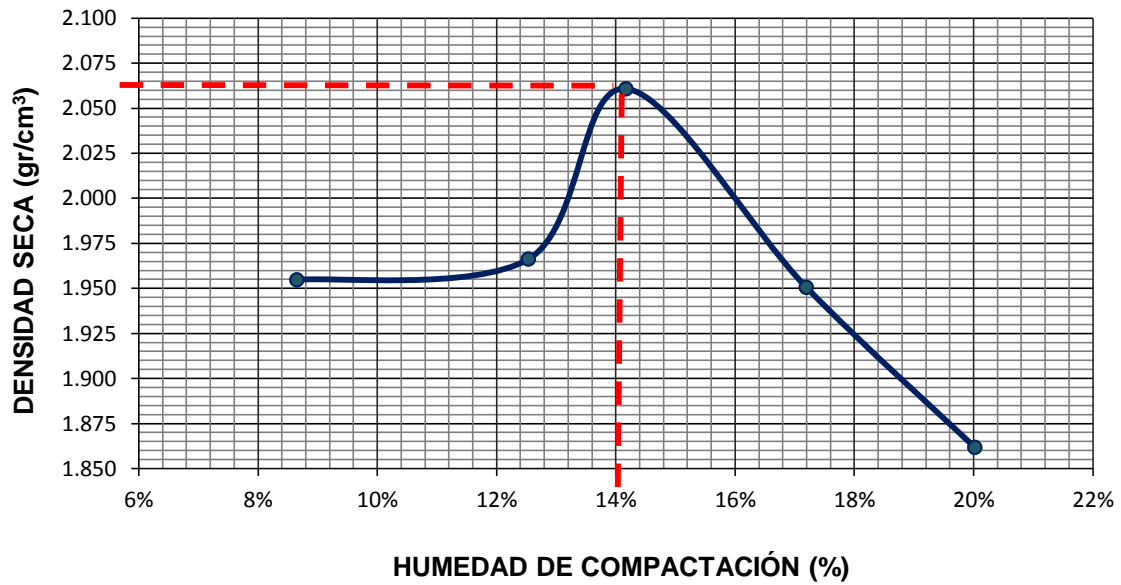


Figura Nº 90: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 03, mezcla suelo más 10% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|--------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 14.10% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.061 |

Tabla 138: Resultado Proctor Modificado C – 03, mezcla suelo más 10% de ceniza

Tabla 139: Ensayo Proctor Modificado C – 05, mezcla suelo más 10% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|--------------------|-------------------|---------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA | : 30/10/18 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO | : W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE | : Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 + 10% DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6041.00 | 6145.00 | 6299.00 | 6204.00 | 6196.00 |
| Peso molde (gr) | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 |
| Peso suelo compactado (gr) | 1898.00 | 2002.00 | 2156.00 | 2061.00 | 2053.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.079 | 2.193 | 2.362 | 2.258 | 2.249 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.907 | 1.942 | 2.030 | 1.909 | 1.854 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 128.52 | 127.68 | 132.54 | 127.71 | 132 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 120.13 | 116.24 | 117.87 | 112.23 | 113.58 |
| Peso del agua (gr) | 8.39 | 11.44 | 14.67 | 15.48 | 18.42 |
| Peso Tara (gr) | 27.36 | 27.6 | 28.01 | 27.4 | 27.14 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 92.77 | 88.64 | 89.86 | 84.83 | 86.44 |
| Contenido de Humedad (%) | 9.04% | 12.91% | 16.33% | 18.25% | 21.31% |

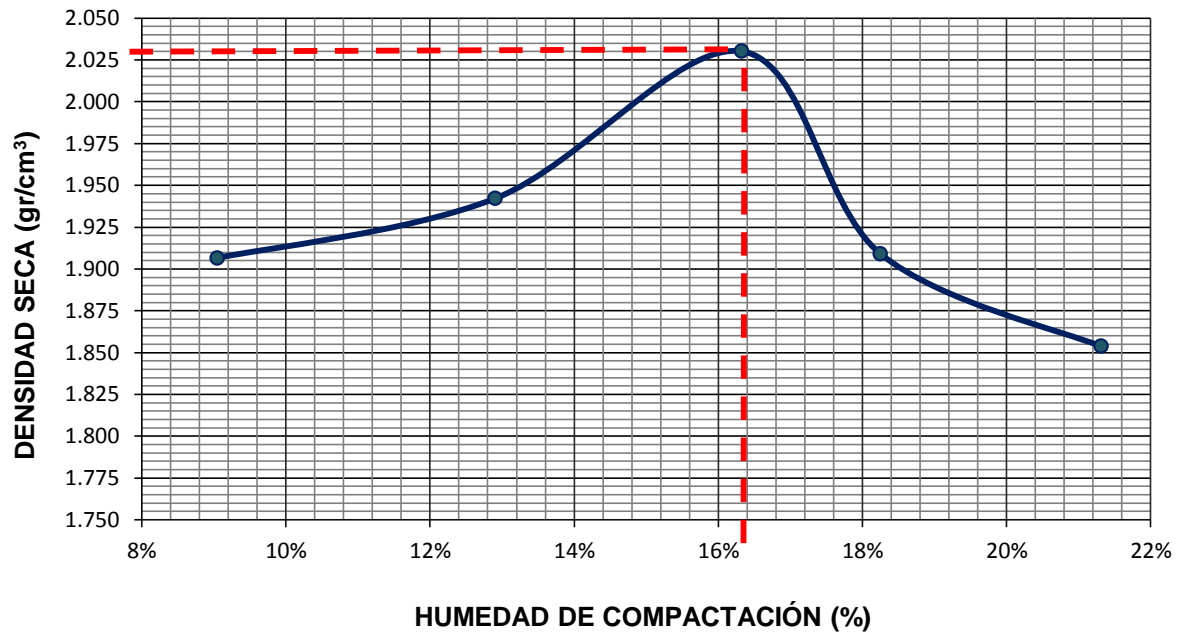


Figura Nº 91: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 05, mezcla suelo más 10% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|--------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 16.30% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.030 |

Tabla 140: Resultado Proctor Modificado C – 05, mezcla suelo más 10% de ceniza

Tabla 141: Ensayo Proctor Modificado C – 01, mezcla suelo más 15% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|--------------------|-------------------|---------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA | : 31/10/18 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO | : W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE | : Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 + 15% DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6150.00 | 6240.00 | 6327.00 | 6278.00 | 6232.00 |
| Peso molde (gr) | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 | 4144 |
| Peso suelo compactado (gr) | 2006.00 | 2096.00 | 2183.00 | 2134.00 | 2088.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.197 | 2.296 | 2.391 | 2.337 | 2.287 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 2.002 | 2.077 | 2.091 | 1.988 | 1.894 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 143.51 | 134.12 | 125.78 | 133.74 | 133.22 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 133.25 | 124.07 | 112.28 | 117.92 | 115.04 |
| Peso del agua (gr) | 10.26 | 10.05 | 13.5 | 15.82 | 18.18 |
| Peso Tara (gr) | 28.13 | 28.78 | 18.25 | 27.93 | 27.36 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 105.12 | 95.29 | 94.03 | 89.99 | 87.68 |
| Contenido de Humedad (%) | 9.76% | 10.55% | 14.36% | 17.58% | 20.73% |

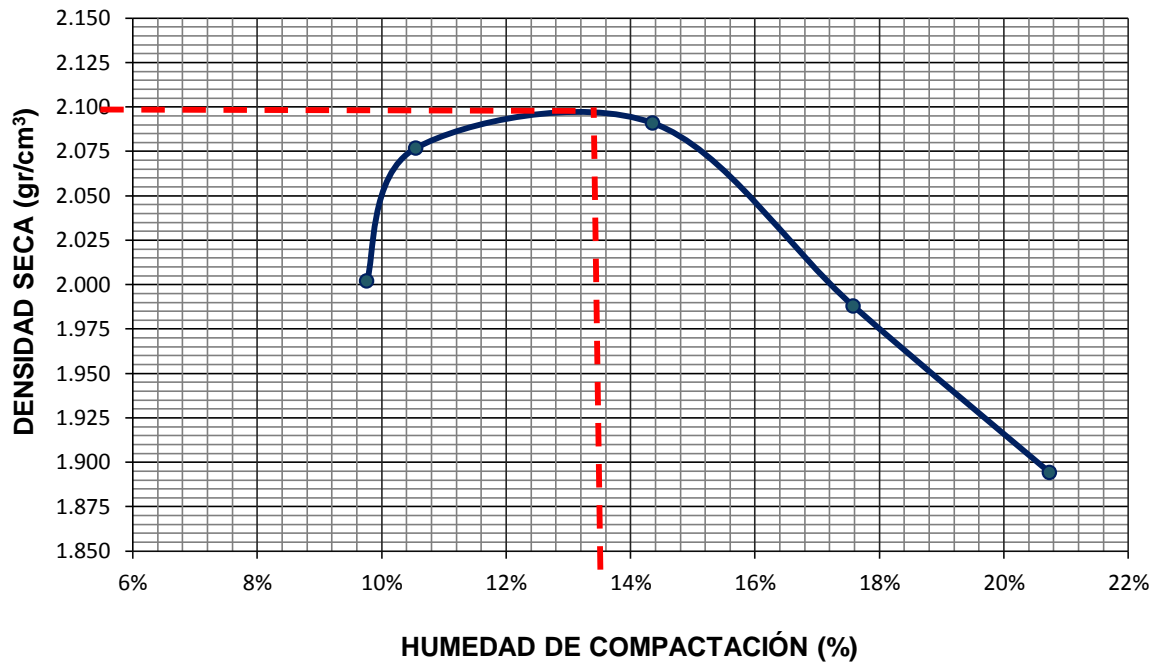


Figura Nº 92: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 01, mezcla suelo más 15% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|--------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 13.60% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.091 |

Tabla 142: Resultado Proctor Modificado C – 01, mezcla suelo más 15% de ceniza

Tabla 143: Ensayo Proctor Modificado C – 03, mezcla suelo más 15% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | | |
|---|--|---------------|---------------|---------------------|-------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA | : 31/10/18 | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO | : W.L.C | |
| | | | | RESPONSABLE | : Andrea Terrones | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 + 15% DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | |
| Peso suelo + molde (gr) | 6122.00 | 6208.00 | 6346.00 | 6261.00 | 6214.00 | |
| Peso molde (gr) | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 | 4138 | |
| Peso suelo compactado (gr) | 1984.00 | 2070.00 | 2208.00 | 2123.00 | 2076.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.173 | 2.267 | 2.419 | 2.325 | 2.274 | |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.980 | 1.999 | 2.088 | 1.972 | 1.891 | |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 141.12 | 136.25 | 137.19 | 143.66 | 129.18 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 132.07 | 123.95 | 122.89 | 127.74 | 112.09 | |
| Peso del agua (gr) | 9.05 | 12.3 | 14.3 | 15.92 | 17.09 | |
| Peso Tara (gr) | 39.57 | 32.44 | 32.64 | 38.81 | 27.66 | |
| Peso Suelo Seco (gr) | 92.5 | 91.51 | 90.25 | 88.93 | 84.43 | |
| Contenido de Humedad (%) | 9.78% | 13.44% | 15.84% | 17.90% | 20.24% | |

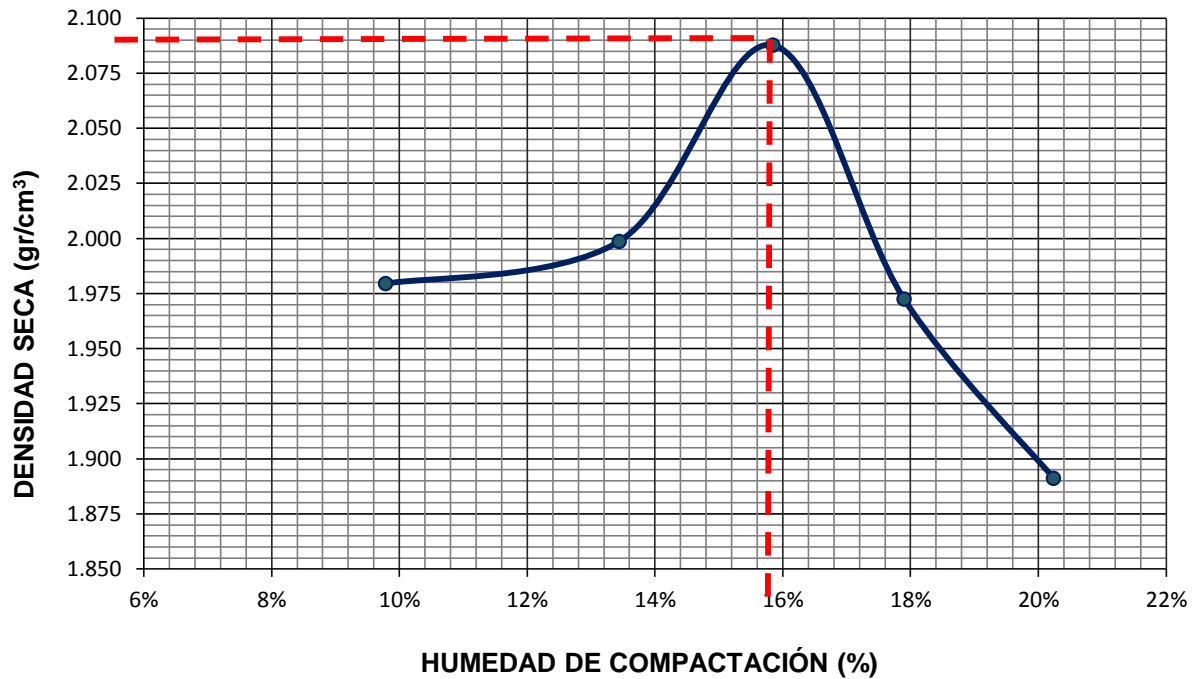


Figura Nº 93: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 03, mezcla suelo más 15% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|--------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 15.70% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.088 |

Tabla 144: Resultado Proctor Modificado C – 03, mezcla suelo más 15% de ceniza

Tabla 145: Ensayo Proctor Modificado C – 05, mezcla suelo más 15% de ceniza

| ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D - 1557 | | | | | |
|---|--|--------------------|-------------------|---------------------|---------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA | : 31/10/18 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO | : W.L.C | | |
| | | RESPONSABLE | : Andrea Terrones | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 + 15% DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | |
| Muestra N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Peso suelo + molde (gr) | 6114.00 | 6243.00 | 6313.00 | 6298.00 | 6201.00 |
| Peso molde (gr) | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 | 4143 |
| Peso suelo compactado (gr) | 1971.00 | 2100.00 | 2170.00 | 2155.00 | 2058.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 | 912.95 |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 2.159 | 2.300 | 2.377 | 2.360 | 2.254 |
| Densidad seca (gr/cm ³) | 1.952 | 2.031 | 2.034 | 1.986 | 1.855 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | |
| Tara N° | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 129.87 | 132.45 | 131.13 | 135.64 | 133.97 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr) | 120.04 | 120.17 | 116.27 | 118.47 | 115.05 |
| Peso del agua (gr) | 9.83 | 12.28 | 14.86 | 17.17 | 18.92 |
| Peso Tara (gr) | 27.36 | 27.6 | 28.01 | 27.4 | 27.14 |
| Peso Suelo Seco (gr) | 92.68 | 92.57 | 88.26 | 91.07 | 87.91 |
| Contenido de Humedad (%) | 10.61% | 13.27% | 16.84% | 18.85% | 21.52% |

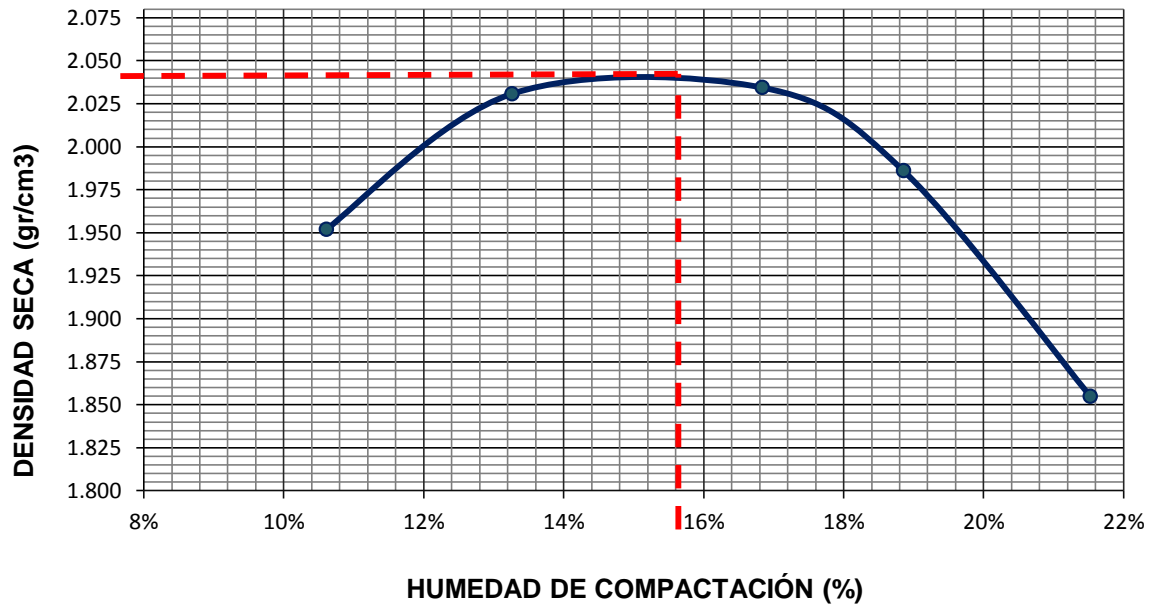


Figura Nº 94: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la C – 05, mezcla suelo más 15% de ceniza.

Elaboración: Propia

| | |
|-------------------------|--------|
| HUMEDAD OPTIMA: | 15.60% |
| DENSIDAD MÁXIMA: | 2.034 |

Tabla 146: Resultado Proctor Modificado C – 05, mezcla suelo más 15% de ceniza

ANEXO N° 3. Resultados del ensayo de Compresión simple no confinada

Tabla 147: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | | 27.70 | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | | 154.64 | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | | 140.69 | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | | 13.95 | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | | 112.99 | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | | 12.35 | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | | P - 1 | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | | 10.131 | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | | 11.592 | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | | 80.611 | | | |
| PESO (g.) | | | | | 2014.72 | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 1.19 | 1.45 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.02 | 1.76 |
| 13 | 1.56 | 3.11 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.04 | 3.75 |
| 17 | 2.01 | 5.13 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.06 | 6.14 |
| 21 | 2.53 | 7.47 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.09 | 8.89 |
| 25 | 2.94 | 9.31 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.11 | 11.02 |
| 29 | 3.18 | 10.39 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.12 | 12.22 |
| 33 | 3.49 | 11.78 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.78 |
| 37 | 3.53 | 11.96 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.91 |
| 38 | 3.51 | 11.87 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.73 |

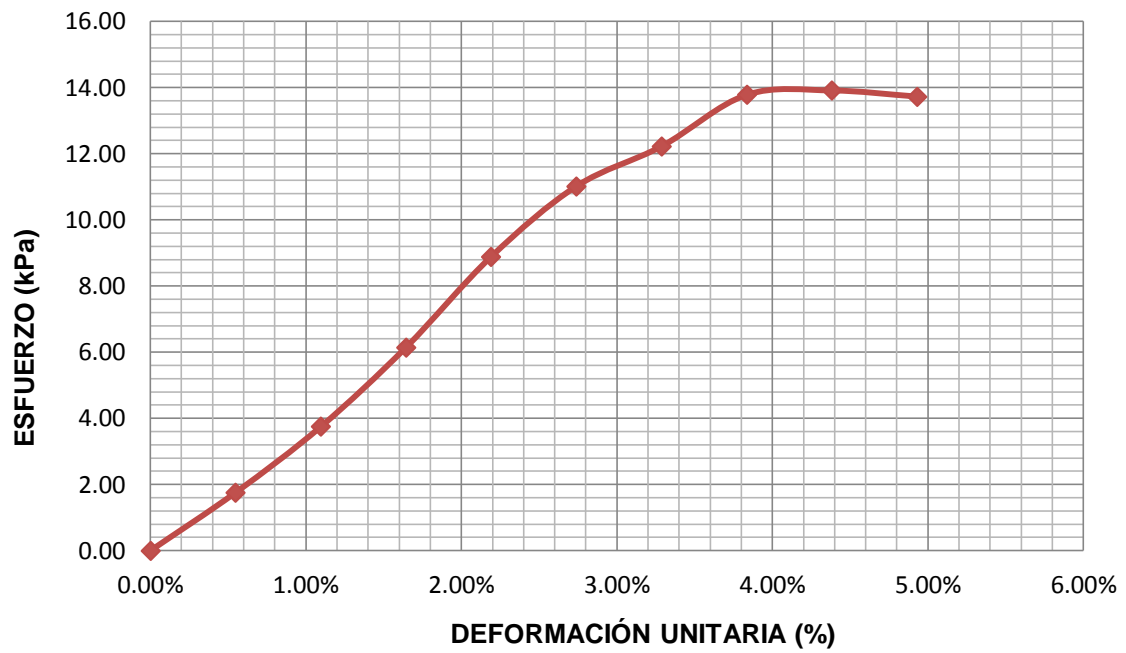


Figura Nº 95: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 148: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------------------|------------------------------|---------------------------|----------------|--|------------------------|-----|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.34 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 106.94 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 98.01 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 8.93 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 70.67 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 12.64 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 2 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 10.181 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.571 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 81.409 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 2001.23 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 | DEFORMACIÓN UNITARIA | $\epsilon = \Delta H / H$ | | | kg/cm ² | kPa |
| | Nº DE DIVISIONES | kg. | 0.001" | | | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 | |
| 7 | 1.23 | 1.63 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.02 | 1.97 | |
| 11 | 1.64 | 3.47 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.04 | 4.18 | |
| 15 | 2.19 | 5.94 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.07 | 7.11 | |
| 19 | 2.62 | 7.87 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.10 | 9.37 | |
| 23 | 3.01 | 9.62 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.12 | 11.39 | |
| 27 | 3.19 | 10.43 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 12.28 | |
| 31 | 3.50 | 11.83 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.83 | |
| 35 | 3.54 | 12.00 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.96 | |
| 39 | 3.52 | 11.91 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.78 | |

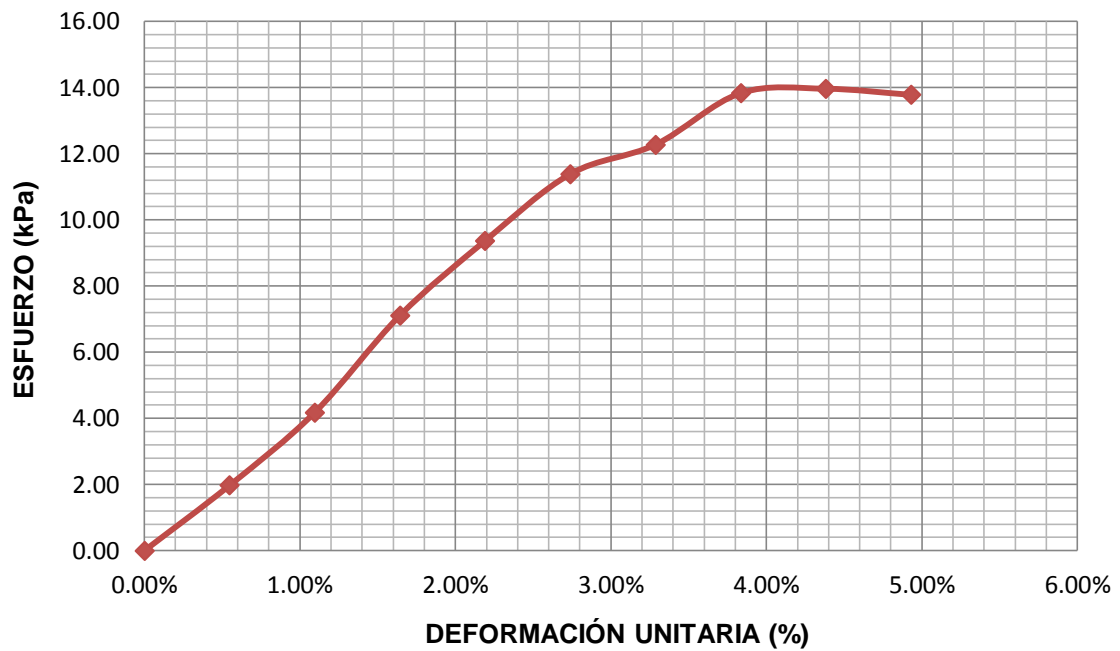


Figura Nº 96: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 149: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------------|---|------------------------------|----------------------|--|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | | | 27.53 | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | | | 128.24 | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | | | 117.14 | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | | | 11.10 | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | | | 89.61 | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | | | 12.39 | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | | | P - 3 | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | | | 10.161 | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | | | 11.692 | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | | | 81.089 | | | |
| PESO (g.) | | | | | | 1994.93 | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | | | kPa | |
| | Nº DE DIVISIONES | kg. | 0.001" | | | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 | |
| 9 | 1.31 | 1.99 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.02 | 2.41 | |
| 15 | 1.75 | 3.97 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.05 | 4.77 | |
| 19 | 2.25 | 6.21 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.08 | 7.43 | |
| 23 | 2.84 | 8.86 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.11 | 10.54 | |
| 27 | 3.13 | 10.16 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.12 | 12.03 | |
| 31 | 3.31 | 10.97 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 12.91 | |
| 35 | 3.48 | 11.74 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.73 | |
| 39 | 3.52 | 11.91 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.86 | |
| 41 | 3.49 | 11.78 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.62 | |

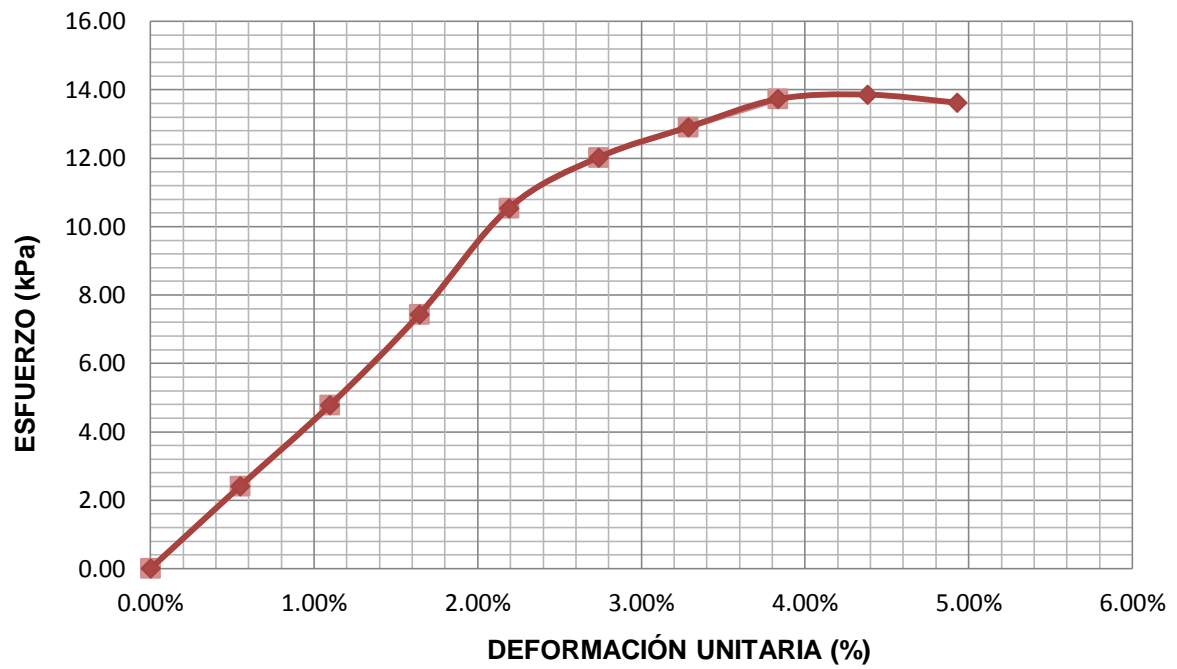


Figura N° 97: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 150: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|---|---------------------|------------------------------|--|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.60 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 132.63 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 120.96 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 11.67 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 93.36 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 12.50 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 13 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.852 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.68 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.232 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1912.56 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 | |
| 9 | 1.30 | 1.95 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.02 | 2.35 | |
| 14 | 1.81 | 4.24 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.05 | 5.10 | |
| 17 | 2.25 | 6.21 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.08 | 7.43 | |
| 21 | 2.94 | 9.31 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.11 | 11.08 | |
| 25 | 3.14 | 10.21 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.12 | 12.08 | |
| 27 | 3.27 | 10.79 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 12.70 | |
| 29 | 3.43 | 11.51 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.47 | |
| 31 | 3.51 | 11.87 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.81 | |
| 32 | 3.50 | 11.83 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.68 | |

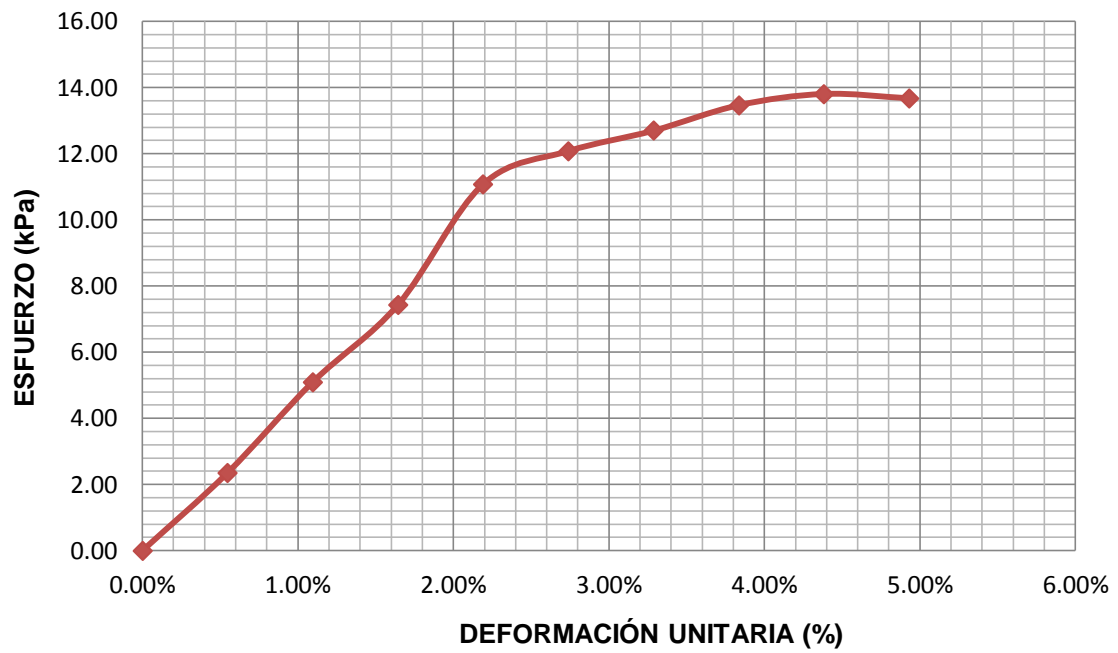


Figura Nº 98: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 151: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------|-------------------------|--|---------------------|----------------------------------|---|---------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.27 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 161.42 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 146.91 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 14.51 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 119.64 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 12.13 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 14 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.888 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.682 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.790 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1917.04 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | | | kPa | |
| | Nº DE DIVISIONES | kg. | 0.001" | | | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 | |
| 7 | 1.70 | 3.74 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.05 | 4.53 | |
| 11 | 1.95 | 4.87 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.06 | 5.85 | |
| 15 | 2.29 | 6.39 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.08 | 7.65 | |
| 19 | 2.99 | 9.54 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.12 | 11.35 | |
| 23 | 3.23 | 10.61 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.13 | 12.56 | |
| 27 | 3.31 | 10.97 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 12.91 | |
| 31 | 3.41 | 11.42 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.36 | |
| 35 | 3.53 | 11.96 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.91 | |
| 37 | 3.52 | 11.91 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.78 | |

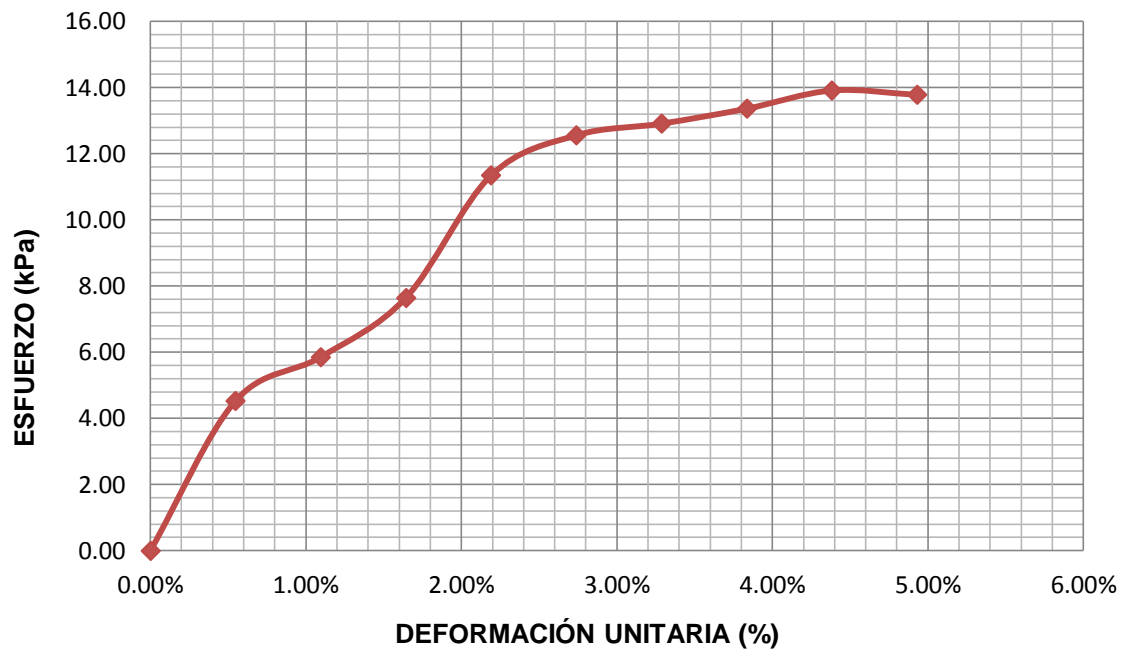


Figura Nº 99 : Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 152: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.51 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 143.79 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 131.61 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 12.18 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 104.10 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 11.70 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 15 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.859 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.662 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.341 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1914.53 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | kg/cm ² | | | kPa | |
| | Nº DE DIVISIONES | kg. | 0.001" | | | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 | |
| 11 | 1.68 | 3.65 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.05 | 4.42 | |
| 13 | 1.94 | 4.82 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.06 | 5.80 | |
| 17 | 2.26 | 6.26 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.08 | 7.49 | |
| 21 | 2.98 | 9.49 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.12 | 11.29 | |
| 25 | 3.20 | 10.48 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.13 | 12.40 | |
| 29 | 3.33 | 11.06 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 13.01 | |
| 33 | 3.44 | 11.56 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.52 | |
| 36 | 3.54 | 12.00 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.96 | |
| 38 | 3.52 | 11.91 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.78 | |

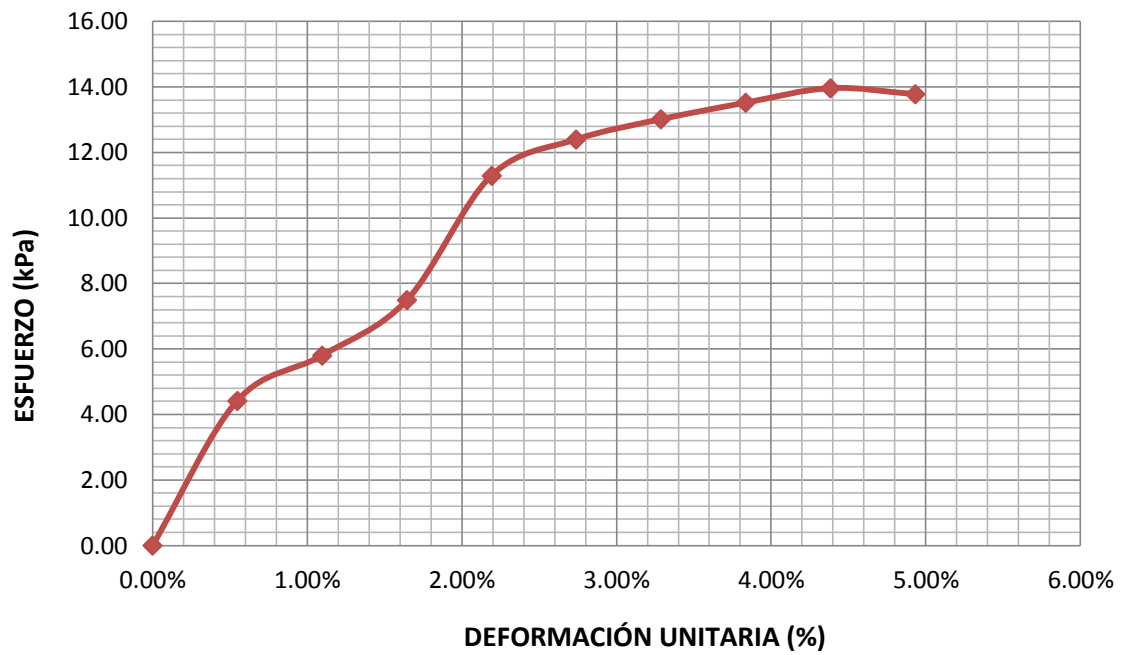


Figura N° 100: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 153: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 22.26 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 104.94 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 93.92 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 11.02 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 71.66 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 15.38 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 25 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.899 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.86 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.961 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1901.60 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 1.81 | 4.24 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.05 | 5.13 |
| 9 | 1.97 | 4.95 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.06 | 5.96 |
| 13 | 2.31 | 6.48 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.08 | 7.76 |
| 17 | 2.98 | 9.49 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.12 | 11.29 |
| 21 | 3.25 | 10.70 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.13 | 12.66 |
| 25 | 3.37 | 11.24 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 13.23 |
| 29 | 3.47 | 11.69 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.68 |
| 33 | 3.52 | 11.91 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.86 |
| 37 | 3.50 | 11.83 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.68 |

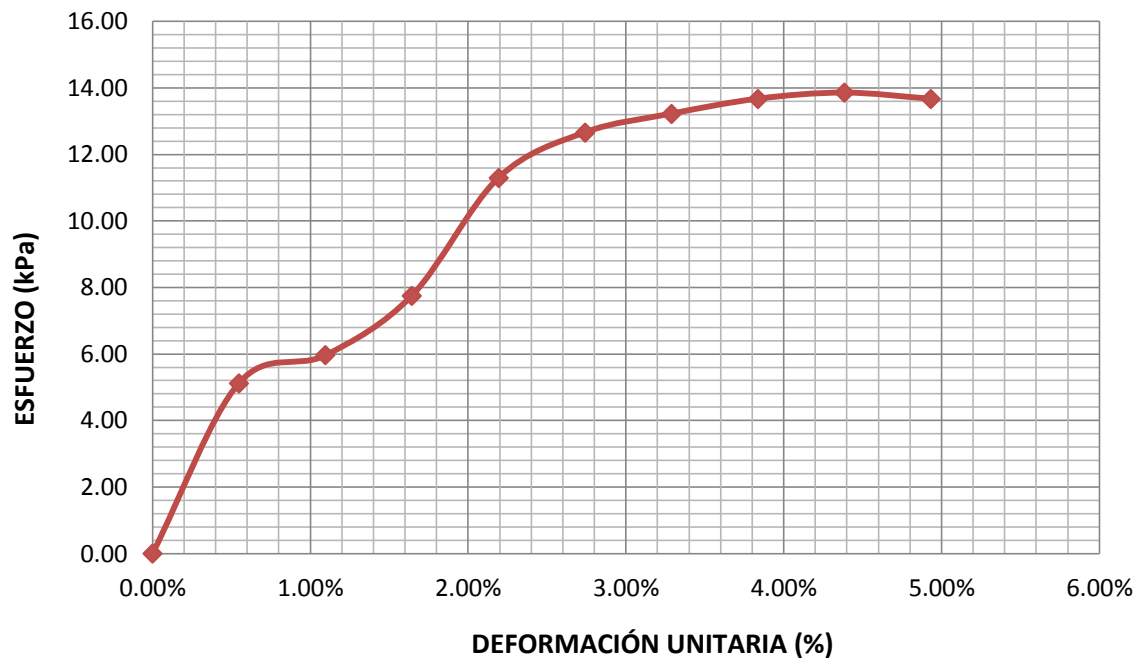


Figura N° 101: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 154: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 22.79 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 142.03 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 126.05 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 15.98 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 103.26 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 15.48 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 26 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.869 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.842 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.496 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1905.22 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 1.83 | 4.33 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.05 | 5.23 |
| 8 | 1.96 | 4.91 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.06 | 5.91 |
| 12 | 2.33 | 6.57 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.08 | 7.86 |
| 16 | 2.97 | 9.45 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.11 | 11.24 |
| 20 | 3.22 | 10.57 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.13 | 12.50 |
| 24 | 3.33 | 11.06 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 13.01 |
| 28 | 3.45 | 11.60 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.57 |
| 32 | 3.50 | 11.83 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.76 |
| 36 | 3.48 | 11.74 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.57 |

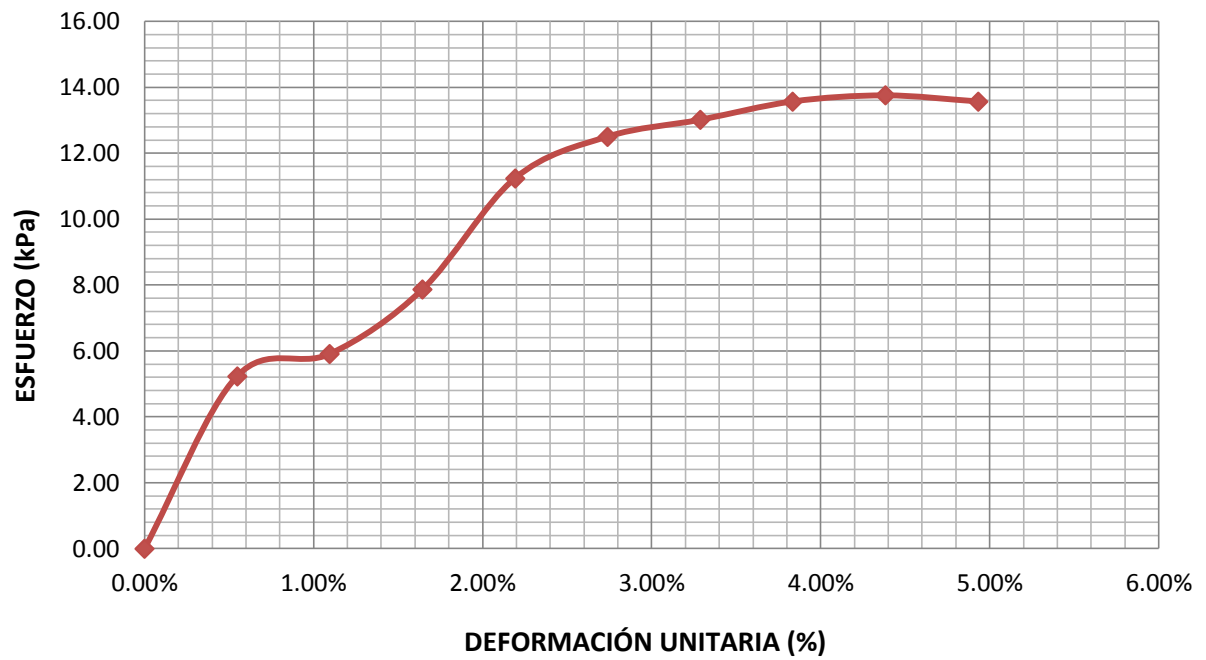


Figura N° 102: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 155: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, muestra de suelo patrón

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 21.50 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 129.19 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 114.14 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 15.05 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 92.64 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 16.25 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 27 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.884 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.858 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.728 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1907.09 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 80.6110 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 1.81 | 4.24 | 0.025 | 0.0055 | 0.9945 | 81.0551 | 0.05 | 5.13 |
| 13 | 1.94 | 4.82 | 0.050 | 0.0110 | 0.9890 | 81.5040 | 0.06 | 5.80 |
| 17 | 2.32 | 6.53 | 0.075 | 0.0164 | 0.9836 | 81.9579 | 0.08 | 7.81 |
| 21 | 2.96 | 9.40 | 0.100 | 0.0219 | 0.9781 | 82.4169 | 0.11 | 11.19 |
| 25 | 3.24 | 10.66 | 0.125 | 0.0274 | 0.9726 | 82.8811 | 0.13 | 12.61 |
| 29 | 3.35 | 11.15 | 0.150 | 0.0329 | 0.9671 | 83.3506 | 0.13 | 13.12 |
| 33 | 3.44 | 11.56 | 0.175 | 0.0383 | 0.9617 | 83.8254 | 0.14 | 13.52 |
| 37 | 3.51 | 11.87 | 0.200 | 0.0438 | 0.9562 | 84.3056 | 0.14 | 13.81 |
| 39 | 3.49 | 11.78 | 0.225 | 0.0493 | 0.9507 | 84.7914 | 0.14 | 13.62 |

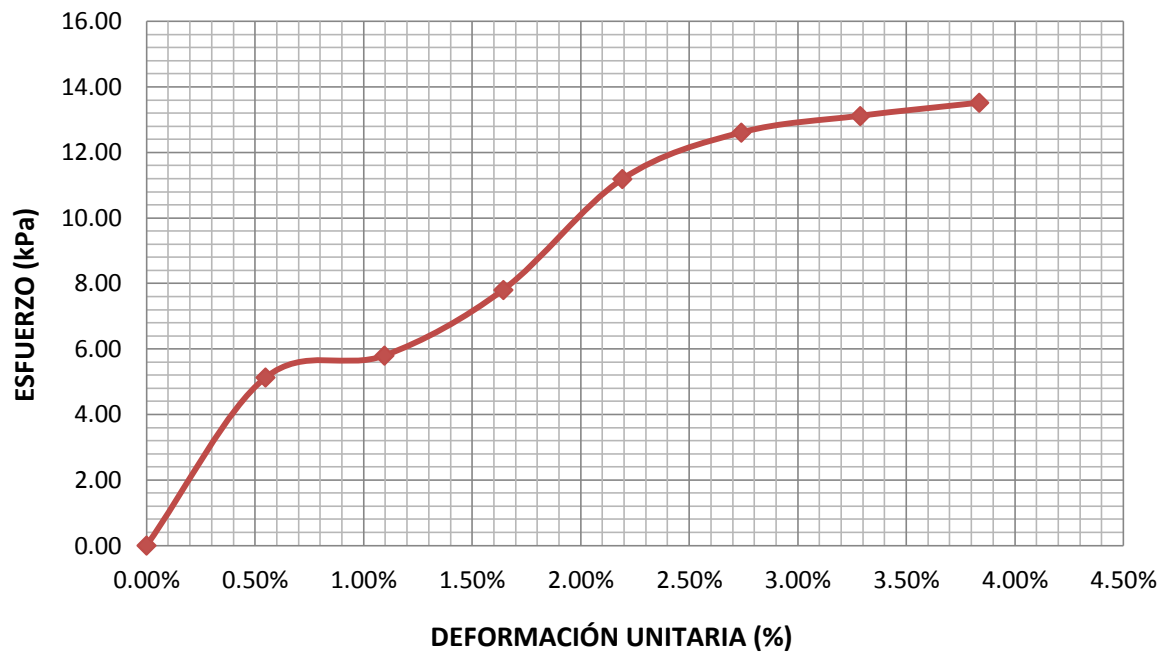


Figura N° 103: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 muestra patrón

Elaboración: Propia

Tabla 156: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|---------|--------------------------------|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.99 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 142.66 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 129.76 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 12.90 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 101.77 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 12.68 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 4 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.859 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.664 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.341 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1993.67 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 | |
| 2 | 4.10 | 14.52 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.55 | |
| 7 | 4.75 | 17.44 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.16 | |
| 14 | 5.15 | 19.23 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.30 | |
| 20 | 5.60 | 21.25 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.27 | 26.71 | |
| 24 | 6.10 | 23.50 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.36 | |
| 28 | 6.63 | 25.88 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 32.16 | |
| 32 | 6.74 | 26.37 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.33 | 32.59 | |
| 36 | 6.99 | 27.49 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.78 | |
| 38 | 6.97 | 27.40 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.48 | |

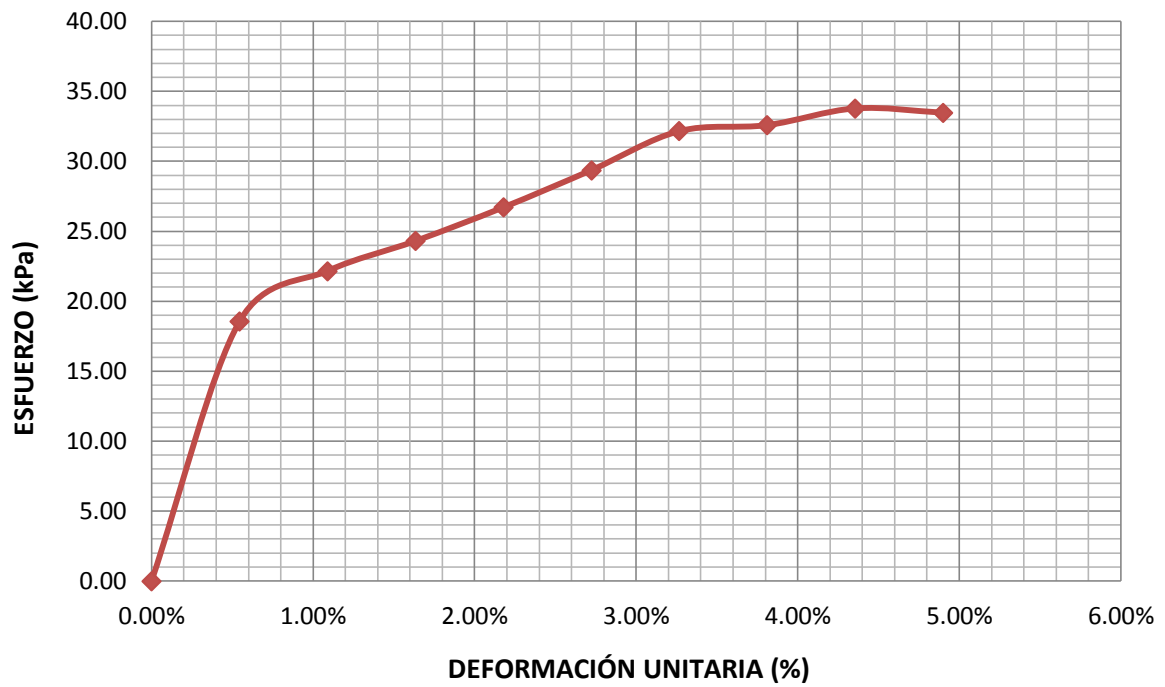


Figura N° 104: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 157: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 09-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.37 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 133.32 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 121.55 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 11.77 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 94.18 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 12.50 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 5 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.863 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.68 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.403 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1992.78 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA A _o / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 4.08 | 14.43 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.43 |
| 11 | 4.73 | 17.35 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.22 | 22.04 |
| 17 | 5.12 | 19.10 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.13 |
| 22 | 5.59 | 21.21 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.27 | 26.65 |
| 27 | 6.07 | 23.36 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.20 |
| 31 | 6.59 | 25.70 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 31.93 |
| 34 | 6.71 | 26.24 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.33 | 32.42 |
| 37 | 6.97 | 27.40 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.67 |
| 40 | 6.95 | 27.32 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.37 |

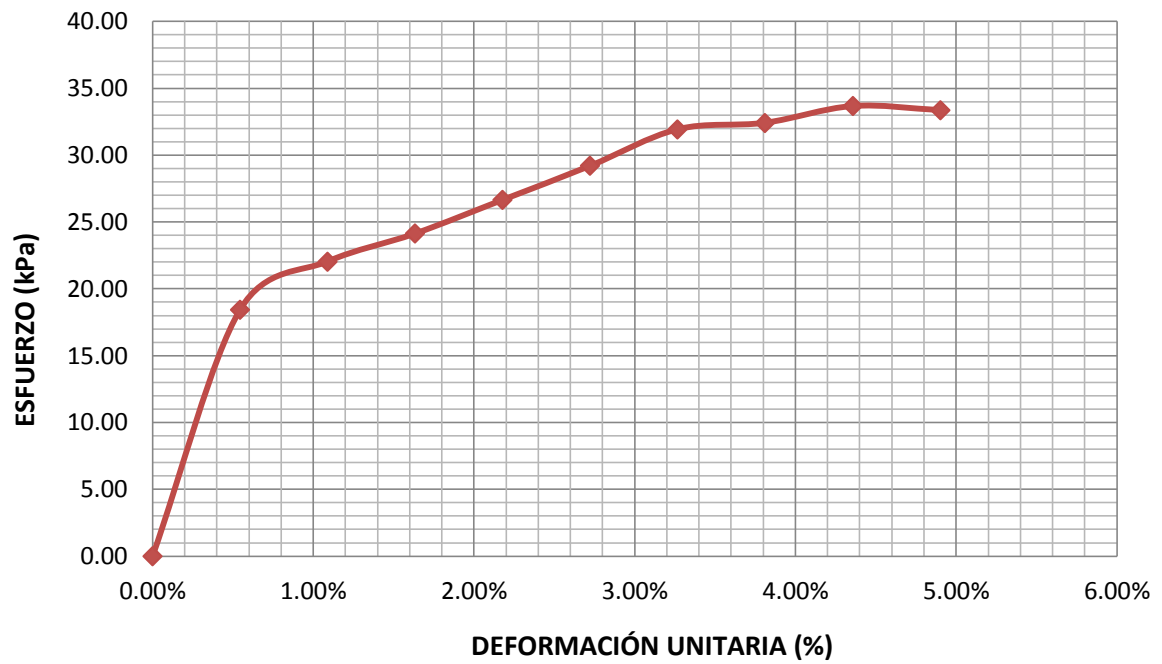


Figura N° 105: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 158: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 09-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.68 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 130.02 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 118.76 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 11.26 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 91.08 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 12.36 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 6 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.851 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.674 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.217 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1991.86 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 4.09 | 14.47 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.49 |
| 14 | 4.74 | 17.39 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.10 |
| 18 | 5.14 | 19.19 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.25 |
| 22 | 5.62 | 21.34 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.27 | 26.82 |
| 26 | 6.10 | 23.50 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.36 |
| 30 | 6.60 | 25.74 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 31.99 |
| 34 | 6.78 | 26.55 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.33 | 32.81 |
| 38 | 6.98 | 27.45 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.73 |
| 42 | 6.96 | 27.36 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.42 |

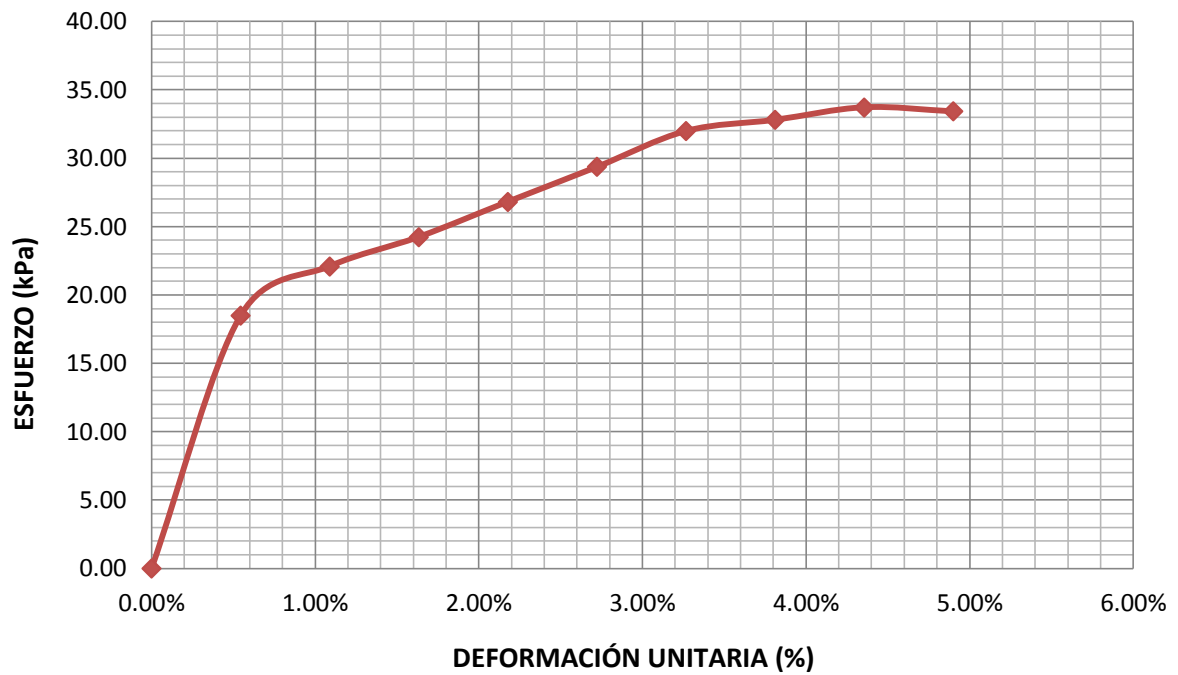


Figura Nº 106: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 159: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|---|----------------------|----------------|--|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 10-10-2018 | | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.92 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 150.09 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 135.96 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 14.13 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 108.04 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 13.08 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 16 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.893 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.653 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.868 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1876.90 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ϵ) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | 4.07 | 14.38 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.38 | |
| 12 | 4.81 | 17.71 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.50 | |
| 18 | 5.17 | 19.32 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.42 | |
| 23 | 5.66 | 21.52 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.28 | 27.05 | |
| 27 | 6.13 | 23.63 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.53 | |
| 31 | 6.70 | 26.19 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 32.55 | |
| 36 | 6.81 | 26.69 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.34 | 32.97 | |
| 39 | 6.98 | 27.45 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.73 | |
| 40 | 6.97 | 27.40 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.48 | |

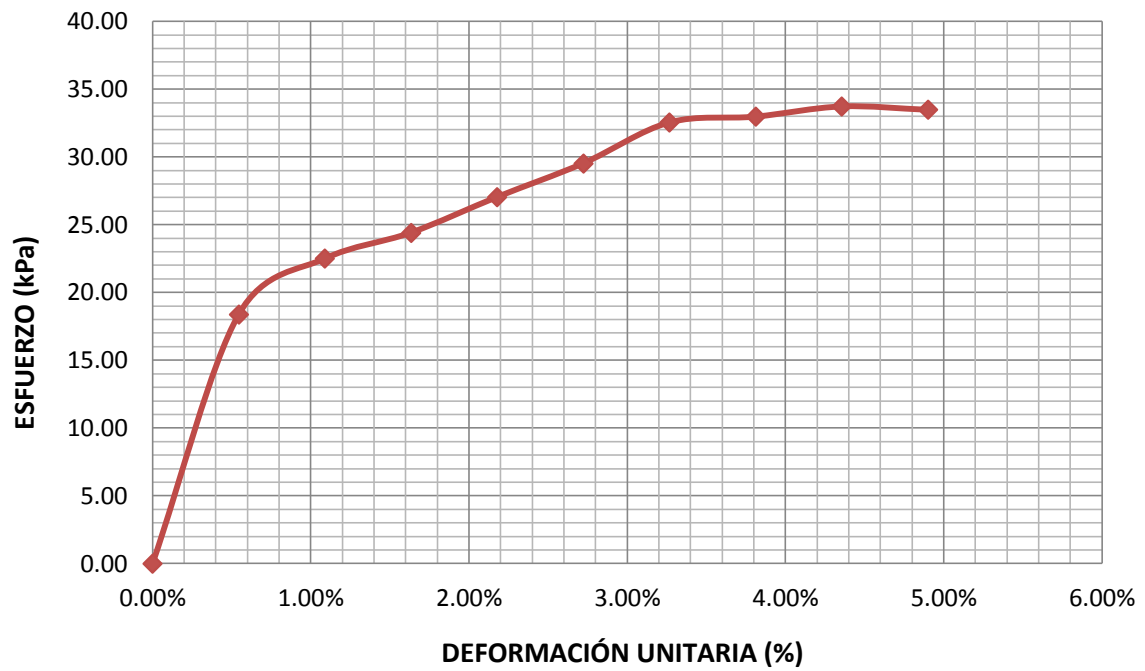


Figura N° 107: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 160: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO : | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | |
| UBICACIÓN : | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN : | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA : | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.32 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 133.14 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 120.71 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 12.43 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 93.39 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 13.31 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 17 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.896 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.659 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.915 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1879.00 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 4.10 | 14.52 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.55 |
| 8 | 4.85 | 17.89 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.73 |
| 14 | 5.21 | 19.50 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.64 |
| 19 | 5.68 | 21.61 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.28 | 27.16 |
| 26 | 6.15 | 23.72 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.65 |
| 31 | 6.72 | 26.28 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 32.66 |
| 36 | 6.83 | 26.78 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.34 | 33.09 |
| 40 | 7.00 | 27.54 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.35 | 33.84 |
| 42 | 6.99 | 27.49 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.59 |

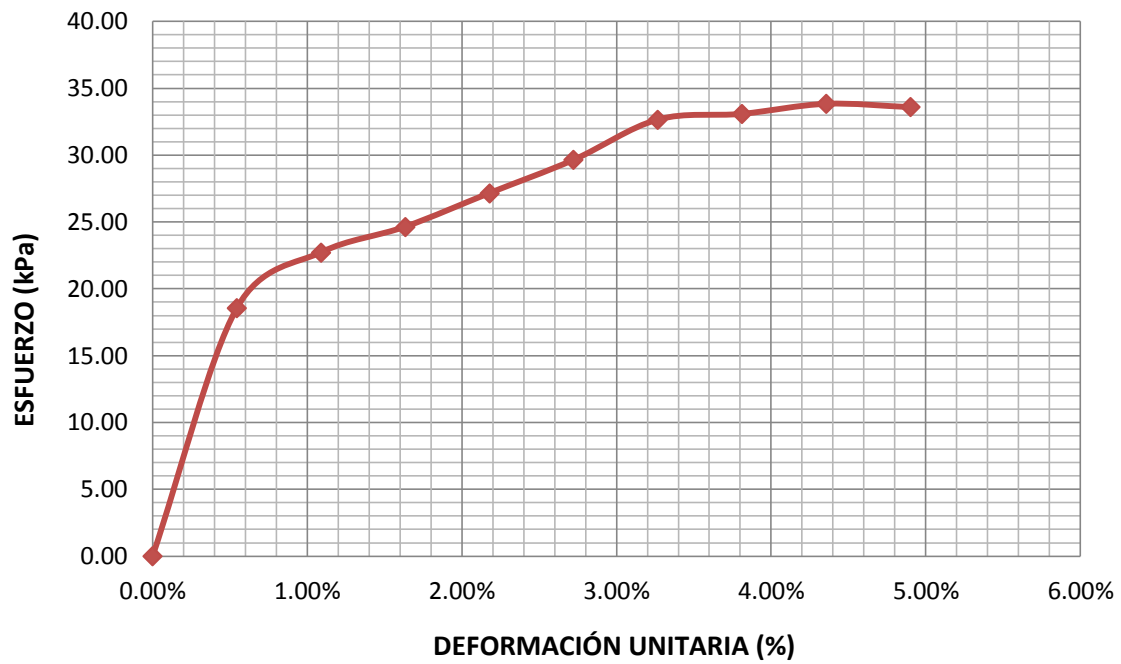


Figura Nº 108: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 161: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.04 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 135.89 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 123.10 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 12.79 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 96.06 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 13.31 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 18 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.889 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.651 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.806 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1877.12 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 4.08 | 14.43 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.43 |
| 12 | 4.82 | 17.75 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.56 |
| 16 | 5.18 | 19.37 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.47 |
| 20 | 5.65 | 21.48 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.28 | 26.99 |
| 26 | 6.12 | 23.59 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.48 |
| 31 | 6.69 | 26.15 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 32.49 |
| 39 | 6.82 | 26.73 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.34 | 33.03 |
| 41 | 6.99 | 27.49 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.78 |
| 43 | 6.97 | 27.40 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.48 |

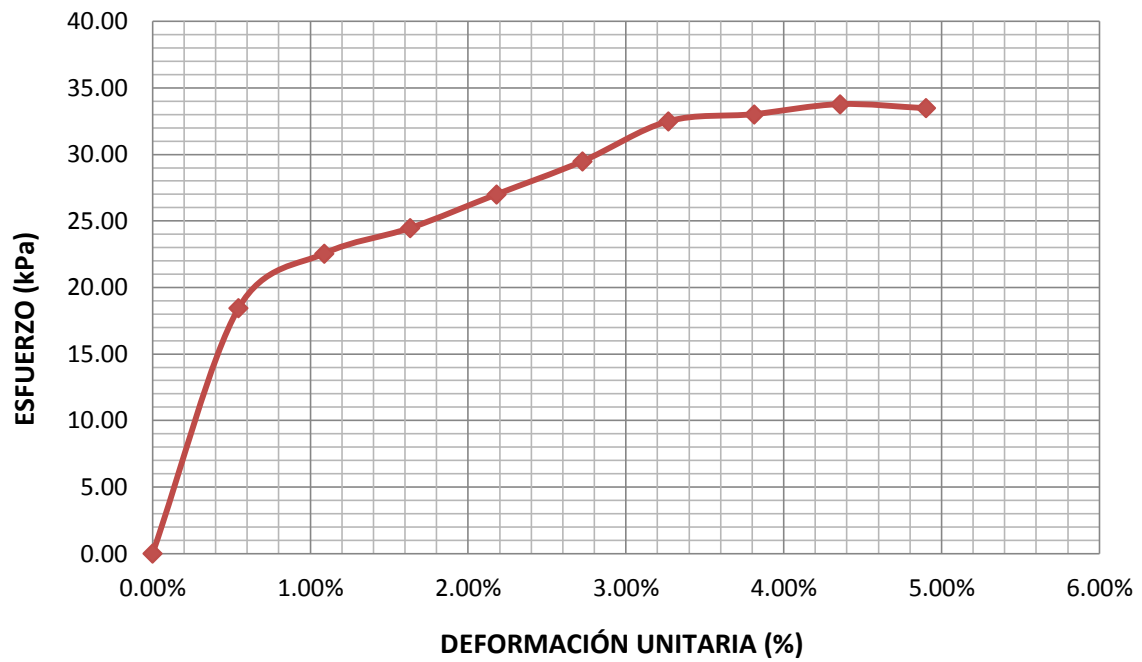


Figura N° 109: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 162: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.61 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 171.14 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 151.76 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 19.38 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 124.15 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 15.61 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 28 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.874 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.641 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.573 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1887.48 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 4.06 | 14.34 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.32 |
| 12 | 4.79 | 17.62 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.38 |
| 17 | 5.14 | 19.19 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.25 |
| 21 | 5.62 | 21.34 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.27 | 26.82 |
| 25 | 6.09 | 23.45 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.31 |
| 30 | 6.66 | 26.01 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 32.32 |
| 34 | 6.79 | 26.60 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.34 | 32.86 |
| 38 | 6.96 | 27.36 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.62 |
| 40 | 6.95 | 27.32 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.37 |

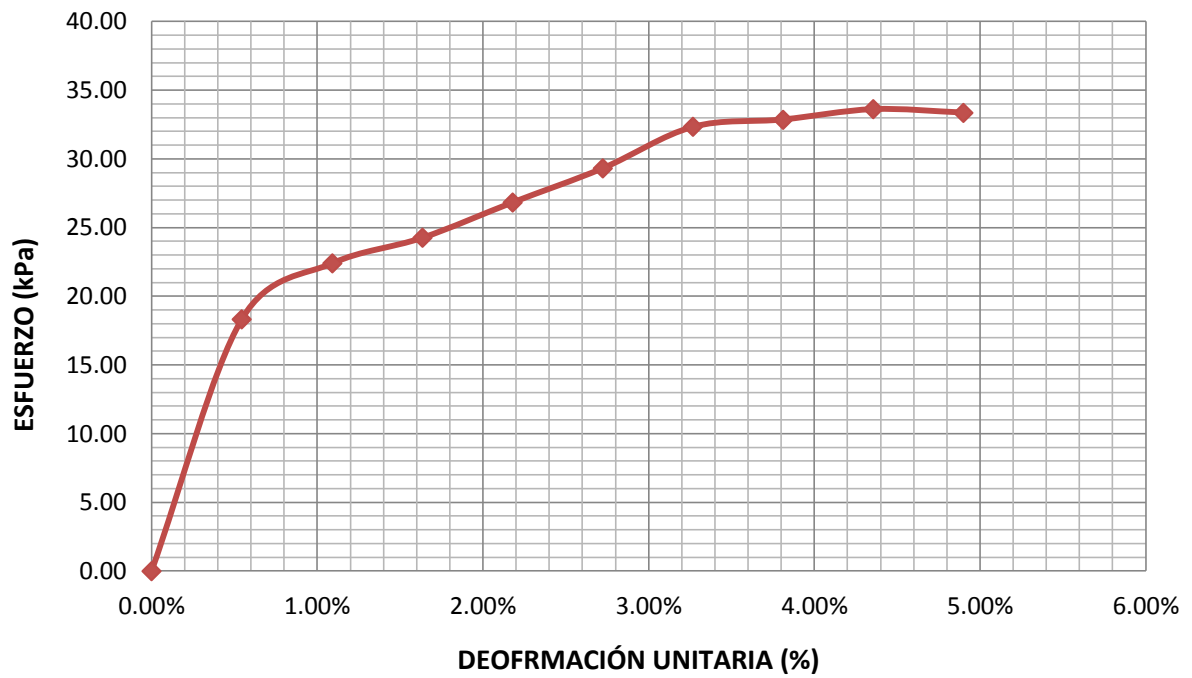


Figura N° 110: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 163: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO : | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN : | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN : | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | |
| PROCEDENCIA : | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.28 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 128.40 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 115.36 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 13.04 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 88.08 | | | | |
| % DE HÚMEDAD | | | | 14.80 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 29 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.878 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.685 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.635 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1889.99 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 4.07 | 14.38 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.38 |
| 12 | 4.83 | 17.80 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.61 |
| 17 | 5.18 | 19.37 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.47 |
| 22 | 5.64 | 21.43 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.27 | 26.93 |
| 26 | 6.14 | 23.68 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.59 |
| 30 | 6.70 | 26.19 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 32.55 |
| 35 | 6.81 | 26.69 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.34 | 32.97 |
| 39 | 6.98 | 27.45 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.73 |
| 41 | 6.96 | 27.36 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.42 |

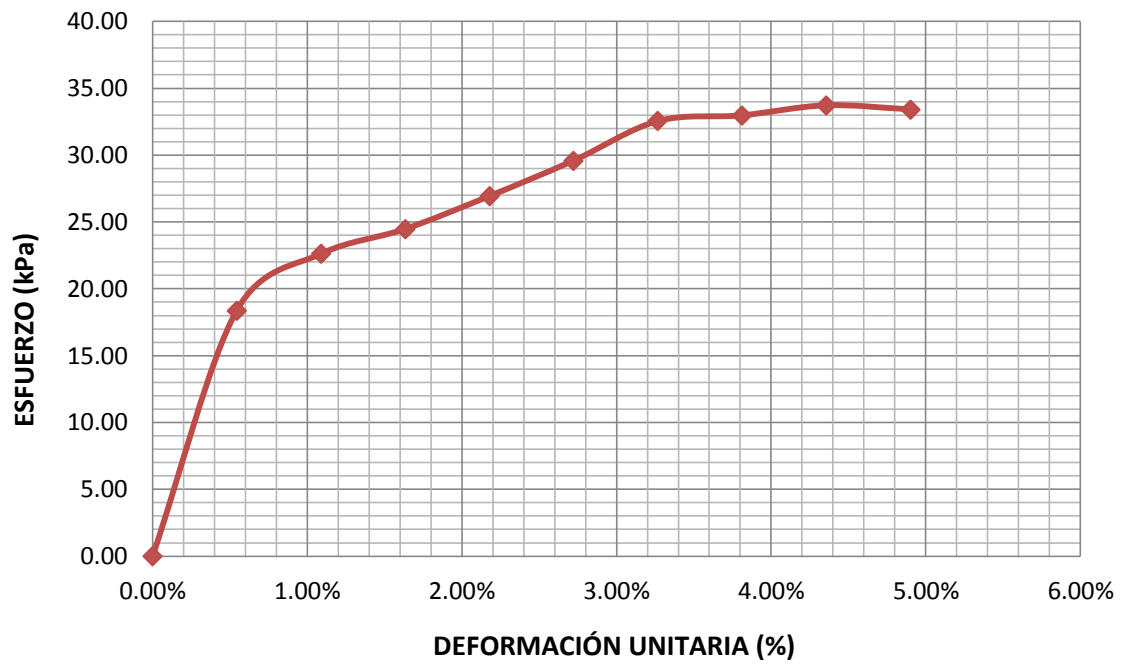


Figura Nº 111: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 164: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 5% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 5% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.50 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 149.93 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 133.08 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 16.85 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 105.58 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 15.96 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 30 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.880 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.686 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.666 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1888.18 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.3406 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 4.04 | 14.25 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.7585 | 0.19 | 18.21 |
| 9 | 4.79 | 17.62 | 0.050 | 0.0109 | 0.9891 | 77.1810 | 0.23 | 22.38 |
| 13 | 5.17 | 19.32 | 0.075 | 0.0163 | 0.9837 | 77.6081 | 0.25 | 24.42 |
| 18 | 5.67 | 21.57 | 0.100 | 0.0218 | 0.9782 | 78.0400 | 0.28 | 27.10 |
| 22 | 6.12 | 23.59 | 0.125 | 0.0272 | 0.9728 | 78.4768 | 0.30 | 29.48 |
| 27 | 6.65 | 25.97 | 0.150 | 0.0327 | 0.9673 | 78.9184 | 0.33 | 32.27 |
| 31 | 6.79 | 26.60 | 0.175 | 0.0381 | 0.9619 | 79.3651 | 0.34 | 32.86 |
| 35 | 6.97 | 27.40 | 0.200 | 0.0436 | 0.9564 | 79.8169 | 0.34 | 33.67 |
| 39 | 6.95 | 27.32 | 0.225 | 0.0490 | 0.9510 | 80.2738 | 0.34 | 33.37 |

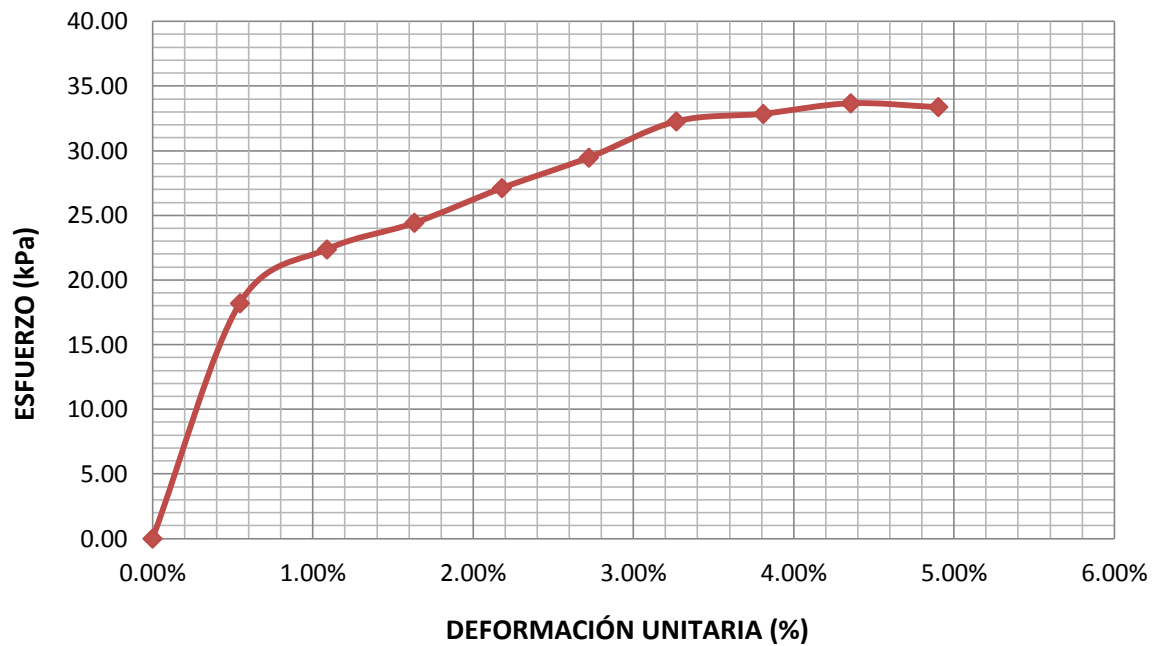


Figura N° 112: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 5% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 165: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.08 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 142.39 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 129.55 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 12.84 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 102.47 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 12.53 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 7 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.864 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.772 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.418 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1988.14 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 11.65 | 48.41 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.63 | 61.79 |
| 7 | 12.30 | 51.33 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.66 | 65.16 |
| 14 | 12.97 | 54.34 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.70 | 68.60 |
| 20 | 13.43 | 56.40 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.72 | 70.82 |
| 26 | 13.99 | 58.92 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.75 | 73.57 |
| 30 | 14.21 | 59.90 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.76 | 74.38 |
| 34 | 14.87 | 62.86 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.79 | 77.63 |
| 39 | 15.20 | 64.35 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.81 | 79.01 |
| 41 | 15.17 | 64.21 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.80 | 78.40 |

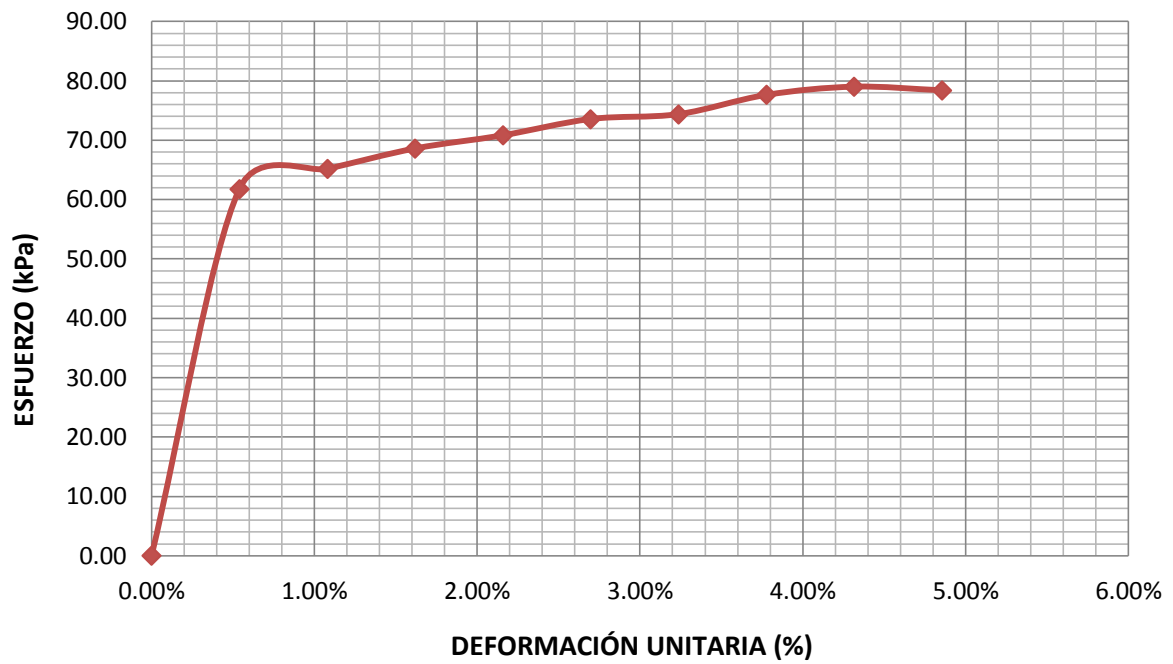


Figura Nº 113: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 166: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 09-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.46 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 132.11 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 120.08 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 12.03 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 92.62 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 12.99 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 8 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.870 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.773 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.511 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1988.15 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 11.44 | 47.47 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.62 | 60.59 |
| 13 | 12.12 | 50.52 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.65 | 64.14 |
| 18 | 12.90 | 54.02 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.70 | 68.21 |
| 23 | 13.26 | 55.64 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.71 | 69.86 |
| 28 | 13.89 | 58.47 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.74 | 73.01 |
| 32 | 14.13 | 59.54 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.75 | 73.94 |
| 36 | 14.81 | 62.60 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.79 | 77.29 |
| 40 | 15.00 | 63.45 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.79 | 77.91 |
| 43 | 14.98 | 63.36 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.79 | 77.36 |

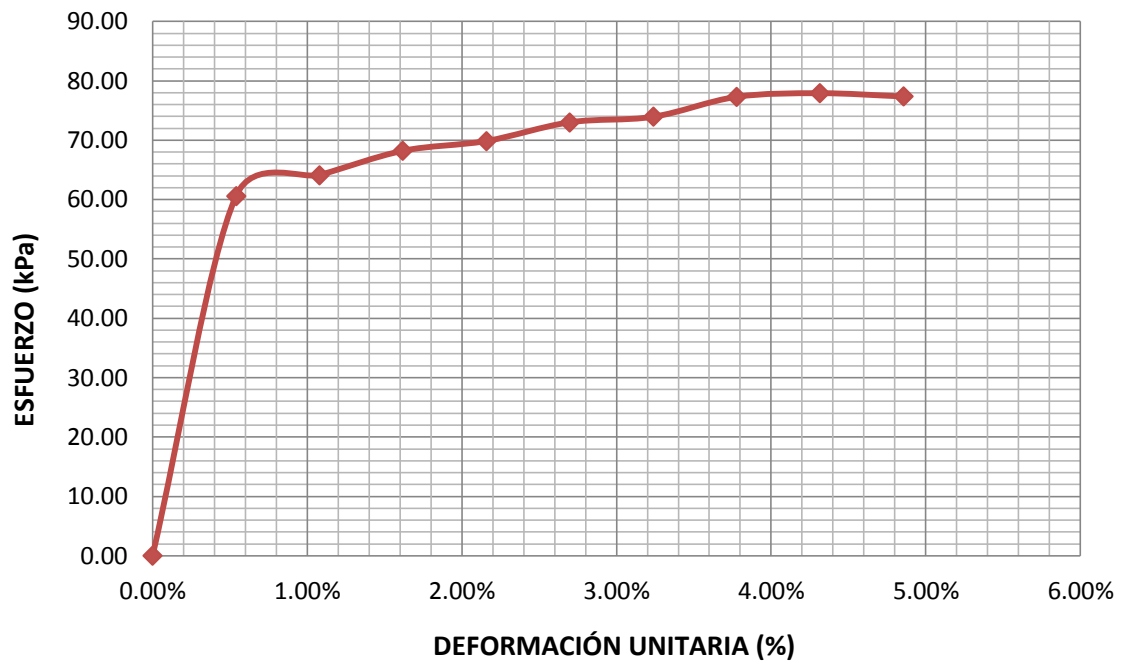


Figura Nº 114: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 167: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|---|------------------------------|----------------------|--|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | | 27.63 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | | 152.62 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | | 138.09 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | | 14.53 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | | 110.46 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | | 13.15 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | | P - 9 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | | 9.861 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | | 11.752 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | | 76.372 | | | | |
| PESO (g.) | | | | | 1987.94 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_0 / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 | |
| 9 | 11.56 | 48.01 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.62 | 61.28 | |
| 13 | 12.10 | 50.43 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.65 | 64.02 | |
| 17 | 12.83 | 53.71 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.69 | 67.81 | |
| 21 | 13.37 | 56.13 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.72 | 70.48 | |
| 25 | 13.77 | 57.93 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.74 | 72.33 | |
| 29 | 14.16 | 59.68 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.76 | 74.11 | |
| 33 | 14.83 | 62.68 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.79 | 77.41 | |
| 37 | 15.10 | 63.90 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.80 | 78.46 | |
| 41 | 15.07 | 63.76 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.79 | 77.85 | |

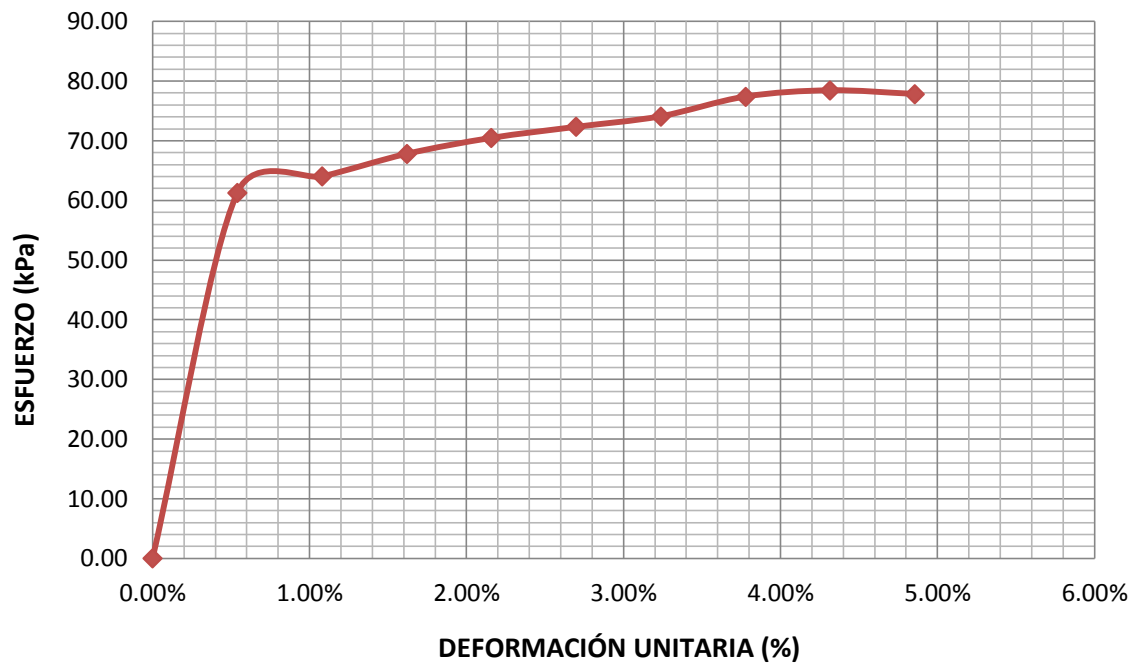


Figura Nº 115: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 168: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 10-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.39 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 138.81 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 124.52 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 14.29 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 97.13 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 14.71 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 19 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.875 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.639 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.589 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1862.54 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 11.60 | 48.19 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.63 | 61.51 |
| 16 | 12.21 | 50.93 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.66 | 64.65 |
| 20 | 12.95 | 54.25 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.70 | 68.49 |
| 24 | 13.10 | 54.92 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.70 | 68.96 |
| 28 | 13.66 | 57.43 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.73 | 71.72 |
| 32 | 14.21 | 59.90 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.76 | 74.38 |
| 36 | 14.98 | 63.36 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.80 | 78.24 |
| 40 | 15.30 | 64.79 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.81 | 79.56 |
| 44 | 15.28 | 64.70 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.81 | 79.00 |

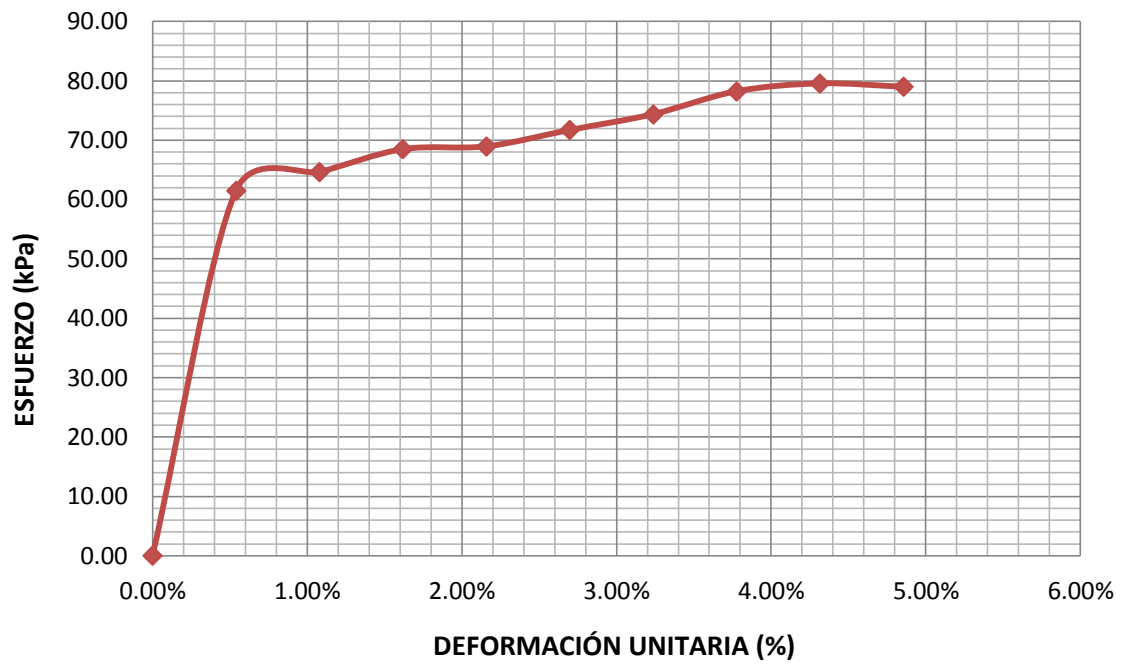


Figura Nº 116: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 169: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------|---|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.31 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 139.76 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 125.62 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 14.14 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 98.31 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 14.38 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 20 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.885 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.629 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.744 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1854.42 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA A _o / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 | DEFORMACIÓN UNITARIA | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| | Nº DE DIVISIONES | kg. | 0.001" | ε = ΔH / H | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 11.20 | 46.39 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.60 | 59.21 |
| 13 | 12.41 | 51.82 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.67 | 65.79 |
| 18 | 12.89 | 53.98 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.69 | 68.15 |
| 22 | 13.08 | 54.83 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.70 | 68.85 |
| 26 | 13.89 | 58.47 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.74 | 73.01 |
| 30 | 14.15 | 59.63 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.76 | 74.05 |
| 34 | 14.96 | 63.27 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.80 | 78.13 |
| 38 | 15.15 | 64.12 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.80 | 78.73 |
| 45 | 15.14 | 64.08 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.80 | 78.24 |

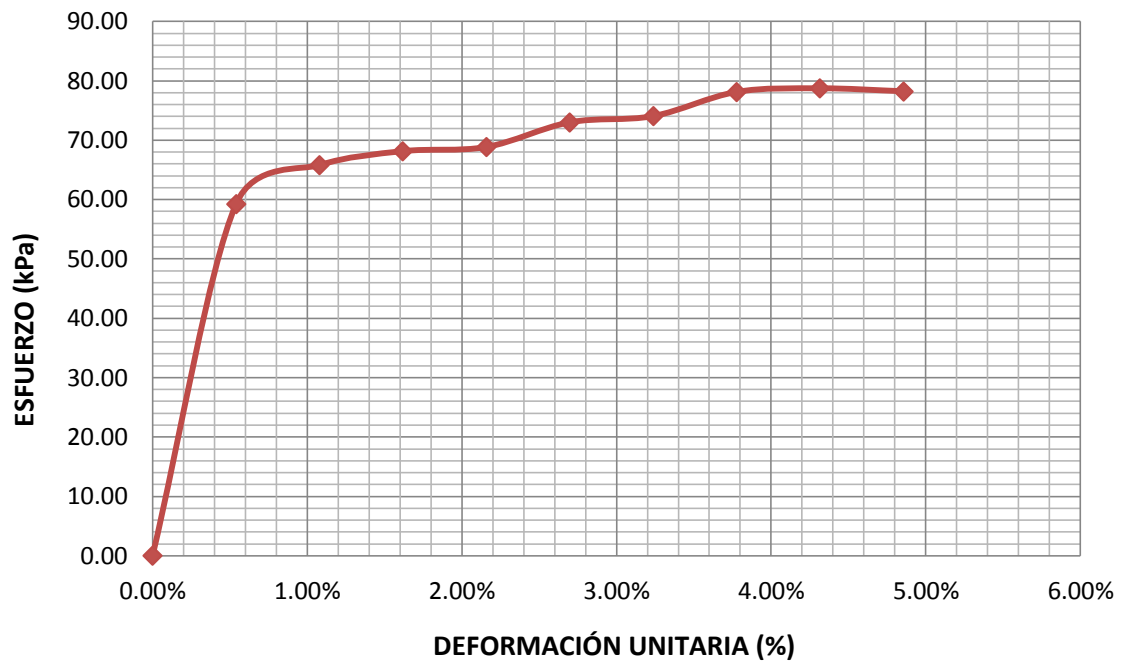


Figura N° 117: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 170: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 10-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.30 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 151.22 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 135.46 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 15.76 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 108.16 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 14.57 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 21 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.874 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.649 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.573 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1863.28 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 11.25 | 46.62 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.61 | 59.50 |
| 15 | 12.56 | 52.50 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.68 | 66.64 |
| 22 | 12.98 | 54.38 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.70 | 68.66 |
| 26 | 13.15 | 55.15 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.71 | 69.24 |
| 30 | 13.93 | 58.65 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.75 | 73.23 |
| 35 | 14.21 | 59.90 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.76 | 74.38 |
| 39 | 14.78 | 62.46 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.79 | 77.13 |
| 43 | 15.20 | 64.35 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.81 | 79.01 |
| 46 | 15.19 | 64.30 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.80 | 78.51 |

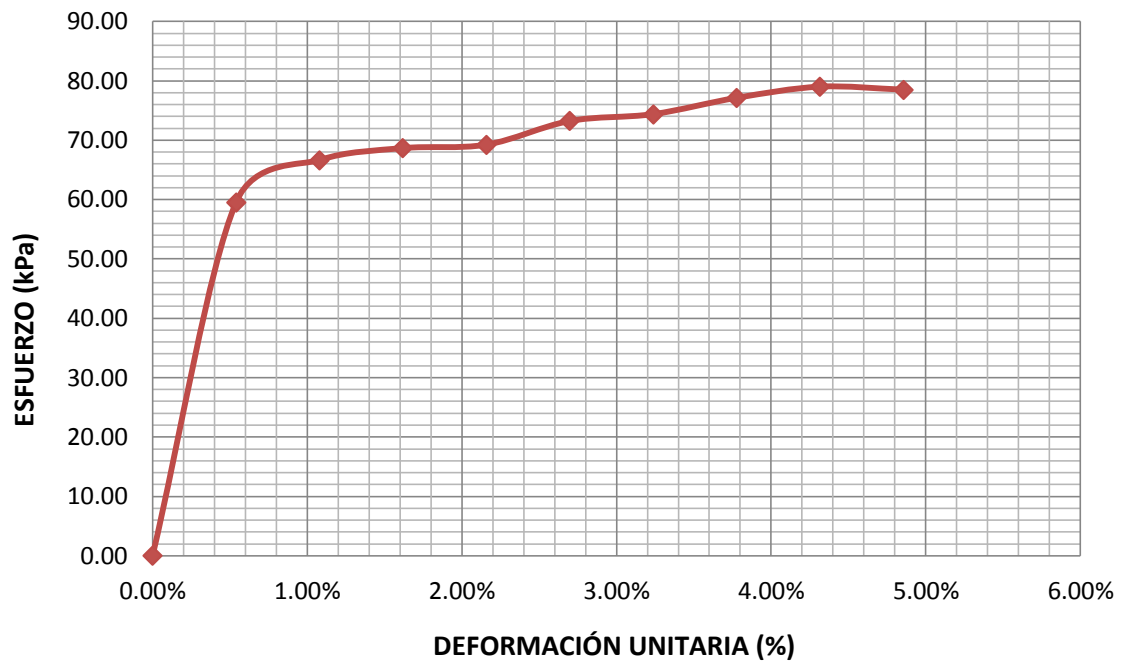


Figura Nº 118: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 171: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.92 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 184.67 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 162.05 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 22.62 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 134.13 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 16.86 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 31 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.876 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.642 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.604 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1841.49 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 11.68 | 48.55 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.63 | 61.96 |
| 13 | 12.61 | 52.72 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.68 | 66.93 |
| 21 | 12.99 | 54.43 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.70 | 68.72 |
| 26 | 13.21 | 55.41 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.71 | 69.58 |
| 30 | 13.99 | 58.92 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.75 | 73.57 |
| 34 | 14.33 | 60.44 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.77 | 75.05 |
| 38 | 14.86 | 62.82 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.79 | 77.57 |
| 40 | 15.30 | 64.79 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.81 | 79.56 |
| 42 | 15.29 | 64.75 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.81 | 79.06 |

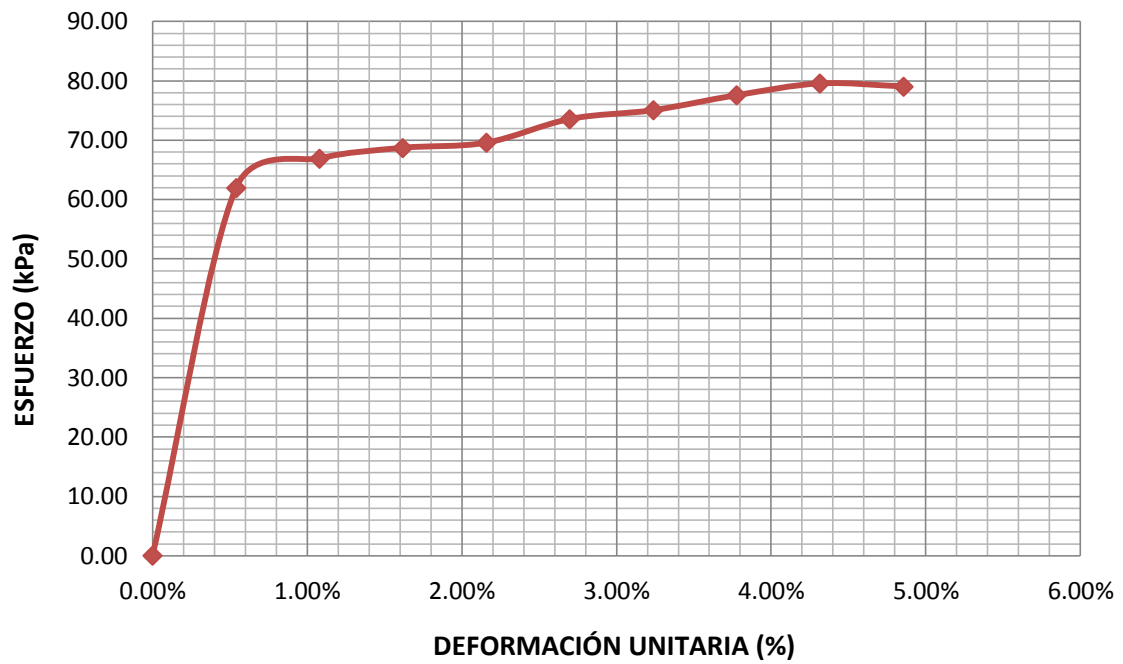


Figura Nº 119: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 172: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|---|---------------------|------------------------------|--|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO : | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN : | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN : | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | |
| PROCEDENCIA : | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.34 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 183.52 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 161.50 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 22.02 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 134.16 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 16.41 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 32 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.872 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.645 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.542 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1848.15 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 | |
| 9 | 11.61 | 48.23 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.63 | 61.56 | |
| 13 | 12.75 | 53.35 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.69 | 67.72 | |
| 21 | 12.98 | 54.38 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.70 | 68.66 | |
| 26 | 13.42 | 56.36 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.72 | 70.76 | |
| 31 | 13.99 | 58.92 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.75 | 73.57 | |
| 33 | 14.42 | 60.84 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.77 | 75.55 | |
| 37 | 14.95 | 63.22 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.80 | 78.07 | |
| 41 | 15.40 | 65.24 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.82 | 80.11 | |
| 44 | 15.39 | 65.20 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.81 | 79.61 | |

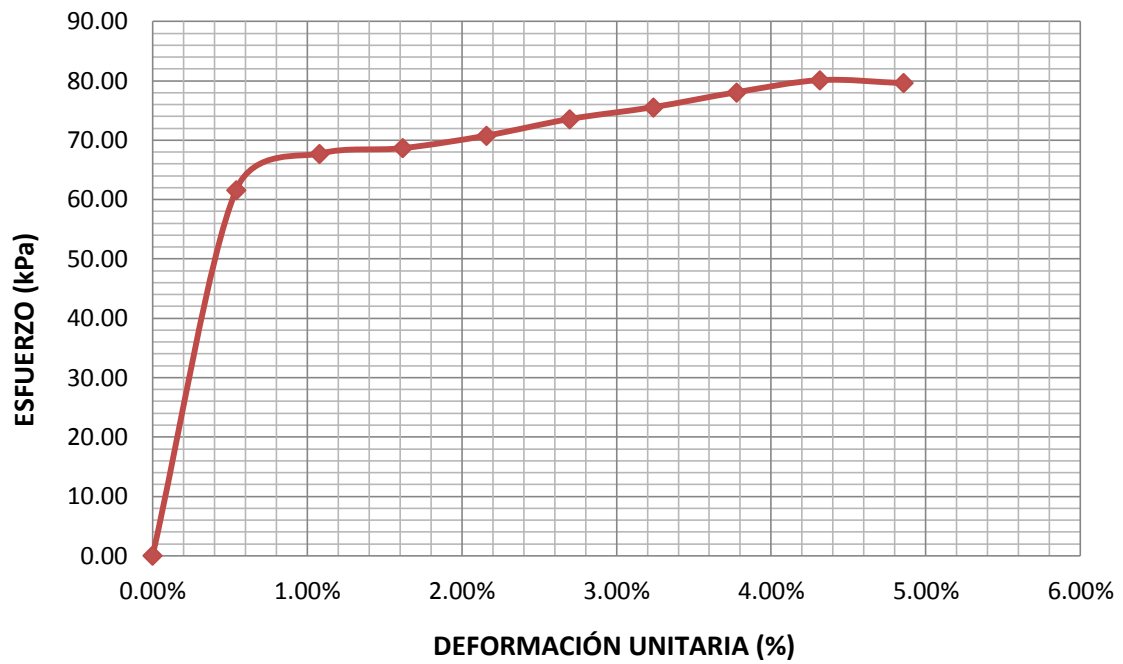


Figura Nº 120: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 173: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 10% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|---|---------------------|--|------------------------|-------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 10% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | | 27.04 | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | | 167.65 | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | | 147.27 | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | | 20.38 | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | | 120.23 | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | | 16.95 | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | | P - 33 | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | | 9.874 | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | | 11.638 | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | | 76.573 | | | |
| PESO (g.) | | | | | 1845.54 | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.4181 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 11.50 | 47.74 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.8325 | 0.62 | 60.93 |
| 12 | 12.49 | 52.18 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 77.2515 | 0.68 | 66.24 |
| 18 | 12.87 | 53.89 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.6750 | 0.69 | 68.04 |
| 24 | 13.15 | 55.15 | 0.100 | 0.0216 | 0.9784 | 78.1033 | 0.71 | 69.24 |
| 30 | 13.88 | 58.42 | 0.125 | 0.0270 | 0.9730 | 78.5362 | 0.74 | 72.95 |
| 34 | 14.23 | 59.99 | 0.150 | 0.0324 | 0.9676 | 78.9740 | 0.76 | 74.50 |
| 38 | 14.76 | 62.37 | 0.175 | 0.0378 | 0.9622 | 79.4168 | 0.79 | 77.02 |
| 44 | 15.20 | 64.35 | 0.200 | 0.0432 | 0.9568 | 79.8645 | 0.81 | 79.01 |
| 45 | 15.18 | 64.26 | 0.225 | 0.0485 | 0.9515 | 80.3173 | 0.80 | 78.46 |

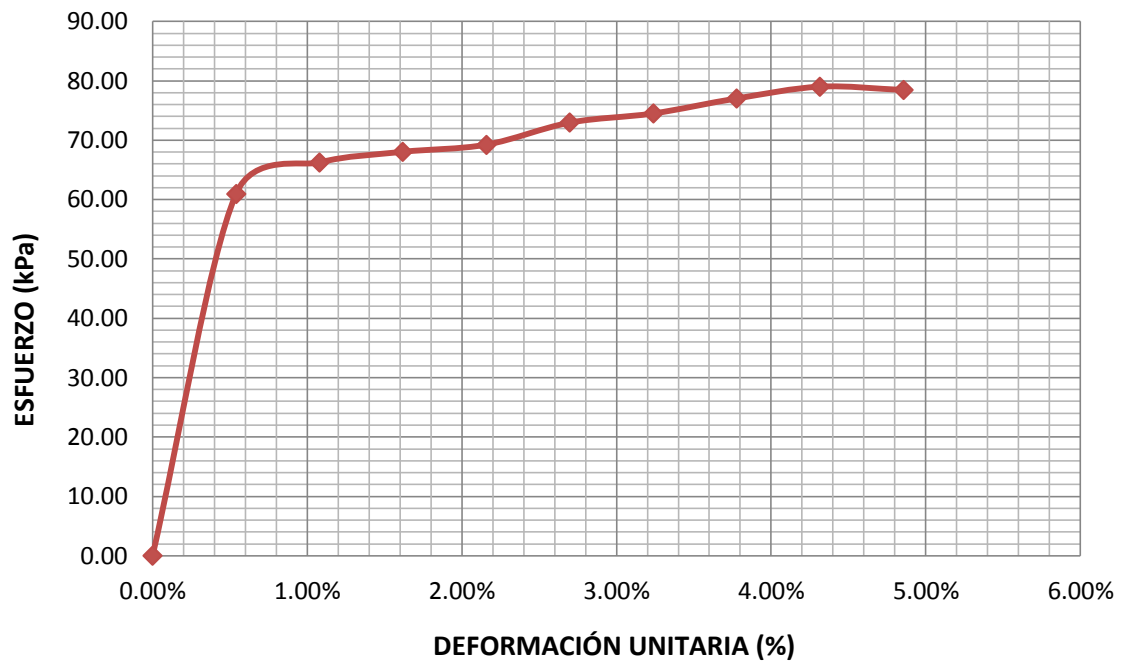


Figura Nº 121: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 10% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 174: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 09-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.36 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 162.83 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 147.02 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 15.81 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 119.66 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 13.21 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 10 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.847 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.725 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.155 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1888.30 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 23.78 | 102.84 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.34 | 131.71 |
| 9 | 24.71 | 107.01 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.39 | 136.31 |
| 14 | 25.38 | 110.02 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.42 | 139.37 |
| 20 | 26.00 | 112.80 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.45 | 142.11 |
| 25 | 26.60 | 115.49 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.48 | 144.69 |
| 29 | 27.10 | 117.73 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.50 | 146.68 |
| 34 | 27.85 | 121.10 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.53 | 150.03 |
| 38 | 28.10 | 122.22 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 150.56 |
| 43 | 28.09 | 122.17 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 149.66 |

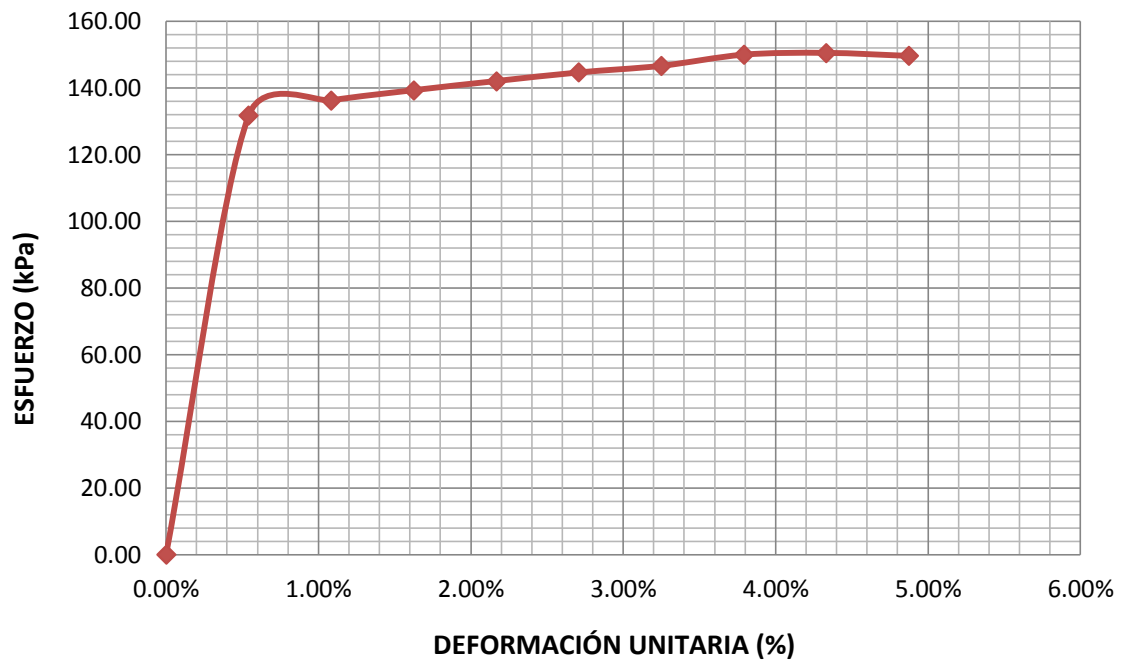


Figura N° 122: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 175: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO : | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN : | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN : | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA : | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.35 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 142.85 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 129.29 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 13.56 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 101.94 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 13.30 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 11 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.841 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.721 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.062 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1887.68 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 | |
| 5 | 23.80 | 102.93 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.34 | 131.83 | |
| 8 | 24.90 | 107.86 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.40 | 137.40 | |
| 11 | 25.45 | 110.33 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.43 | 139.77 | |
| 14 | 26.35 | 114.37 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.47 | 144.08 | |
| 17 | 26.78 | 116.30 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.49 | 145.70 | |
| 25 | 27.12 | 117.82 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.50 | 146.79 | |
| 30 | 27.86 | 121.14 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.53 | 150.08 | |
| 36 | 28.13 | 122.35 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 150.73 | |
| 44 | 28.11 | 122.26 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 149.77 | |

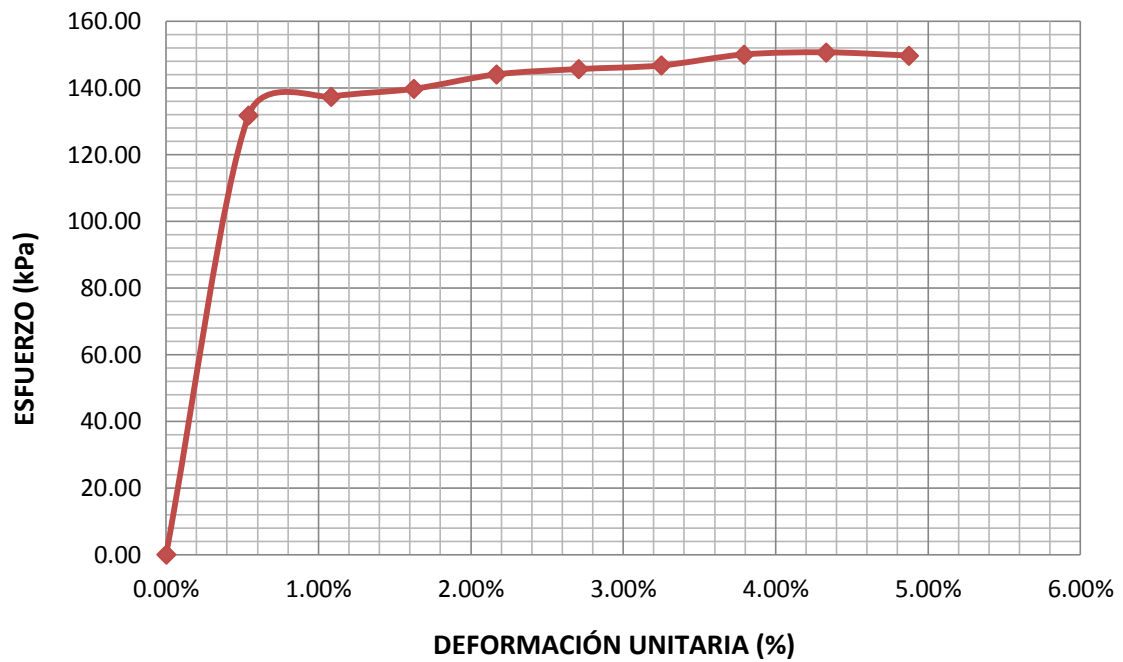


Figura N° 123: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 176: Ensayo Compresión simple no confinada C – 01, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 09-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.53 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 132.31 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 119.87 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 12.44 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 92.34 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 13.47 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 12 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.846 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.724 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.139 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1889.84 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 23.90 | 103.38 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.35 | 132.40 |
| 9 | 24.99 | 108.27 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.41 | 137.91 |
| 15 | 25.61 | 111.05 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.43 | 140.68 |
| 19 | 26.46 | 114.86 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.48 | 144.71 |
| 23 | 26.97 | 117.15 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.50 | 146.77 |
| 27 | 27.93 | 121.45 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.54 | 151.32 |
| 33 | 27.99 | 121.72 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.54 | 150.80 |
| 39 | 28.15 | 122.44 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 150.84 |
| 45 | 28.13 | 122.35 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 149.88 |

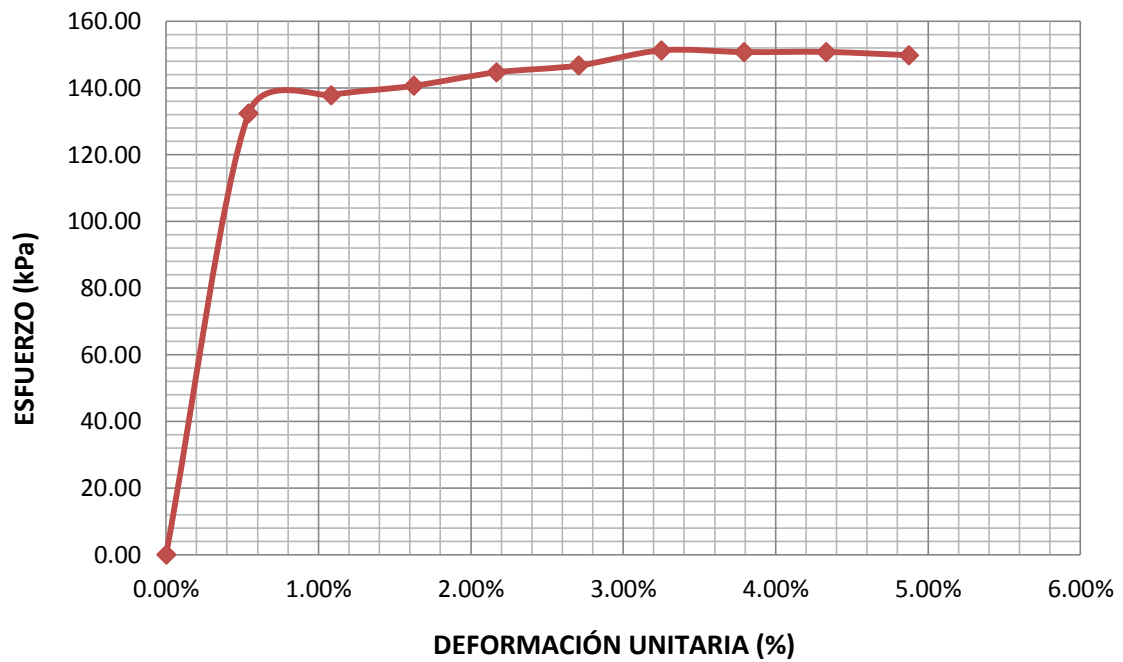


Figura N° 124: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 01 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 177: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.69 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 167.63 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 148.58 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 19.05 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 120.89 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 15.76 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 22 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.888 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.677 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.790 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1815.02 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 | DEFORMACIÓN UNITARIA | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| | Nº DE DIVISIONES | kg. | 0.001" | ε = ΔH / H | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 23.95 | 103.60 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.35 | 132.69 |
| 12 | 24.99 | 108.27 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.41 | 137.91 |
| 16 | 25.73 | 111.59 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.44 | 141.36 |
| 20 | 26.51 | 115.09 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.48 | 144.99 |
| 25 | 26.99 | 117.24 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.50 | 146.88 |
| 29 | 27.89 | 121.27 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.54 | 151.09 |
| 33 | 28.00 | 121.77 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.54 | 150.86 |
| 38 | 28.20 | 122.67 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 151.12 |
| 44 | 28.18 | 122.58 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 150.15 |

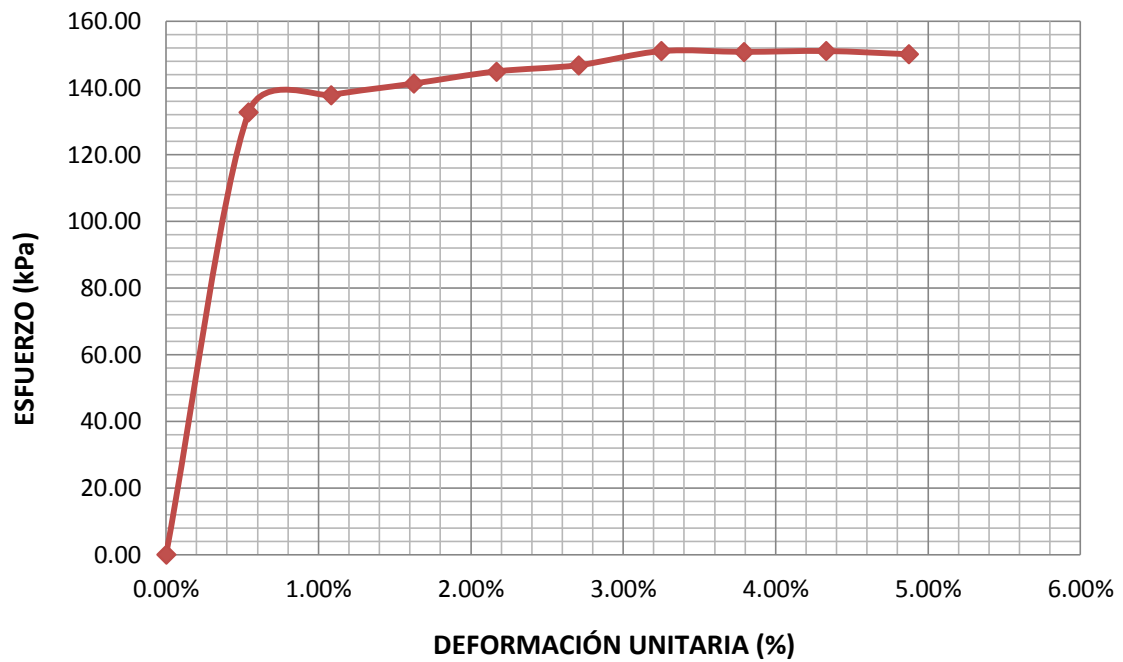


Figura N° 125: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 178: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|---|------------------------------|----------------------|--|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO : | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN : | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN : | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | | |
| PROCEDENCIA : | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.66 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 199.99 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 177.02 | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 22.97 | | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 149.36 | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 15.38 | | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 23 | | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.890 | | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.687 | | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.821 | | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1815.95 | | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ϵ | ÁREA CORREGIDA $A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon = \Delta H / H$ | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 | |
| 9 | 23.62 | 102.12 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.33 | 130.79 | |
| 15 | 24.87 | 107.73 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.40 | 137.22 | |
| 19 | 25.82 | 111.99 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.45 | 141.87 | |
| 23 | 26.77 | 116.25 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.49 | 146.46 | |
| 27 | 26.84 | 116.57 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.49 | 146.04 | |
| 33 | 27.96 | 121.59 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.54 | 151.49 | |
| 37 | 28.03 | 121.90 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.54 | 151.03 | |
| 41 | 28.18 | 122.58 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 151.00 | |
| 45 | 28.17 | 122.53 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 150.09 | |

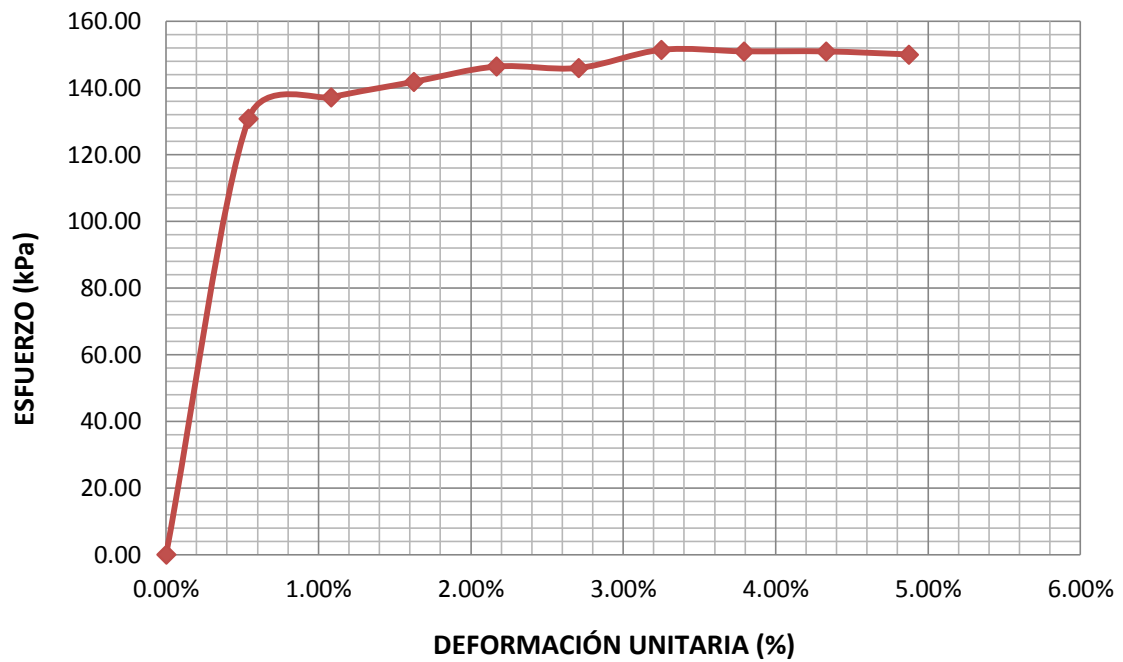


Figura N° 126: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 179: Ensayo Compresión simple no confinada C – 03, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 10-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | CL + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.41 | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 187.83 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 166.60 | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 21.23 | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 139.19 | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 15.25 | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 24 | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.881 | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.68 | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.682 | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1817.23 | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 23.85 | 103.15 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.35 | 132.12 |
| 13 | 24.91 | 107.91 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.40 | 137.45 |
| 18 | 25.60 | 111.00 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.43 | 140.62 |
| 22 | 26.01 | 112.84 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.45 | 142.16 |
| 26 | 26.71 | 115.98 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.48 | 145.31 |
| 30 | 27.85 | 121.10 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.54 | 150.87 |
| 34 | 27.94 | 121.50 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.53 | 150.53 |
| 38 | 28.15 | 122.44 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 150.84 |
| 43 | 28.14 | 122.40 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 149.93 |

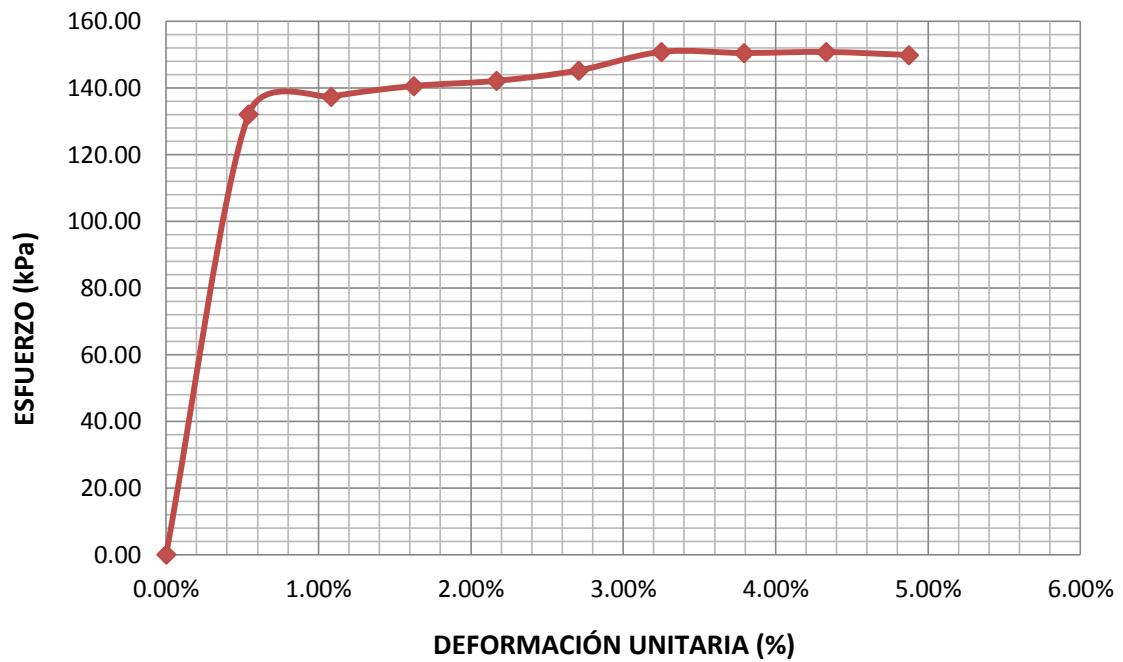


Figura N° 127: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 03 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 180: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.48 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 131.78 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 118.11 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 13.67 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 90.63 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 15.08 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 34 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.877 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.794 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.620 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1861.14 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA | CARGA APLICADA | DIAL LC - 8 | DEFORMACIÓN UNITARIA | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| | Nº DE DIVISIONES | kg. | 0.001" | ε = ΔH / H | | | | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 23.80 | 102.93 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.34 | 131.83 |
| 13 | 24.92 | 107.95 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.40 | 137.51 |
| 19 | 25.63 | 111.14 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.44 | 140.79 |
| 23 | 26.05 | 113.02 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.45 | 142.39 |
| 27 | 26.73 | 116.07 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.48 | 145.42 |
| 31 | 27.87 | 121.19 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.54 | 150.98 |
| 35 | 27.96 | 121.59 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.54 | 150.64 |
| 39 | 28.18 | 122.58 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 151.00 |
| 42 | 28.17 | 122.53 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 150.09 |

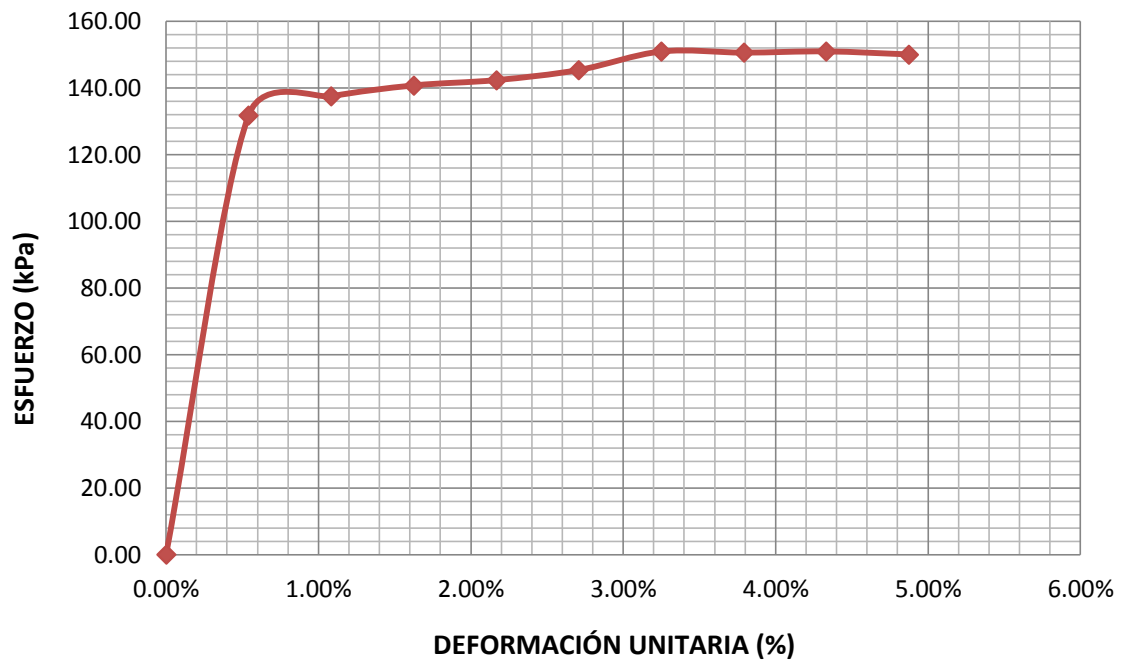


Figura N° 128: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 181: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | |
| LABORATORIO : | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | |
| UBICACIÓN : | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN : | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | |
| PROCEDENCIA : | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | 27.38 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | 172.72 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | 152.45 | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | 20.27 | | | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | 125.07 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD | 16.21 | | | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | |
| CÓDIGO | P - 35 | | | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | 9.876 | | | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | 11.791 | | | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | 76.604 | | | | | | | |
| PESO (g.) | 1859.50 | | | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | 1 - ε | | kg/cm ² | kPa |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 23.83 | 103.06 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.35 | 132.00 |
| 14 | 24.95 | 108.09 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.40 | 137.68 |
| 20 | 25.76 | 111.72 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.44 | 141.53 |
| 25 | 26.11 | 113.29 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.46 | 142.73 |
| 29 | 26.88 | 116.75 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.49 | 146.26 |
| 33 | 27.91 | 121.36 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.54 | 151.21 |
| 37 | 27.98 | 121.68 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.54 | 150.75 |
| 41 | 28.22 | 122.75 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 151.23 |
| 44 | 28.20 | 122.67 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 150.26 |

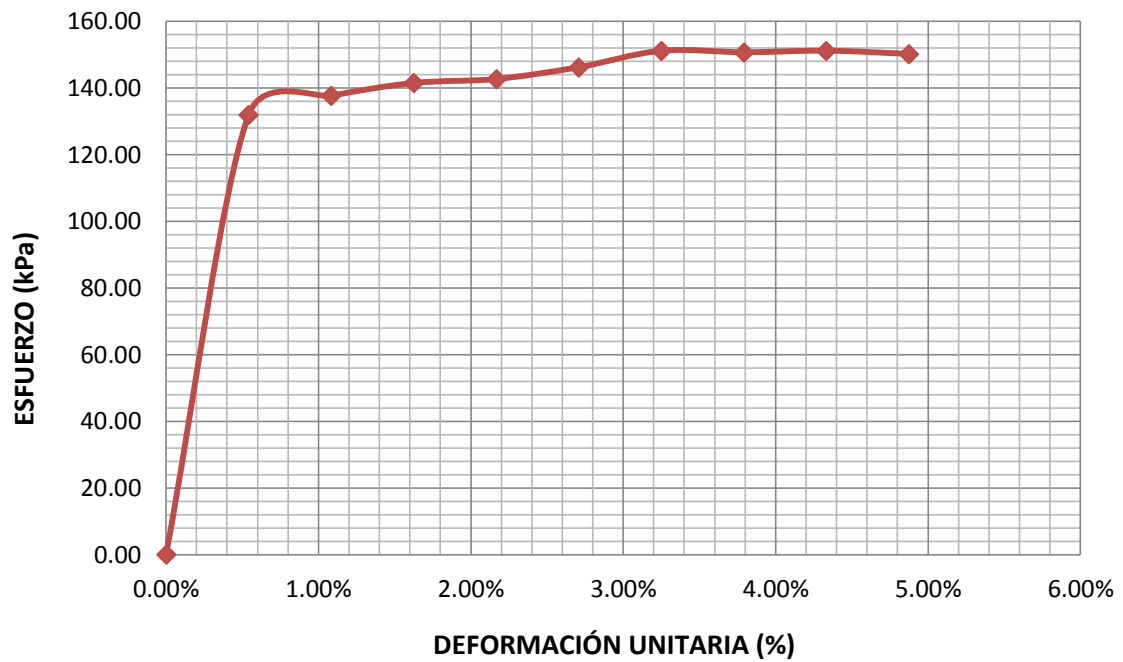


Figura N° 129: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

Tabla 182: Ensayo Compresión simple no confinada C – 05, mezcla de suelo con 15% de CBCA

| ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA ASTM D - 2166 | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|--|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO | | | | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | | FECHA: | 11-10-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | | | | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | Nº DE DÍAS DE CURADO: | 7 | | | |
| TIPO DE MATERIAL: | ML + 15% de ceniza de bagazo de caña | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| PESO DE LA TARA (g.) | | | | 27.31 | | | | | |
| PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA (g.) | | | | 185.32 | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA (g.) | | | | 162.82 | | | | | |
| PESO DEL AGUA (g.) | | | | 22.50 | | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO (g.) | | | | 135.51 | | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | 16.60 | | | | | |
| DATOS DE LA PROBETA | | | | | | | | | |
| CÓDIGO | | | | P - 36 | | | | | |
| DIÁMETRO (cm.) | | | | 9.879 | | | | | |
| ALTURA INICIAL (cm.) | | | | 11.793 | | | | | |
| ÁREA (cm ²) | | | | 76.651 | | | | | |
| PESO (g.) | | | | 1860.63 | | | | | |
| TIEMPO (seg.) | CARGA | | DEFORMACIÓN VERTICAL | | | 1 - ε | ÁREA CORREGIDA Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN | |
| | LECTURA DE MARCO DE CARGA Nº DE DIVISIONES | CARGA APLICADA kg. | DIAL LC - 8 0.001" | DEFORMACIÓN UNITARIA ε = ΔH / H | kg/cm ² | | | kPa | |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 | 1.0000 | 76.1549 | 0.00 | 0.00 | |
| 8 | 23.76 | 102.75 | 0.025 | 0.0054 | 0.9946 | 76.5696 | 1.34 | 131.60 | |
| 14 | 24.92 | 107.95 | 0.050 | 0.0108 | 0.9892 | 76.9888 | 1.40 | 137.51 | |
| 20 | 25.66 | 111.27 | 0.075 | 0.0162 | 0.9838 | 77.4126 | 1.44 | 140.96 | |
| 25 | 26.22 | 113.79 | 0.100 | 0.0217 | 0.9783 | 77.8412 | 1.46 | 143.35 | |
| 29 | 26.97 | 117.15 | 0.125 | 0.0271 | 0.9729 | 78.2745 | 1.50 | 146.77 | |
| 33 | 27.65 | 120.20 | 0.150 | 0.0325 | 0.9675 | 78.7126 | 1.53 | 149.75 | |
| 37 | 27.96 | 121.59 | 0.175 | 0.0379 | 0.9621 | 79.1557 | 1.54 | 150.64 | |
| 42 | 28.20 | 122.67 | 0.200 | 0.0433 | 0.9567 | 79.6038 | 1.54 | 151.12 | |
| 46 | 28.19 | 122.62 | 0.225 | 0.0487 | 0.9513 | 80.0570 | 1.53 | 150.20 | |

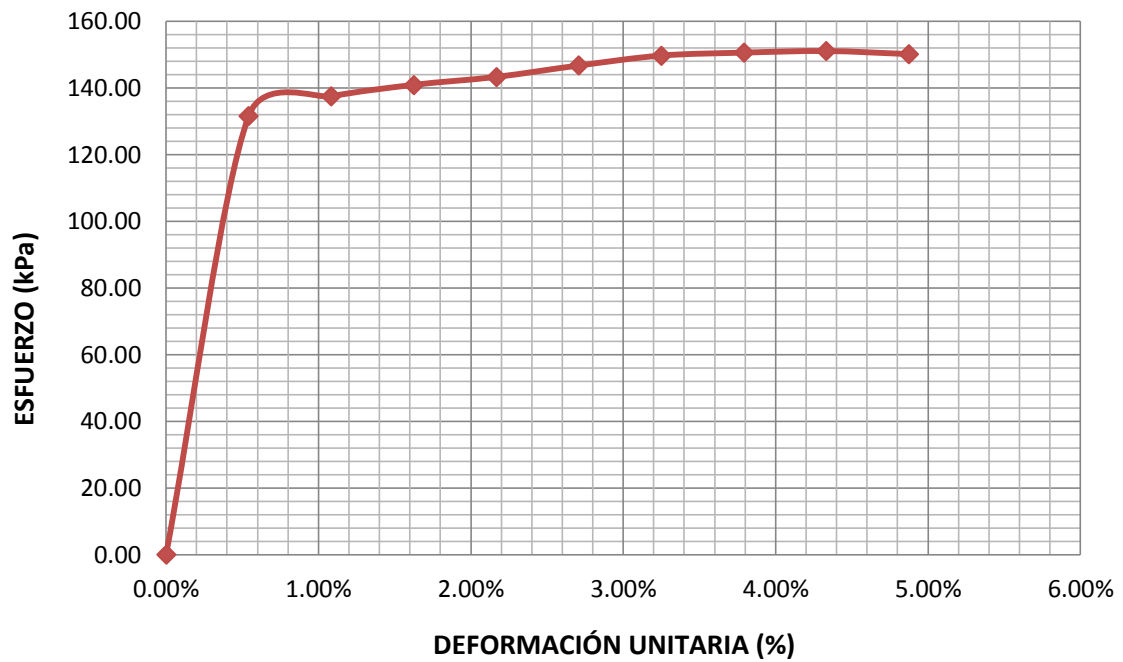


Figura N° 130: Diagrama esfuerzo – deformación, C – 05 mezcla de suelo con 15% ce CBCA

Elaboración: Propia

ANEXO N° 4. Resultados del ensayo CBR

Tabla 183: Resultados ensayo CBR, C – 01 muestra patrón

| ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D - 1883 | | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 06-08-2018 | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes por capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar |
| Peso muestra húmeda + molde (g) | 20200.00 | 11690.00 | 19810.00 | 11595.00 | 19680.00 | 11420.00 |
| Peso de disco espaciador (g) | 8582.00 | 8582.00 | 8582.00 | 8582.00 | 8582.00 | 8582.00 |
| Peso del molde (g) | 7244.00 | 7244.00 | 7212.00 | 7212.00 | 7188.00 | 7188.00 |
| Peso muestra húmeda (g) | 4374.00 | 4446.00 | 4016.00 | 4383.00 | 3910.00 | 4232.00 |
| Volumen de la muestra (cm ³) | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.10 | 2.13 | 1.93 | 2.10 | 1.88 | 2.03 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | 01 | | 02 | | 03 | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (g) | 134.40 | | 152.05 | | 192.39 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (g) | 128.95 | | 136.03 | | 165.70 | |
| Peso del agua (g) | 5.45 | | 16.02 | | 26.69 | |
| Peso Tara (g) | 27.63 | | 27.31 | | 27.52 | |
| Peso Suelo Seco (g) | 101.32 | | 108.72 | | 138.18 | |
| Contenido de Humedad (%) | 5.38% | | 14.74% | | 19.32% | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.991 | | 1.679 | | 1.572 | |

| DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Molde N° | | | 1 | | 2 | | 3 | |
| Fecha | Hora | Tiempo (h) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) |
| 06-08-2018 | 06:50 p.m. | 0 | 4.420 | 0.000 | 4.802 | 0.000 | 3.822 | 0.000 |
| 07-08-2018 | 06:50 p.m. | 24 | 5.766 | 1.346 | 5.080 | 0.278 | 4.067 | 0.245 |
| 08-08-2018 | 06:50 p.m. | 48 | 6.579 | 0.813 | 5.410 | 0.330 | 4.239 | 0.171 |
| 09-08-2018 | 06:50 p.m. | 72 | 7.061 | 0.483 | 5.486 | 0.076 | 4.312 | 0.074 |
| 10-08-2018 | 06:50 p.m. | 96 | 7.214 | 0.152 | 5.512 | 0.025 | 4.361 | 0.049 |

| DETERMINACIÓN DE CARGA-PENETRACIÓN | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| Penetración (plg) | Molde N° 01 | | Molde N° 02 | | Molde N° 03 | |
| | 56 Golpes | | 25 Golpes | | 12 Golpes | |
| | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² |
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 46.80 | 14.90 | 5.22 | 1.66 | 1.52 | 0.48 |
| 0.050 | 61.07 | 19.44 | 12.90 | 4.11 | 4.89 | 1.56 |
| 0.075 | 87.77 | 27.94 | 24.10 | 7.67 | 6.70 | 2.13 |
| 0.100 | 110.61 | 35.21 | 28.02 | 8.92 | 12.24 | 3.89 |
| 0.125 | 130.32 | 41.48 | 36.71 | 11.68 | 20.55 | 6.54 |
| 0.150 | 143.08 | 45.54 | 44.14 | 14.05 | 24.93 | 7.94 |
| 0.200 | 186.97 | 59.52 | 58.51 | 18.62 | 37.43 | 11.92 |
| 0.300 | 248.02 | 78.95 | 89.66 | 28.54 | 52.49 | 16.71 |
| 0.400 | 282.39 | 89.89 | 102.23 | 32.54 | 61.24 | 19.49 |
| 0.500 | 317.84 | 101.17 | 123.08 | 39.18 | 73.88 | 23.52 |

| GOLPES | | 56 | 25 | 12 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| CBR | 0.100" | 3.52 % | 0.89 % | 0.39 % |
| | 0.200" | 3.97 % | 1.24 % | 0.79 % |

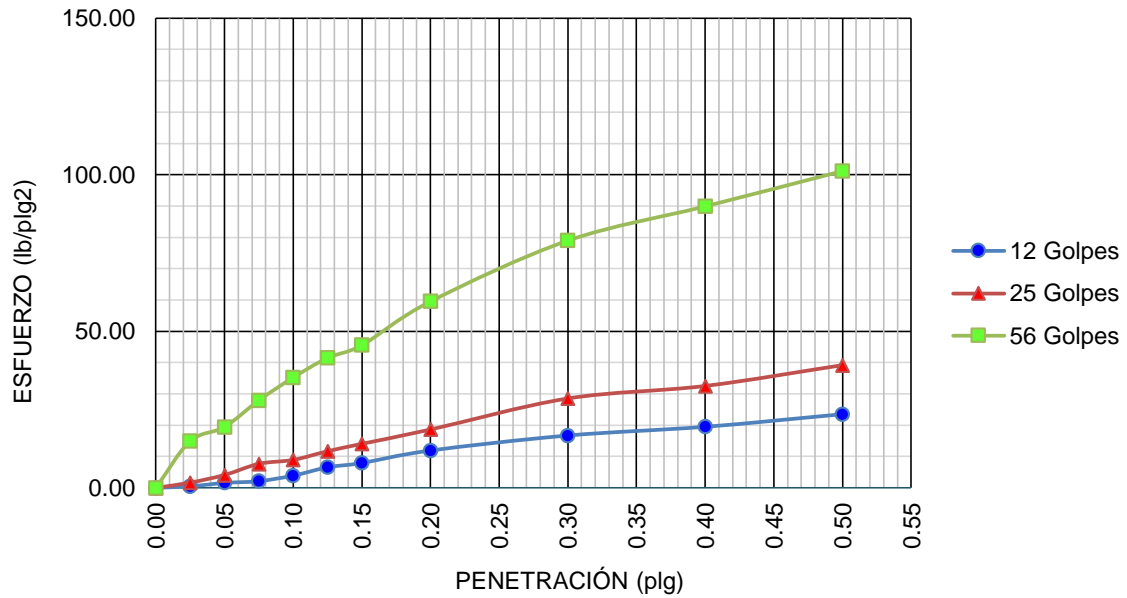


Figura N° 131: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 01, muestra patrón

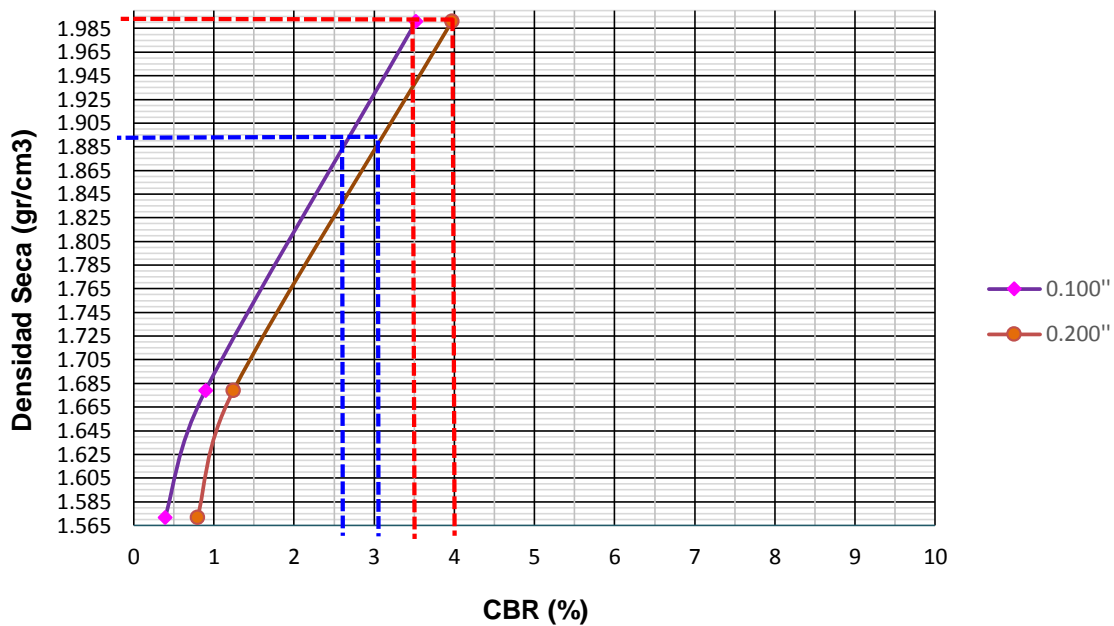


Figura N° 132: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 01, muestra patrón

Tabla 184: Resumen de resultados de ensayo CBR a C – 01 con muestra patrón

| VALORES DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|--|---------------|
| Densidad seca máxima (gr/cm ³) | 1.987 |
| Humedad óptima | 11.05% |

| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) | |
|---|--------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 1.987 |
| CBR (%) | 3.51% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.888 |
| CBR (%) | 2.65% |

Tabla 185: Resultados ensayo CBR, C – 03 muestra patrón

| ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D - 1883 | | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 06-08-2018 | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes por capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar |
| Peso muestra húmeda + molde (g) | 20085.00 | 11825.00 | 19780.00 | 11655.00 | 19160.00 | 11170.00 |
| Peso de disco espaciador (g) | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 |
| Peso del molde (g) | 7195.00 | 7195.00 | 7245.00 | 7245.00 | 7185.00 | 7185.00 |
| Peso muestra húmeda (g) | 4315.00 | 4630.00 | 3960.00 | 4410.00 | 3400.00 | 3985.00 |
| Volumen de la muestra (cm ³) | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.07 | 2.22 | 1.90 | 2.12 | 1.63 | 1.91 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | 01 | | 02 | | 03 | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (g) | 136.25 | | 198.89 | | 170.30 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (g) | 130.40 | | 160.87 | | 137.23 | |
| Peso del agua (g) | 5.85 | | 38.02 | | 33.07 | |
| Peso Tara (g) | 27.65 | | 27.59 | | 27.38 | |
| Peso Suelo Seco (g) | 102.75 | | 133.28 | | 109.85 | |
| Contenido de Humedad (%) | 5.69% | | 28.53% | | 30.10% | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.958 | | 1.478 | | 1.253 | |

DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN

| Molde N° | | 1 | | | 2 | | 3 | |
|------------|------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Fecha | Hora | Tiempo (h) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) |
| 28-08-2018 | 03:00 p.m. | 0 | 0.600 | 0.000 | 2.583 | 0.000 | 1.088 | 0.000 |
| 29-08-2018 | 03:00 p.m. | 24 | 1.740 | 1.140 | 4.374 | 1.791 | 1.410 | 0.322 |
| 30-08-2018 | 03:00 p.m. | 48 | 2.384 | 0.644 | 4.661 | 0.287 | 1.646 | 0.236 |
| 31-08-2018 | 03:00 p.m. | 72 | 2.755 | 0.371 | 4.716 | 0.055 | 1.711 | 0.065 |
| 01-09-2018 | 03:00 p.m. | 96 | 3.645 | 0.890 | 4.747 | 0.031 | 1.749 | 0.038 |

DETERMINACIÓN DE CARGA-PENETRACIÓN

| Penetración (plg) | Molde N° 01 | | Molde N° 02 | | Molde N° 03 | |
|-------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| | 56 Golpes | | 25 Golpes | | 12 Golpes | |
| | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² |
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 51.37 | 16.35 | 7.23 | 2.30 | 1.85 | 0.59 |
| 0.050 | 65.70 | 20.91 | 13.91 | 4.43 | 4.94 | 1.57 |
| 0.075 | 92.81 | 29.54 | 25.07 | 7.98 | 6.37 | 2.03 |
| 0.100 | 117.29 | 37.33 | 30.80 | 9.80 | 10.76 | 3.42 |
| 0.125 | 129.39 | 41.19 | 38.78 | 12.34 | 17.39 | 5.54 |
| 0.150 | 143.01 | 45.52 | 52.89 | 16.84 | 22.00 | 7.00 |
| 0.200 | 188.05 | 59.86 | 83.31 | 26.52 | 40.61 | 12.93 |
| 0.300 | 229.13 | 72.93 | 89.75 | 28.57 | 45.33 | 14.43 |
| 0.400 | 261.05 | 83.09 | 103.88 | 33.07 | 51.10 | 16.27 |
| 0.500 | 315.83 | 100.53 | 118.54 | 37.73 | 65.94 | 20.99 |

| GOLPES | | 56 | 25 | 12 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| CBR | 0.100" | 3.73 % | 0.98 % | 0.34 % |
| | 0.200" | 3.99 % | 1.77 % | 0.86 % |

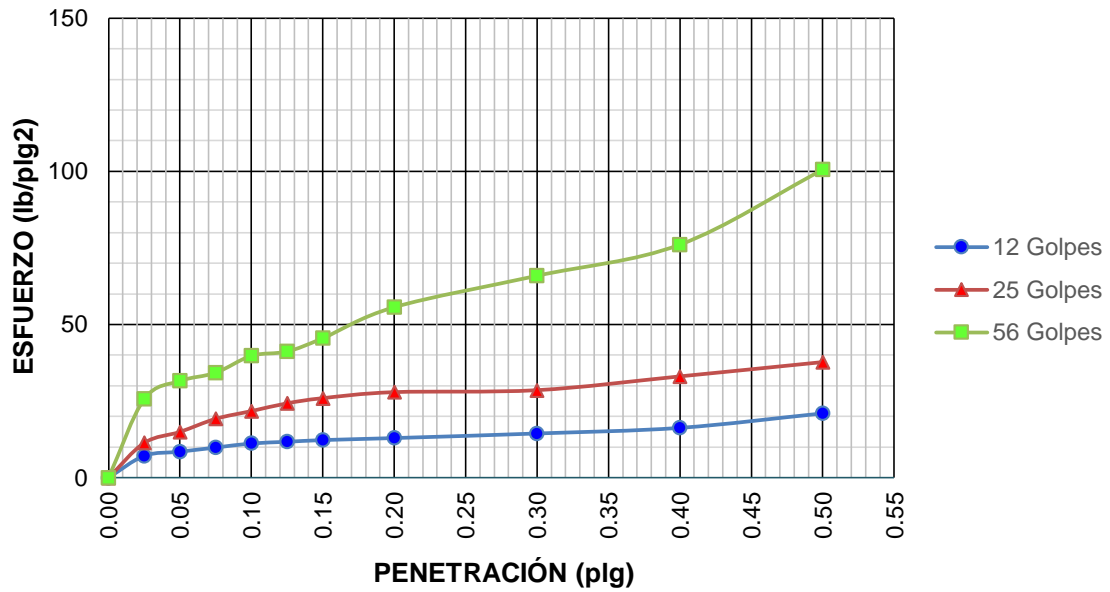


Figura N° 133: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 03, muestra patrón

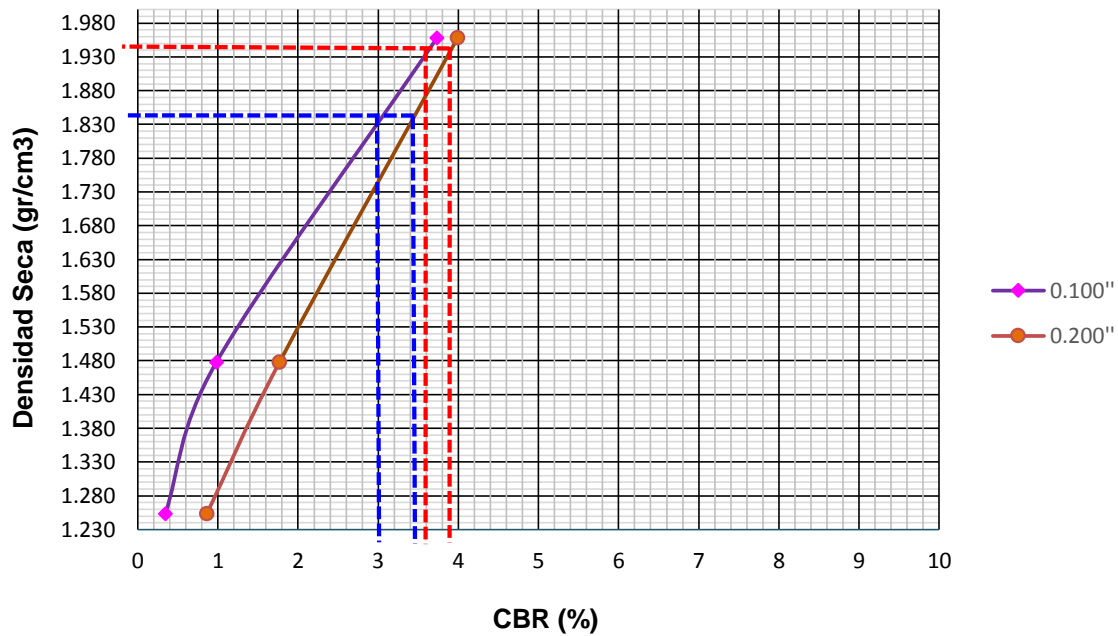


Figura N° 134: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 03, muestra patrón

Tabla 186: Resumen de resultados de ensayo CBR a C – 03 con muestra patrón

| VALORES DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|--|---------------|
| Densidad seca máxima (gr/cm ³) | 1.94 |
| Humedad óptima | 12.60% |

| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) | |
|---|--------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 1.940 |
| CBR (%) | 3.70% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.843 |
| CBR (%) | 3.05% |

Tabla 187: Resultados ensayo CBR, C – 05 muestra patrón

| ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D - 1883 | | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA: | 28-08-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 | PROFUNDIDAD: | 0.60 m. | | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Molde N° | 1 | 2 | 3 | | | |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 | | | |
| Número de golpes por capas | 56 | 25 | 12 | | | |
| Condición de la muestra | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar |
| Peso muestra húmeda + molde (g) | 20075.00 | 11740.00 | 19780.00 | 11555.00 | 19180.00 | 11100.00 |
| Peso de disco espaciador (g) | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 | 8575.00 |
| Peso del molde (g) | 7185.00 | 7185.00 | 7190.00 | 7190.00 | 7055.00 | 7055.00 |
| Peso muestra húmeda (g) | 4315.00 | 4555.00 | 4015.00 | 4365.00 | 3550.00 | 4045.00 |
| Volumen de la muestra (cm ³) | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.07 | 2.18 | 1.93 | 2.09 | 1.70 | 1.94 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | | 01 | 02 | 03 | | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (g) | | 164.32 | 147.76 | 148.11 | | |
| Peso Tara + Suelo Seco (g) | | 148.53 | 119.42 | 117.37 | | |
| Peso del agua (g) | | 15.79 | 28.34 | 30.74 | | |
| Peso Tara (g) | | 27.43 | 27.33 | 27.31 | | |
| Peso Suelo Seco (g) | | 121.10 | 92.09 | 90.06 | | |
| Contenido de Humedad (%) | | 13.04% | 30.77% | 34.13% | | |
| Densidad seca (g/cm ³) | | 1.831 | 1.473 | 1.269 | | |

DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN

| Molde N° | | | 1 | | 2 | | 3 | |
|------------|------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Fecha | Hora | Tiempo (h) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) |
| 28-08-2018 | 01:00 p.m. | 0 | 0.285 | 0.000 | 0.094 | 0.000 | 0.081 | 0.000 |
| 29-08-2018 | 01:00 p.m. | 24 | 0.612 | 0.327 | 0.300 | 0.206 | 1.410 | 1.329 |
| 30-08-2018 | 01:00 p.m. | 48 | 1.334 | 0.722 | 0.646 | 0.346 | 2.375 | 0.965 |
| 31-08-2018 | 01:00 p.m. | 72 | 1.862 | 0.528 | 0.744 | 0.098 | 2.438 | 0.063 |
| 01-09-2018 | 01:00 p.m. | 96 | 2.045 | 0.183 | 0.765 | 0.021 | 2.475 | 0.037 |

DETERMINACIÓN DE CARGA-PENETRACIÓN

| Penetración (plg) | Molde N° 01 | | Molde N° 02 | | Molde N° 03 | |
|-------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| | 56 Golpes | | 25 Golpes | | 12 Golpes | |
| | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² |
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 60.08 | 19.12 | 7.23 | 2.30 | 0.79 | 0.25 |
| 0.050 | 71.01 | 22.60 | 11.93 | 3.80 | 7.36 | 2.34 |
| 0.075 | 95.79 | 30.49 | 22.97 | 7.31 | 9.08 | 2.89 |
| 0.100 | 115.92 | 36.90 | 30.64 | 9.75 | 15.32 | 4.88 |
| 0.125 | 136.00 | 43.29 | 38.93 | 12.39 | 23.59 | 7.51 |
| 0.150 | 149.63 | 47.63 | 52.25 | 16.63 | 27.29 | 8.69 |
| 0.200 | 187.61 | 59.72 | 59.50 | 18.94 | 41.76 | 13.29 |
| 0.300 | 235.74 | 75.04 | 91.71 | 29.19 | 54.15 | 17.24 |
| 0.400 | 258.84 | 82.39 | 106.84 | 34.01 | 66.40 | 21.14 |
| 0.500 | 326.88 | 104.05 | 126.68 | 40.32 | 72.27 | 23.00 |

| GOLPES | | 56 | 25 | 12 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| CBR | 0.100" | 3.69 % | 0.98 % | 0.49 % |
| | 0.200" | 3.98 % | 1.26 % | 0.89 % |

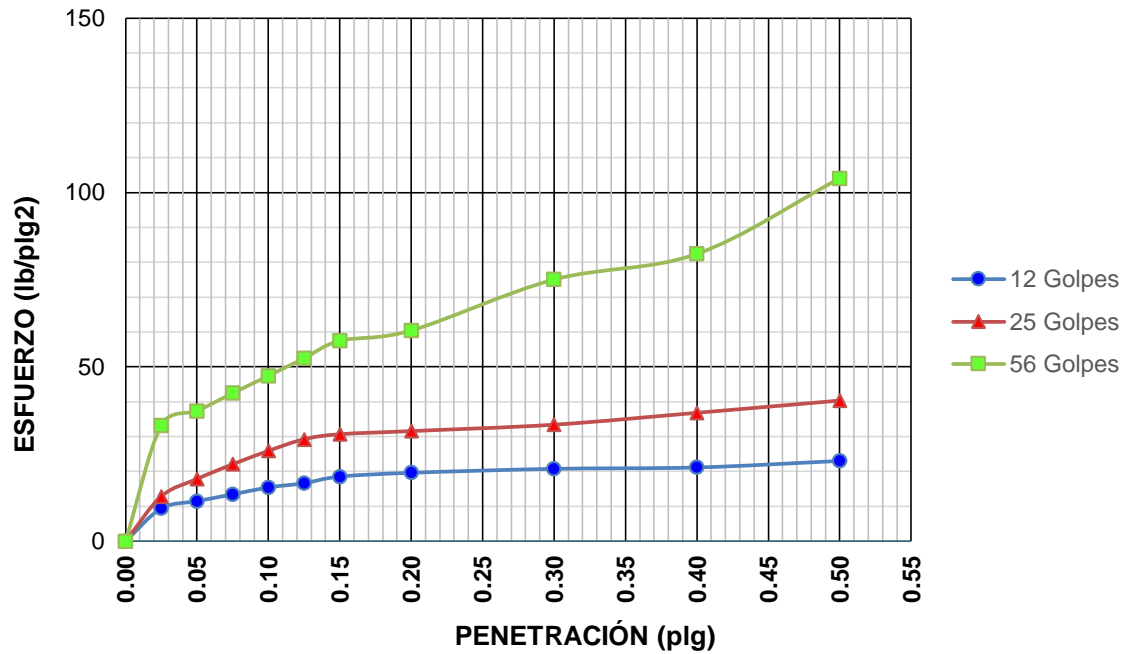


Figura N° 135: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 05, muestra patrón

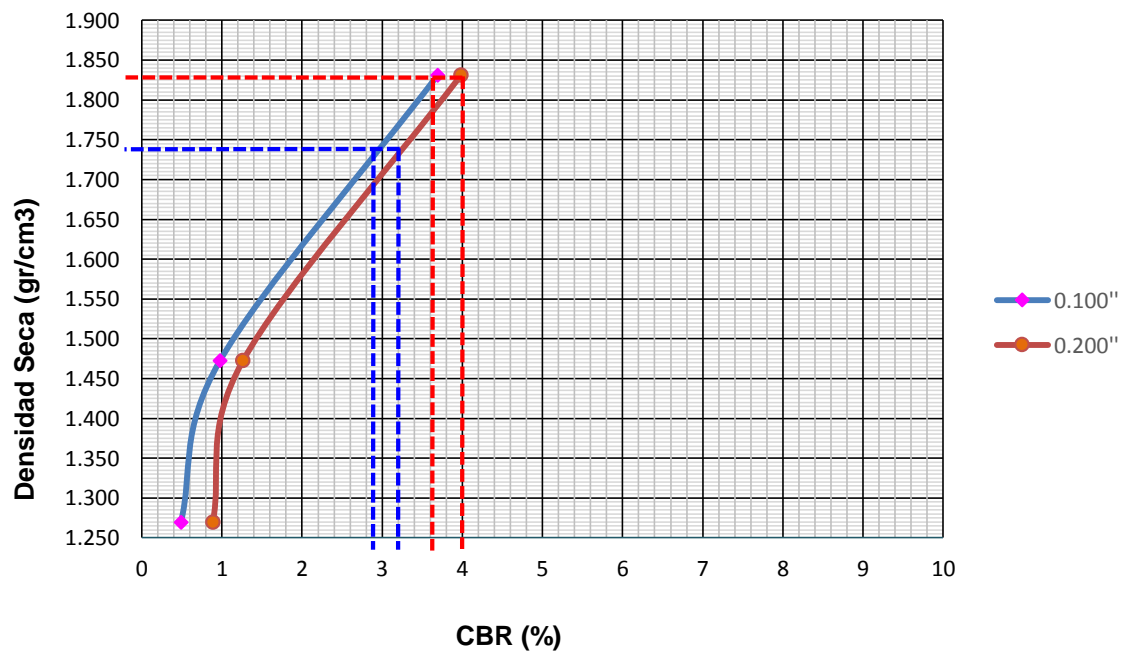


Figura N° 136: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 05, muestra patrón.

Tabla 188: Resumen de resultados de ensayo CBR a C – 05 con muestra patrón

| VALORES DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|--|---------------|
| Densidad seca máxima (gr/cm ³) | 1.83 |
| Humedad óptima | 14.18% |

| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) | |
|---|--------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 1.830 |
| CBR (%) | 3.65% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.739 |
| CBR (%) | 2.98% |

Tabla 189: Resultados ensayo CBR, C – 01 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

| ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D - 1883 | | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | FECHA: | 05-11-2018 | | | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | TÉCNICO: | W.L.C | | | |
| | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 01 - ESTRATO 01 + 15 % DE CENIZA | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes por capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar |
| Peso muestra húmeda + molde (g) | 20180.00 | 11720.00 | 19780.00 | 11610.00 | 19250.00 | 11510.00 |
| Peso de disco espaciador (g) | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 |
| Peso del molde (g) | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 |
| Peso muestra húmeda (g) | 4436.00 | 4526.00 | 4036.00 | 4416.00 | 3506.00 | 4316.00 |
| Volumen de la muestra (cm ³) | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.13 | 2.17 | 1.94 | 2.12 | 1.68 | 2.07 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | 01 | | 02 | | 03 | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (g) | 138.15 | | 161.27 | | 179.54 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (g) | 136.75 | | 141.12 | | 153.82 | |
| Peso del agua (g) | 1.40 | | 20.15 | | 25.72 | |
| Peso Tara (g) | 27.22 | | 28.76 | | 28.02 | |
| Peso Suelo Seco (g) | 109.53 | | 112.36 | | 125.80 | |
| Contenido de Humedad (%) | 1.28% | | 17.93% | | 20.45% | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.101 | | 1.641 | | 1.396 | |

| DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Molde Nº | | | 1 | | 2 | | 3 | |
| Fecha | Hora | Tiempo (h) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) |
| 05-11-2018 | 01:10 p.m. | 0 | 5.613 | 0.000 | 5.807 | 0.000 | 5.145 | 0.000 |
| 06-11-2018 | 01:10 p.m. | 24 | 6.375 | 0.762 | 5.842 | 0.035 | 6.125 | 0.980 |
| 07-11-2018 | 01:10 p.m. | 48 | 7.874 | 1.499 | 5.994 | 0.152 | 6.615 | 0.490 |
| 08-11-2018 | 01:10 p.m. | 72 | 8.280 | 0.406 | 6.020 | 0.025 | 6.885 | 0.270 |
| 09-11-2018 | 01:10 p.m. | 96 | 8.407 | 0.127 | 6.071 | 0.051 | 6.983 | 0.098 |

| DETERMINACIÓN DE CARGA-PENETRACIÓN | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| Penetración (plg) | Molde Nº 01 | | Molde Nº 02 | | Molde Nº 03 | |
| | 56 Golpes | | 25 Golpes | | 12 Golpes | |
| | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² |
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 460.32 | 146.53 | 143.79 | 45.77 | 119.36 | 37.99 |
| 0.050 | 564.82 | 179.79 | 187.61 | 59.72 | 139.60 | 44.43 |
| 0.075 | 747.06 | 237.80 | 254.81 | 81.11 | 150.44 | 47.89 |
| 0.100 | 884.10 | 281.42 | 278.36 | 88.60 | 183.64 | 58.46 |
| 0.125 | 1002.35 | 319.06 | 330.47 | 105.19 | 233.51 | 74.33 |
| 0.150 | 1078.94 | 343.44 | 375.05 | 119.38 | 259.84 | 82.71 |
| 0.200 | 1389.92 | 442.43 | 461.29 | 146.83 | 334.84 | 106.58 |
| 0.300 | 1708.58 | 543.86 | 648.20 | 206.33 | 425.18 | 135.34 |
| 0.400 | 1914.80 | 609.50 | 723.60 | 230.33 | 477.70 | 152.06 |
| 0.500 | 2127.50 | 677.21 | 848.73 | 270.16 | 553.49 | 176.18 |

| GOLPES | | 56 | 25 | 12 |
|--------|--------|---------|--------|--------|
| CBR | 0.100" | 28.14 % | 8.86 % | 5.85 % |
| | 0.200" | 29.50 % | 9.79 % | 7.11 % |

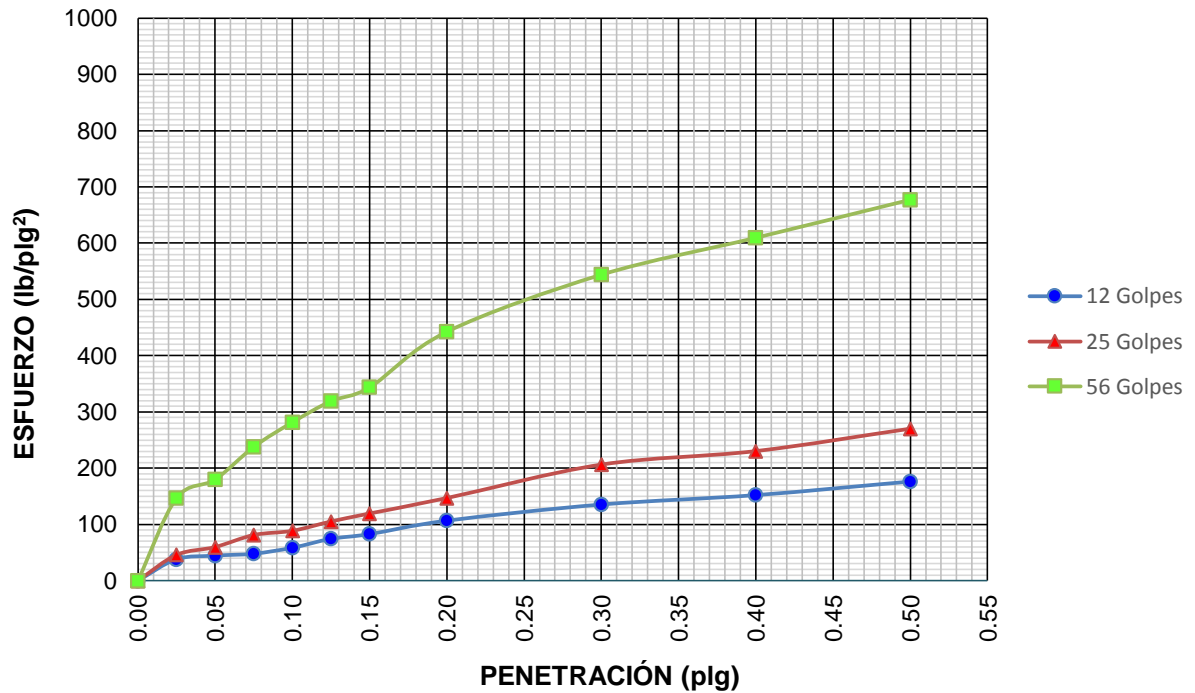


Figura N° 137: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 01 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

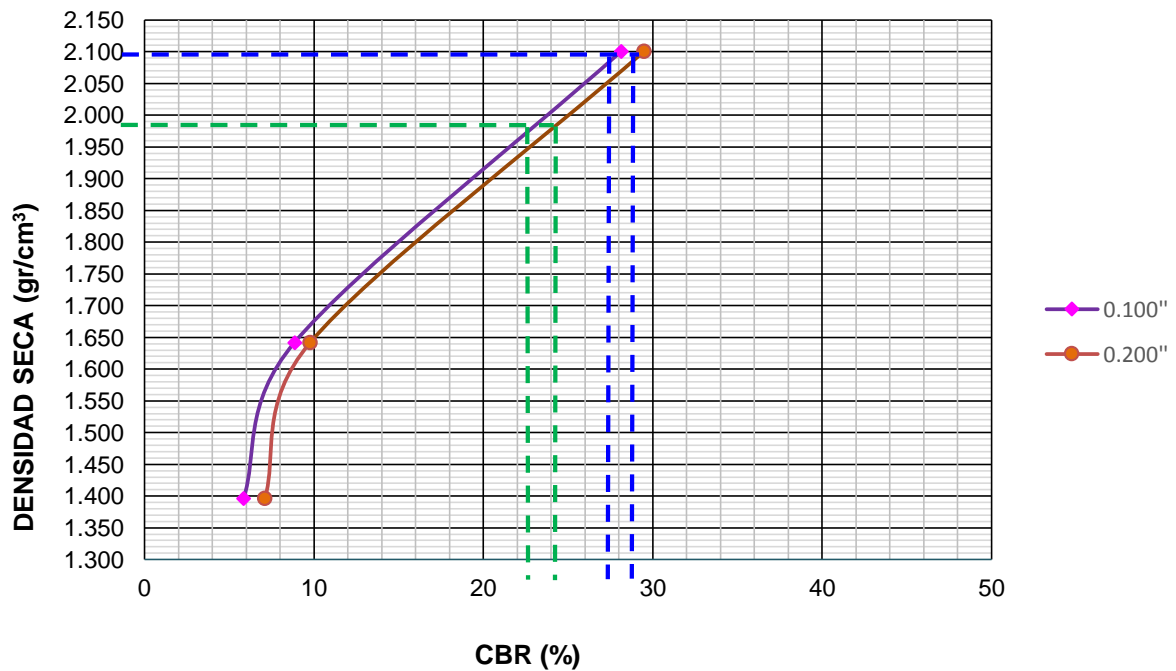


Figura N° 138: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 01 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

Tabla 190: Resumen de resultados de ensayo CBR a C – 01 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

| VALORES DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|--|---------------|
| Densidad seca máxima (gr/cm ³) | 2.091 |
| Humedad óptima | 13.60% |

| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - 02" | |
|---|---------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 2.091 |
| CBR (%) | 28.40% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.986 |
| CBR (%) | 24.10% |

| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - 01" | |
|---|---------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 2.091 |
| CBR (%) | 27.50% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.986 |
| CBR (%) | 22.50% |

Tabla 191: Resultados ensayo CBR, C – 03 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

| ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D - 1883 | | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 07-11-2018 | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 03 - ESTRATO 01 + 15 % DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes por capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar |
| Peso muestra húmeda + molde (g) | 20300.00 | 11895.00 | 19890.00 | 11745.00 | 19710.00 | 11425.00 |
| Peso de disco espaciador (g) | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 |
| Peso del molde (g) | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 |
| Peso muestra húmeda (g) | 4556.00 | 4701.00 | 4146.00 | 4551.00 | 3966.00 | 4231.00 |
| Volumen de la muestra (cm ³) | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.19 | 2.25 | 1.99 | 2.18 | 1.90 | 2.03 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | 01 | | 02 | | 03 | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (g) | 167.63 | | 199.99 | | 186.15 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (g) | 162.12 | | 177.02 | | 155.45 | |
| Peso del agua (g) | 5.51 | | 22.97 | | 30.70 | |
| Peso Tara (g) | 27.69 | | 27.66 | | 27.41 | |
| Peso Suelo Seco (g) | 134.43 | | 149.36 | | 128.04 | |
| Contenido de Humedad (%) | 4.10% | | 15.38% | | 23.98% | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.099 | | 1.723 | | 1.534 | |

DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN

| Molde N° | | | 1 | | 2 | | 3 | |
|------------|------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Fecha | Hora | Tiempo (h) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) |
| 07-11-2018 | 04:50 p.m. | 0 | 4.572 | 0.000 | 5.317 | 0.000 | 5.145 | 0.000 |
| 08-11-2018 | 04:50 p.m. | 24 | 4.953 | 0.381 | 5.563 | 0.246 | 6.125 | 0.980 |
| 09-11-2018 | 04:50 p.m. | 48 | 5.715 | 0.762 | 5.740 | 0.178 | 6.615 | 0.490 |
| 10-11-2018 | 04:50 p.m. | 72 | 6.604 | 0.889 | 5.969 | 0.229 | 6.885 | 0.270 |
| 11-11-2018 | 04:50 p.m. | 96 | 6.934 | 0.330 | 6.020 | 0.051 | 6.983 | 0.098 |

DETERMINACIÓN DE CARGA-PENETRACIÓN

| Penetración (plg) | Molde N° 01 | | Molde N° 02 | | Molde N° 03 | |
|-------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| | 56 Golpes | | 25 Golpes | | 12 Golpes | |
| | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² |
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 515.00 | 163.93 | 146.06 | 46.49 | 121.63 | 38.72 |
| 0.050 | 626.33 | 199.37 | 201.06 | 64.00 | 143.70 | 45.74 |
| 0.075 | 770.85 | 245.37 | 269.71 | 85.85 | 154.59 | 49.21 |
| 0.100 | 928.26 | 295.47 | 290.02 | 92.32 | 197.84 | 62.98 |
| 0.125 | 1022.90 | 325.60 | 332.94 | 105.98 | 239.51 | 76.24 |
| 0.150 | 1082.78 | 344.66 | 386.84 | 123.14 | 265.02 | 84.36 |
| 0.200 | 1444.49 | 459.80 | 478.84 | 152.42 | 360.26 | 114.67 |
| 0.300 | 1766.36 | 562.25 | 681.10 | 216.80 | 477.43 | 151.97 |
| 0.400 | 1969.21 | 626.82 | 769.43 | 244.92 | 517.53 | 164.74 |
| 0.500 | 2160.75 | 687.79 | 905.08 | 288.10 | 595.58 | 189.58 |

| GOLPES | | 56 | 25 | 12 |
|--------|--------|---------|---------|--------|
| CBR | 0.100" | 29.55 % | 9.23 % | 6.30 % |
| | 0.200" | 30.65 % | 10.16 % | 7.64 % |

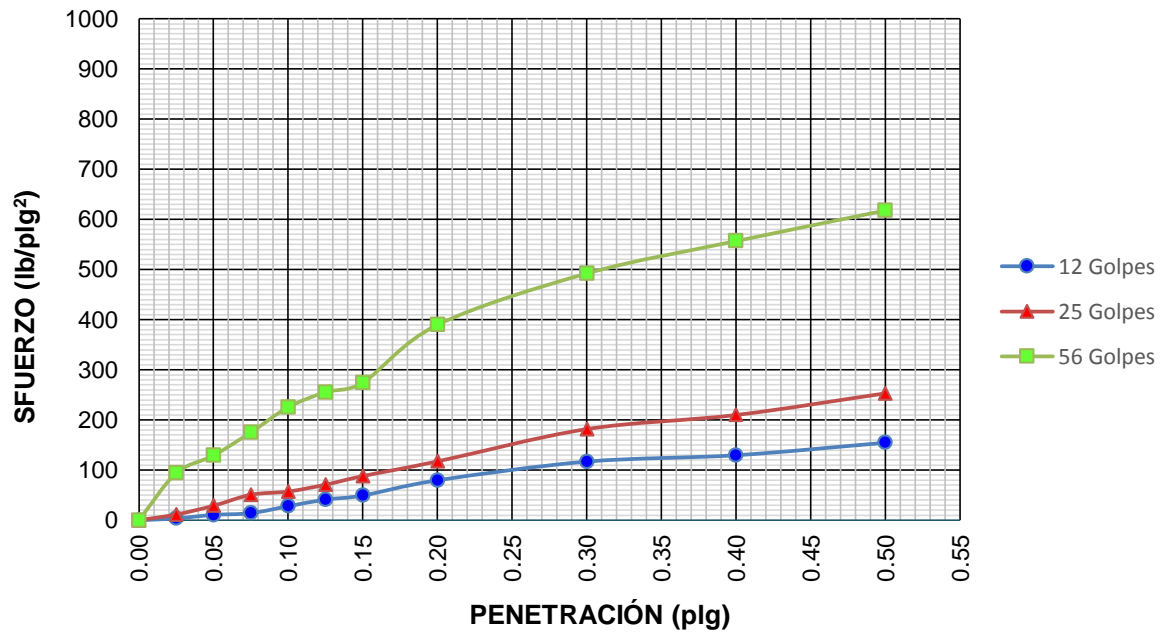


Figura N° 139: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 03 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

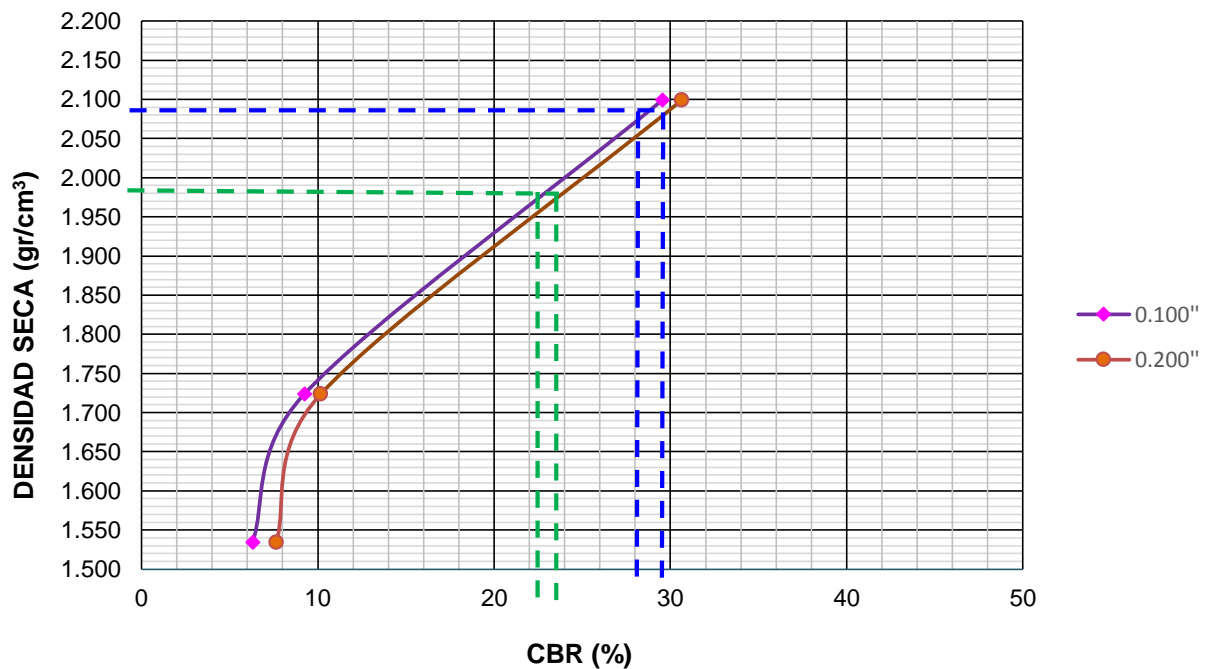


Figura N° 140: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 03 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

Tabla 192: Resumen de resultados de ensayo CBR a C – 03 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

| VALORES DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|--|---------------|
| Densidad seca máxima (gr/cm ³) | 2.088 |
| Humedad óptima | 15.70% |

| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - 02" | |
|---|---------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 2.088 |
| CBR (%) | 29.80% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.984 |
| CBR (%) | 23.50% |

| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - 01" | |
|---|---------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 2.088 |
| CBR (%) | 28.00% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.984 |
| CBR (%) | 22.40% |

Tabla 193: Resultados ensayo CBR, C – 05 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

| ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D - 1883 | | | | | | |
|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD | | | | | | |
| LABORATORIO: | Mecánica de Suelos y Pavimentos | | | FECHA: | 12-11-2018 | |
| UBICACIÓN: | Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo | | | TÉCNICO: | W.L.C | |
| | | | | RESPONSABLE: | Andrea Terrones Cruz | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | CALICATA 05 - ESTRATO 01 + 15 % DE CENIZA | | | PROFUNDIDAD: | 0.90 m. | |
| PROCEDENCIA: | Vías de acceso Sector Barraza - Laredo | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD | | | | | | |
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes por capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar | Antes de empapar | Después de empapar |
| Peso muestra húmeda + molde (g) | 20155.00 | 11850.00 | 19880.00 | 11645.00 | 19670.00 | 11425.00 |
| Peso de disco espaciador (g) | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 | 8550.00 |
| Peso del molde (g) | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 | 7194.00 |
| Peso muestra húmeda (g) | 4411.00 | 4656.00 | 4136.00 | 4451.00 | 3926.00 | 4231.00 |
| Volumen de la muestra (cm ³) | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 | 2084.99 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.12 | 2.23 | 1.98 | 2.13 | 1.88 | 2.03 |
| DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | |
| Tara N° | 01 | | 02 | | 03 | |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (g) | 131.78 | | 172.72 | | 185.32 | |
| Peso Tara + Suelo Seco (g) | 129.11 | | 149.45 | | 160.42 | |
| Peso del agua (g) | 2.67 | | 23.27 | | 24.90 | |
| Peso Tara (g) | 27.48 | | 27.38 | | 27.31 | |
| Peso Suelo Seco (g) | 101.63 | | 122.07 | | 133.11 | |
| Contenido de Humedad (%) | 2.63% | | 19.06% | | 18.71% | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.061 | | 1.666 | | 1.586 | |

DETERMINACIÓN DE EXPANSIÓN

| Molde Nº | | 1 | | | 2 | | 3 | |
|------------|------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Fecha | Hora | Tiempo (h) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) | Lectura dial (mm) | Himcham. (mm) |
| 12-11-2018 | 11:00 a.m. | 0 | 3.302 | 0.000 | 2.695 | 0.000 | 2.940 | 0.000 |
| 13-11-2018 | 11:00 a.m. | 24 | 3.607 | 0.305 | 4.318 | 1.623 | 3.063 | 0.123 |
| 14-11-2018 | 11:00 a.m. | 48 | 5.004 | 1.397 | 5.334 | 1.016 | 3.161 | 0.098 |
| 15-11-2018 | 11:00 a.m. | 72 | 5.207 | 0.203 | 5.740 | 0.406 | 3.455 | 0.294 |
| 16-11-2018 | 11:00 a.m. | 96 | 5.486 | 0.279 | 5.817 | 0.076 | 3.577 | 0.123 |

DETERMINACIÓN DE CARGA-PENETRACIÓN

| Penetración (plg) | Molde Nº 01 | | Molde Nº 02 | | Molde Nº 03 | |
|-------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| | 56 Golpes | | 25 Golpes | | 12 Golpes | |
| | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² | lb | lb/plg ² |
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.025 | 487.66 | 155.23 | 157.74 | 50.21 | 65.90 | 20.98 |
| 0.050 | 595.58 | 189.58 | 309.00 | 98.36 | 84.26 | 26.82 |
| 0.075 | 758.96 | 241.59 | 426.31 | 135.70 | 98.72 | 31.42 |
| 0.100 | 906.19 | 288.45 | 502.41 | 159.92 | 113.21 | 36.03 |
| 0.125 | 1012.63 | 322.33 | 551.53 | 175.56 | 133.86 | 42.61 |
| 0.150 | 1075.35 | 342.29 | 585.19 | 186.27 | 156.81 | 49.92 |
| 0.200 | 1417.22 | 451.11 | 657.26 | 209.21 | 195.18 | 62.13 |
| 0.300 | 1737.48 | 553.06 | 756.32 | 240.74 | 226.39 | 72.06 |
| 0.400 | 1942.01 | 618.16 | 817.74 | 260.29 | 260.81 | 83.02 |
| 0.500 | 2144.13 | 682.50 | 871.02 | 277.26 | 296.85 | 94.49 |

| GOLPES | | 56 | 25 | 12 |
|--------|--------|---------|---------|--------|
| CBR | 0.100" | 28.84 % | 15.99 % | 3.60 % |
| | 0.200" | 30.07 % | 13.95 % | 4.14 % |

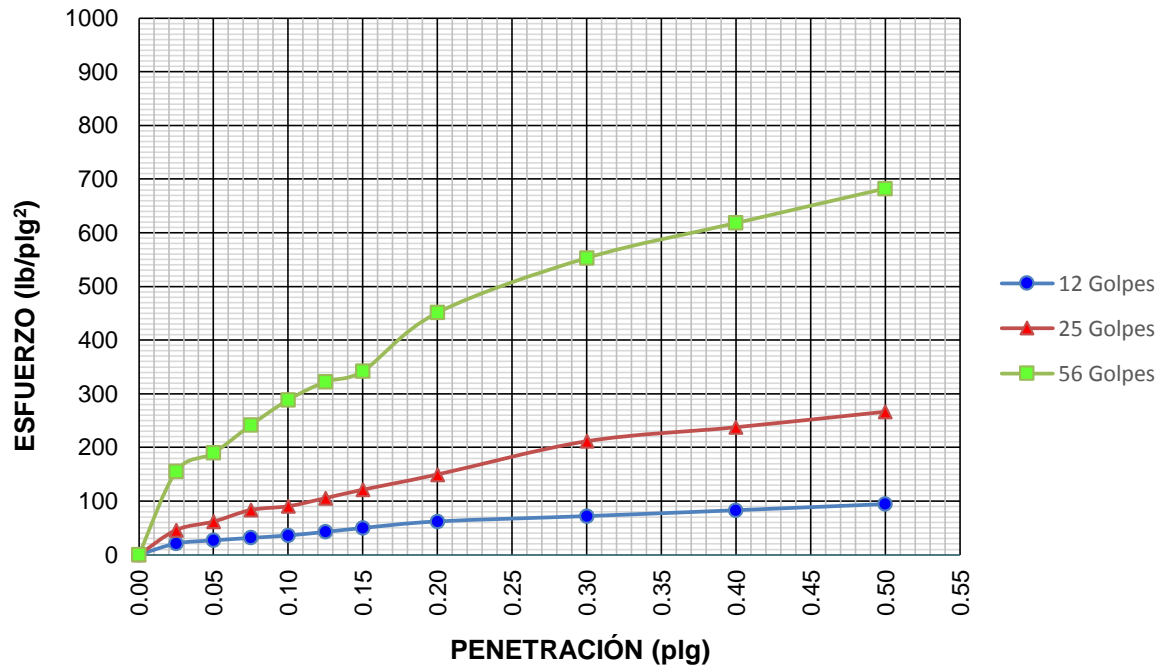


Figura N° 141: Diagrama de Esfuerzo – Penetración C – 05 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA

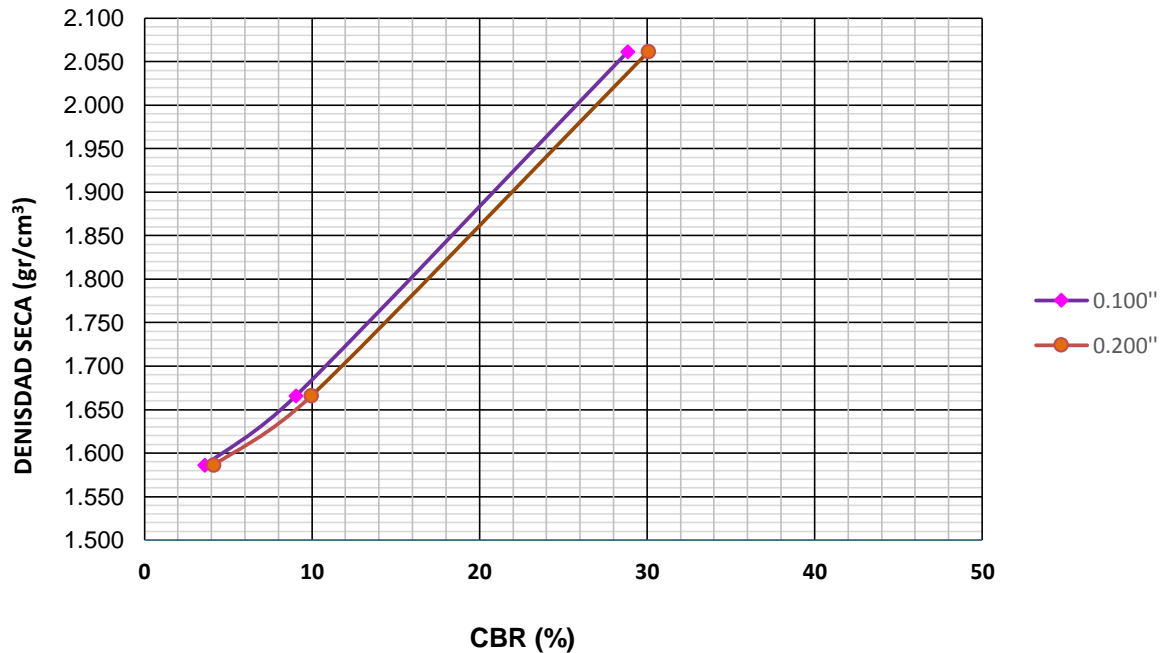


Figura N° 142: Diagrama de Densidad Seca – CBR C – 05 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA


Tabla 194: Resumen de resultados de ensayo CBR a C – 03 mezcla de suelo con adición del 15% de CBCA


| VALORES DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|--|---------------|
| Densidad seca máxima (gr/cm ³) | 2.034 |
| Humedad óptima | 15.60% |


| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - 02" | |
|---|---------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 2.034 |
| CBR (%) | 28.00% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.932 |
| CBR (%) | 23.40% |


| VALORES DEL ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - 01" | |
|---|---------------|
| 100% Densidad Seca Máxima | 2.034 |
| CBR (%) | 26.50% |
| 95% Densidad Seca Máxima | 1.932 |
| CBR (%) | 21.90% |


ANEXO N° 5. Guía de Observación


| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|---|
| PROGRESIVA: | 0 + 011 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | b) Liviano | <input checked="" type="checkbox"/> Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | <input checked="" type="checkbox"/> Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | <input checked="" type="checkbox"/> Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | <input checked="" type="checkbox"/> Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | <input checked="" type="checkbox"/> Inadecuado mantenimiento | c) Otros: _____ | |
| EVIDENCIA: |  | | | |


| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------|---|
| PROGRESIVA: | 0 + 422 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | <input checked="" type="checkbox"/> Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | <input checked="" type="checkbox"/> Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | <input checked="" type="checkbox"/> Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | <input checked="" type="checkbox"/> Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | <input checked="" type="checkbox"/> Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |


| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------|---------------------------------|
| PROGRESIVA: | 0 + 777 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | X b) Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | X d) Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | X b) Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | X d) Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | X b) Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |


| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------|---|
| PROGRESIVA: | 1 + 157 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | <input checked="" type="checkbox"/> Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | <input checked="" type="checkbox"/> Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | <input checked="" type="checkbox"/> Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | <input checked="" type="checkbox"/> Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | <input checked="" type="checkbox"/> Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |

| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------|---|
| PROGRESIVA: | 1 + 524 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | <input checked="" type="checkbox"/> Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | <input checked="" type="checkbox"/> Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | <input checked="" type="checkbox"/> Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | <input checked="" type="checkbox"/> Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | <input checked="" type="checkbox"/> Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |

| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------|-------------------------------|
| PROGRESIVA: | 2 + 079 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | b) Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | d) Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | b) Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | d) Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | b) Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |

| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|---|---------------------------------|--|
| PROGRESIVA: | 2 + 626 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | <input checked="" type="checkbox"/> b) Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | <input checked="" type="checkbox"/> d) Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | <input checked="" type="checkbox"/> b) Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | <input checked="" type="checkbox"/> d) Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | <input checked="" type="checkbox"/> b) Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |

| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------|---|
| PROGRESIVA: | 3 + 078 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | <input checked="" type="checkbox"/> Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | <input checked="" type="checkbox"/> Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | f) Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | <input checked="" type="checkbox"/> Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | <input checked="" type="checkbox"/> Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | <input checked="" type="checkbox"/> Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |

| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | | |
|---------------------------------|--|--|---------------------------------|---|
| PROGRESIVA: | 3 + 529 | | | |
| TIPO DE TRÁNSITO: | a) Muy Liviano | <input checked="" type="checkbox"/> Liviano | c) Pesado | d) Muy pesado |
| TIPO DE PAVIMENTO: | Afirmado | | | |
| TIPO DE FALLA ENCONTRADA | a) Sección inapropiada | b) Drenaje inadecuado | c) Corrugación de la vía | d) Polvo en la vía |
| | e) Huecos en la vía | <input checked="" type="checkbox"/> Ahuellamiento | g) Desprendimiento de agregados | |
| NIVEL DE SEVERIDAD: | a) Bajo | <input checked="" type="checkbox"/> Medio | c) Alto | d) Muy Alto |
| DIMENSIONES DE LA FALLA | a) 1 - 5 m ² | b) 5 - 10 m ² | c) 10 - 15 m ² | <input checked="" type="checkbox"/> Toda la calzada |
| POSIBLES CAUSAS: | a) Malos materiales | <input checked="" type="checkbox"/> Inadecuado mantenimiento | c) Otros | |
| EVIDENCIA: |  | | | |

ANEXO N° 6. Constancia de Validación

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe, Juan Paul E. Henríquez Ulloa,
con documento de identidad N° 40284306, de profesión
Ingeniero Civil con grado de Especialista en Suelos,
ejerciendo actualmente como Docente, en la Universidad Privada
del Norte.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento (Guía de Observación), a los efectos de su aplicación en el trabajo de investigación, denominado: “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el Sector Barraza, Trujillo 2018”.



Por lo que luego de hacer las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones:

| | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|-------------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Congruencia de ítems | | | X | |
| Amplitud de contenido | | | X | |
| Redacción de los ítems | | | X | |
| Claridad y precisión | | | X | |





Trujillo, 16 de ENERO del 20 19.


Firma
DNI N°: 40284306



ANEXO N° 7. Registros estratigráficos.

| CALICATA N° 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------|------|-----------------|---|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--|-----------|---------|------------|---------|------------------|---------|
| TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Información Técnica y Muestras Presentadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 1 | | M - 1 | CL | A - 6 IG = 7 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón claro. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr><td>Para la malla # 200</td><td style="text-align: right;">65.16 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td style="text-align: right;">15.48 %</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Plasticidad</td></tr> <tr><td>L Líquido</td><td style="text-align: right;">31.57 %</td></tr> <tr><td>L Plástico</td><td style="text-align: right;">18.30 %</td></tr> <tr><td>I de Plasticidad</td><td style="text-align: right;">13.27 %</td></tr> </table> | Para la malla # 200 | 65.16 % | Humedad | 15.48 % | Plasticidad | | L Líquido | 31.57 % | L Plástico | 18.30 % | I de Plasticidad | 13.27 % |
| Para la malla # 200 | | | | | | | 65.16 % | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 15.48 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Líquido | 31.57 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Plástico | 18.30 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I de Plasticidad | 13.27 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.90 | 2 | | M - 2 | CL | A - 4 IG = 6 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón oscuro. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr><td>Para la malla # 200</td><td style="text-align: right;">64.59 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td style="text-align: right;">26.65 %</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Plasticidad</td></tr> <tr><td>L Líquido</td><td style="text-align: right;">28.30 %</td></tr> <tr><td>L Plástico</td><td style="text-align: right;">16.75 %</td></tr> <tr><td>I de Plasticidad</td><td style="text-align: right;">9.55 %</td></tr> </table> | Para la malla # 200 | 64.59 % | Humedad | 26.65 % | Plasticidad | | L Líquido | 28.30 % | L Plástico | 16.75 % | I de Plasticidad | 9.55 % |
| Para la malla # 200 | | | | | | | 64.59 % | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 26.65 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Líquido | 28.30 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Plástico | 16.75 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I de Plasticidad | 9.55 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>FOTO LATERAL</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>FOTO DE FONDO</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.25 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmonte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.50 m. de profundidad.

| CALICATA N° 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---|----------|------|-----------------|---|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--|------------|---------|-------------|---------|-------------------|---------|
| TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Información Técnica y Muestras Presentadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 1 |  | M - 1 | CL | A - 6 IG = 6 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón oscuro. | | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>59.77 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>23.18 %</td></tr> <tr><td>Plasticidad</td><td></td></tr> <tr><td>L. Líquido</td><td>33.52 %</td></tr> <tr><td>L. Plástico</td><td>21.76 %</td></tr> <tr><td>I. de Plasticidad</td><td>12.82 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 59.77 % | Humedad | 23.18 % | Plasticidad | | L. Líquido | 33.52 % | L. Plástico | 21.76 % | I. de Plasticidad | 12.82 % |
| Pasa la malla # 200 | 59.77 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 23.18 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Líquido | 33.52 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 21.76 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 12.82 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | 2 |  | M - 2 | CL | A - 4 IG = 3 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón oscuro. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>50.08 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>23.51 %</td></tr> <tr><td>Plasticidad</td><td></td></tr> <tr><td>L. Líquido</td><td>28.25 %</td></tr> <tr><td>L. Plástico</td><td>20.01 %</td></tr> <tr><td>I. de Plasticidad</td><td>8.23 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 50.08 % | Humedad | 23.51 % | Plasticidad | | L. Líquido | 28.25 % | L. Plástico | 20.01 % | I. de Plasticidad | 8.23 % |
| Pasa la malla # 200 | 50.08 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 23.51 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Líquido | 28.25 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 20.01 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 8.23 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>FOTO LATERAL</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>FOTO DE FONDO</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.30 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmonte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.50 m. de profundidad.

| CALICATA Nº 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---|----------|------|------------------|--|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--|-----------|---------|------------|---------|------------------|---------|
| <p align="center">TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">Información Técnica y Muestras Presentadas</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 1 |  | M - 1 | CL | A - 6 IG = 13 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón claro. | | | | | | | | | | | | |
| 0.90 | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>86.50 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>28.14 %</td></tr> <tr><td align="center" colspan="2">Plasticidad</td></tr> <tr><td>L Líquido</td><td>32.14 %</td></tr> <tr><td>L Plástico</td><td>15.22 %</td></tr> <tr><td>I de Plasticidad</td><td>16.89 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 86.50 % | Humedad | 28.14 % | Plasticidad | | L Líquido | 32.14 % | L Plástico | 15.22 % | I de Plasticidad | 16.89 % |
| Pasa la malla # 200 | 86.50 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 28.14 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Líquido | 32.14 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Plástico | 15.22 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I de Plasticidad | 16.89 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | 2 |  | M - 2 | CL | A - 6 IG = 12 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón claro. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>84.97 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>26.53 %</td></tr> <tr><td align="center" colspan="2">Plasticidad</td></tr> <tr><td>L Líquido</td><td>32.97 %</td></tr> <tr><td>L Plástico</td><td>18.79 %</td></tr> <tr><td>I de Plasticidad</td><td>14.19 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 84.97 % | Humedad | 26.53 % | Plasticidad | | L Líquido | 32.97 % | L Plástico | 18.79 % | I de Plasticidad | 14.19 % |
| Pasa la malla # 200 | 84.97 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 26.53 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Líquido | 32.97 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Plástico | 18.79 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I de Plasticidad | 14.19 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |




FOTO LATERAL






FOTO DE FONDO

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.10 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmante).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.50 m. de profundidad.

| CALICATA Nº 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---|----------|------|----------------------|---|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--|------------|---------|-------------|---------|-------------------|---------|
| TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Información Técnica y Muestras Presentadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 1 |  | M - 1 | CL | A - 7 - 6 IG = 17 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón oscuro. | | | | | | | | | | | | |
| 0.75 | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>88.16 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>20.49 %</td></tr> <tr><td colspan="2">Plasticidad</td></tr> <tr><td>L. Líquido</td><td>47.03%</td></tr> <tr><td>L. Plástico</td><td>20.71 %</td></tr> <tr><td>I. de Plasticidad</td><td>26.32 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 88.16 % | Humedad | 20.49 % | Plasticidad | | L. Líquido | 47.03% | L. Plástico | 20.71 % | I. de Plasticidad | 26.32 % |
| Pasa la malla # 200 | 88.16 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 20.49 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Líquido | 47.03% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 20.71 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 26.32 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | 2 |  | M - 2 | ML | A - 5 IG = 6 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>66.83 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>33.67 %</td></tr> <tr><td colspan="2">Plasticidad</td></tr> <tr><td>L. Líquido</td><td>42.44 %</td></tr> <tr><td>L. Plástico</td><td>33.42 %</td></tr> <tr><td>I. de Plasticidad</td><td>9.02 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 66.83 % | Humedad | 33.67 % | Plasticidad | | L. Líquido | 42.44 % | L. Plástico | 33.42 % | I. de Plasticidad | 9.02 % |
| Pasa la malla # 200 | 66.83 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 33.67 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Líquido | 42.44 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 33.42 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 9.02 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |




FOTO LATERAL


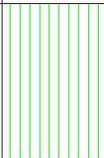








FOTO DE FONDO

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.20 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmorte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.50 m. de profundidad.


| CALICATA Nº 05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---|----------|------|------------------|--|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--|-----------|---------|-------------|---------|-------------------|---------|
| <p>TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Información Técnica y Muestras Presentadas</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SÍMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 1 |  | M - 1 | ML | A - 5 IG = 13 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón oscuro. | | | | | | | | | | | | |
| 0.60 | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>84.76 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>28.31 %</td></tr> <tr><td>Plasticidad</td><td></td></tr> <tr><td>L Líquido</td><td>42.76 %</td></tr> <tr><td>L. Plástico</td><td>33.32 %</td></tr> <tr><td>I. de Plasticidad</td><td>9.34 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 84.76 % | Humedad | 28.31 % | Plasticidad | | L Líquido | 42.76 % | L. Plástico | 33.32 % | I. de Plasticidad | 9.34 % |
| Pasa la malla # 200 | 84.76 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 28.31 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Líquido | 42.76 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 33.32 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 9.34 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | 2 |  | M - 2 | CL | A - 6 IG = 11 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón oscuro, a partir de 1.20 m. de profundidad la presencia de humedad fue en mayor cantidad. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td>82.55 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>29.48 %</td></tr> <tr><td>Plasticidad</td><td></td></tr> <tr><td>L Líquido</td><td>35.87 %</td></tr> <tr><td>L. Plástico</td><td>22.32 %</td></tr> <tr><td>I. de Plasticidad</td><td>13.25 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 82.55 % | Humedad | 29.48 % | Plasticidad | | L Líquido | 35.87 % | L. Plástico | 22.32 % | I. de Plasticidad | 13.25 % |
| Pasa la malla # 200 | 82.55 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 29.48 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L Líquido | 35.87 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 22.32 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 13.25 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>FOTO LATERAL</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>FOTO DE FONDO</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.10 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmonte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.20 m. de profundidad.

| POSTEO N° 01 | | | | | | | |
|--|-------------|---|----------|------|-----------------|---|---------|
| TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018 | | | | | | | |
| PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO | | | | | | | |
| RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz | | | | | | | |
| Información Técnica y Muestras Presentadas | | | | | | | |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | |
| PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | |
| 0.00 | 1 |  | M - 1 | CL | A - 6 IG = 7 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón claro y presencia de partículas brillosas. | |
| | | | | | | Pasa la malla # 200 | 59.32 % |
| | | | | | | Humedad | 15.48 % |
| | | | | | | Plasticidad | |
| | | | | | | L. Líquido | 31.07 % |
| | L. Plástico | 19.84 % | | | | | |
| | | I. de Plasticidad | 11.23 % | | | | |
| 0.75 | 2 |  | M - 2 | CL | A - 4 IG = 5 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón claro. | |
| | | | | | | Pasa la malla # 200 | 59.35 % |
| | | | | | | Humedad | 31.39 % |
| | | | | | | Plasticidad | |
| | | | | | | L. Líquido | 27.62 % |
| | L. Plástico | 19.84 % | | | | | |
| | | I. de Plasticidad | 6.92 % | | | | |
| 1.50 | | | | | | | |




**MATERIAL
M - 1**




**MATERIAL
M - 2**

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.15 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmonte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.50 m. de profundidad.

| POSTEO N° 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|----------|------|-----------------|---|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--|------------|---------|-------------|---------|-------------------|---------|
| TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Información Técnica y Muestras Presentadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 1 | | M - 1 | CL | A - 6 IG = 5 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón claro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td style="text-align: right;">51.77 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td style="text-align: right;">14.30 %</td></tr> <tr><td>Plasticidad</td><td style="text-align: right;"></td></tr> <tr><td> L. Líquido</td><td style="text-align: right;">30.75 %</td></tr> <tr><td> L. Plástico</td><td style="text-align: right;">17.64 %</td></tr> <tr><td> I. de Plasticidad</td><td style="text-align: right;">13.11 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 51.77 % | Humedad | 14.30 % | Plasticidad | | L. Líquido | 30.75 % | L. Plástico | 17.64 % | I. de Plasticidad | 13.11 % |
| Pasa la malla # 200 | 51.77 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 14.30 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Líquido | 30.75 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 17.64 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 13.11 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | 2 | | M - 2 | CL | A - 4 IG = 3 | Material: Limo de baja plasticidad, de color marrón oscuro. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr><td>Pasa la malla # 200</td><td style="text-align: right;">47.64 %</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td style="text-align: right;">15.91 %</td></tr> <tr><td>Plasticidad</td><td style="text-align: right;"></td></tr> <tr><td> L. Líquido</td><td style="text-align: right;">31.46 %</td></tr> <tr><td> L. Plástico</td><td style="text-align: right;">22.23 %</td></tr> <tr><td> I. de Plasticidad</td><td style="text-align: right;">9.23 %</td></tr> </table> | Pasa la malla # 200 | 47.64 % | Humedad | 15.91 % | Plasticidad | | L. Líquido | 31.46 % | L. Plástico | 22.23 % | I. de Plasticidad | 9.23 % |
| Pasa la malla # 200 | 47.64 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad | 15.91 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Líquido | 31.46 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L. Plástico | 22.23 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I. de Plasticidad | 9.23 % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |






**MATERIAL
M - 1**



**MATERIAL
M - 2**


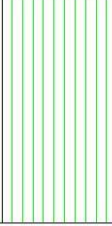
NOTA: - Se encontró en los primeros 0.15 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmonte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.50 m. de profundidad.


| POSTEO N° 03 | | | | | | | |
|--|------------------|--|----------|------|-----------------|---|---------|
| TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018 | | | | | | | |
| PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO | | | | | | | |
| RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz | | | | | | | |
| Información Técnica y Muestras Presentadas | | | | | | | |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | |
| PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | |
| 0.00 | 1 |  | M - 1 | CL | A - 6 IG = 9 | Material: Arcilla de bajo ductilidad, de color marrón oscuro a grisáceo, con arena. | |
| | | | | | | Pasa la malla # 200 | 60.54 % |
| | | | | | | Humedad | 14.52 % |
| | | | | | | Plasticidad | |
| | | | | | | L Líquido | 34.45 % |
| | L Plástico | 13.88 % | | | | | |
| | I de Plasticidad | 19.58 % | | | | | |
| 0.40 | 2 |  | M - 2 | CL | A - 6 IG = 8 | Material: Limo de baja plasticidad, de color marrón oscuro, un poco verdoso. | |
| | | | | | | Pasa la malla # 200 | 52.58 % |
| | | | | | | Humedad | 20.41 % |
| | | | | | | Plasticidad | |
| | | | | | | L Líquido | 34.91 % |
| | L Plástico | 13.31 % | | | | | |
| | I de Plasticidad | 21.60 % | | | | | |
| 1.20 | | | | | | | |




POSTEO 03

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.10 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmonte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.20 m. de profundidad.

| POSTEO N° 04 | | | | | | | |
|---|---------|--|----------|------|----------------------|--|---------|
| <p>TESIS: ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES DE ACCESO MEDIANTE ADICIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA EN EL SECTOR BARRAZA, LAREDO, 2018</p> | | | | | | | |
| <p>PROCEDENCIA: VÍAS DE ACCESO SECTOR BARRAZA - LAREDO</p> | | | | | | | |
| <p>RESPONSABLE: Bch. Andrea Thatiana Terrones Cruz</p> | | | | | | | |
| <p>Información Técnica y Muestras Presentadas</p> | | | | | | | |
| <p>PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL</p> | | | | | | | |
| <p>PERFIL ESTATIGRÁFICO DEL TERRENO NATURAL</p> | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD (m.) | ESTRATO | SIMBOLO | MUESTRAS | SUCS | AASHTO | DESCRIPCIÓN | |
| 0.00 | 1 |  | M - 1 | CL | A - 7 - 6 IG = 10 | Material: Arcilla de baja plasticidad, de color marrón oscuro, se encuentra en la superficie y en los primeros 0.10 m. de profundidad. | |
| 0.40 | | | | | | Para la malla # 200 | 54.12 % |
| | | | | | | Humedad | 14.22 % |
| | | | | | | Plasticidad | |
| | | | | | | L. Líquido | 47.81 % |
| 1.20 | 2 |  | M - 2 | ML | A - 4 IG = 3 | Material: Limo de baja plasticidad, de color marrón oscuro. | |
| | | | | | | Para la malla # 200 | 48.47 % |
| | | | | | | Humedad | 16.24 % |
| | | | | | | Plasticidad | |
| | | | | | | L. Líquido | 27.31 % |
| | | | | | | L. Plástico | 18.74 % |
| | | | | | | I. de Plasticidad | 8.57 % |



**MATERIAL
M - 1**



**MATERIAL
M - 2**

NOTA: - Se encontró en los primeros 0.10 m. de profundidad la presencia de relleno no controlado (desmorte).
- La presencia del Nivel Freático fue por debajo de 1.20 m. de profundidad.


ANEXO N° 8. Certificado de ensayos de laboratorio

CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que el Srta. Andrea Thatiana Terrones Cruz, identificada con D.N.I N° 70251014, ha realizado ensayos de granulometría, límites de consistencia, gravedad específica, contenido de humedad, próctor modificado, CBR y compresión inconfina, en las instalaciones del **Laboratorio de Suelos** de esta universidad, requeridos para la tesis ***“Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo 2018”***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 21 de noviembre del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

ANEXO N° 9. Certificado de calibración Prensa CBR



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 171 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

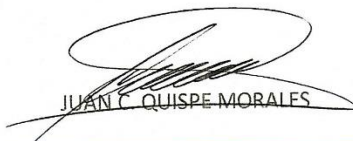
Página 1 de 3

| | | |
|---------------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 18375 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 3. Dirección | Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra. El Cortijo San Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD. | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| 4. Equipo | PRENSA CBR | |
| Capacidad | 10000 lbf | |
| Marca | FORNEY | |
| Modelo | LA-3629 | |
| Número de Serie | 2651 | |
| Clase | NO INDICA | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Identificación | 1-014926 (*) | |
| Indicador | DIGITAL | |
| Marca | FORNEY | |
| Modelo | LA-0498-27 | |
| Número de Serie | 1206 | |
| División de Escala / Resolución | 0,01 kgf | |
| 5. Fecha de Calibración | 2018-07-02 | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

2018-07-05

Jefe del Laboratorio de Metrología



JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 171 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS.
UPNCCASERI - Calle 31 s/n del Caserío Mansiche - Trujillo - LA LIBERTAD.

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 21,5 °C | 21,4 °C |
| Humedad Relativa | 68 % HR | 68 % HR |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Informe/Certificado de calibración |
|--|--|------------------------------------|
| Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA | Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 % | LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C |

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido en el equipo.
- Celda de Carga: Marca: Diamond, Modelo:DS-10K,0t-6B y Serie: 609735



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 171 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | | Indicación de Fuerza (Ascenso) | | | | F _{Promedio} (kgf) |
|-----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| % | F _i (kgf) | F ₁ (kgf) | F ₂ (kgf) | F ₃ (kgf) | Patrón de Referencia | |
| 10 | 500,0 | 500,0 | 500,0 | 500,0 | 500,0 | 500,0 |
| 20 | 1000,0 | 1000,5 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,2 |
| 30 | 1500,0 | 1501,0 | 1500,0 | 1500,0 | 1500,0 | 1500,3 |
| 40 | 2000,0 | 2001,5 | 2000,5 | 2000,5 | 2000,5 | 2000,8 |
| 50 | 2500,0 | 2501,5 | 2500,0 | 2500,0 | 2500,0 | 2500,5 |
| 60 | 3000,0 | 3002,0 | 3000,5 | 3000,5 | 3000,5 | 3001,0 |
| 70 | 3500,0 | 3502,0 | 3500,5 | 3501,0 | 3501,0 | 3501,2 |
| 80 | 4000,0 | 4002,0 | 4001,0 | 4001,5 | 4001,5 | 4001,5 |
| 90 | 4500,0 | 4503,0 | 4502,0 | 4502,0 | 4502,0 | 4502,3 |
| 100 | 5000,0 | 5003,5 | 5002,5 | 5002,5 | 5002,5 | 5002,8 |
| Retorno a Cero | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | |

| Indicación del Equipo F (kgf) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición | | | | Incertidumbre U (k=2) (%) |
|----------------------------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Exactitud q (%) | Repetibilidad b (%) | Reversibilidad v (%) | Resol. Relativa σ (%) | |
| 500 | 0,00 | 0,00 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 1000 | -0,02 | 0,05 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 1500 | -0,02 | 0,07 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 2000 | -0,04 | 0,05 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 2500 | -0,02 | 0,06 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 3000 | -0,03 | 0,05 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 3500 | -0,03 | 0,04 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 4000 | -0,04 | 0,02 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 4500 | -0,05 | 0,02 | --- | 0,00 | 0,15 |
| 5000 | -0,06 | 0,02 | --- | 0,00 | 0,15 |

| | |
|---|--------|
| MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f ₀) | 0,00 % |
|---|--------|

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282



email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

ANEXO N° 10. Certificado de calibración Prensa multiusos



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 166 - 2018**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

. Página 1 de 3

| | | |
|--|--|--|
| 1. Expediente | 18375 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. | |
| 3. Dirección | Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra. El Cortijo San Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD. | |
| 4. Equipo | PRENSA MULTIUSO | |
| Capacidad | 10000 lbf | |
| Marca | FORNEY | |
| Modelo | LA-3626-220 | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| Número de Serie | 2636 | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Ubicación | 1-013541 (*) | |
| 5. Indicador | ANALÓGICO | |
| Marca | SPI | |
| Número de Serie | P9102 | |
| División de Escala / Resolución | 0,0001 pulg. | |
| 6. Fecha de Calibración | 2018-06-27 | |

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-07-03



ALIÁN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 166 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS
UPNCCASERI - Calle 31 s/n del Caserio Mansiche - Trujillo - LA LIBERTAD.

9. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 21,3 °C | 21,2 °C |
| Humedad Relativa | 68 % HR | 68 % HR |

10. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Informe/Certificado de calibración |
|--|--|------------------------------------|
| Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA | Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 % | LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C |

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al equipo.



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 166 - 2018**

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

El equipo presenta ANILLO DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 10000 lbf

Marca : FORNEY

Modelo : LA-0498-019

Nº de Serie : 380

| % | Indicación del Equipo | | Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia | | | | Error de Exactitud q (%) | Incertidumbre U (k=2) (%) |
|-----|-----------------------|------------------------|--|------------------------|------------------------|------|-----------------------------|---------------------------------|
| | Divisiones | F _i (kgf) | F ₁ (kgf) | F ₂ (kgf) | F ₃ (kgf) | | | |
| 10 | 100 | 470,7 | 466,6 | 465,9 | 465,2 | 1,0 | 0,6 | |
| 20 | 200 | 935,7 | 938,2 | 937,4 | 937,7 | -0,2 | 0,6 | |
| 30 | 300 | 1398,5 | 1401,1 | 1400,8 | 1401,0 | -0,2 | 0,6 | |
| 40 | 400 | 1859,1 | 1861,7 | 1861,0 | 1861,2 | -0,1 | 0,6 | |
| 50 | 500 | 2317,7 | 2323,1 | 2322,8 | 2322,7 | -0,2 | 0,6 | |
| 60 | 600 | 2774,1 | 2776,2 | 2775,4 | 2775,3 | -0,1 | 0,6 | |
| 70 | 700 | 3228,5 | 3225,8 | 3224,9 | 3225,0 | 0,1 | 0,6 | |
| 80 | 800 | 3680,7 | 3676,4 | 3675,8 | 3675,7 | 0,1 | 0,6 | |
| 90 | 900 | 4130,7 | 4123,7 | 4122,9 | 4123,0 | 0,2 | 0,6 | |
| 100 | 1000 | 4578,7 | 4590,3 | 4588,8 | 4588,2 | -0,2 | 0,6 | |

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)
X = Valores del Dial

$$Y = -0,000106x^2 + 4,681x + 3,697$$

13. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

ANEXO N° 11. Certificado de análisis químico a ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

| | | |
|---------------------------------|---|----------------------|
| SOLICITANTE | : | ANDREA TERRONES CRUZ |
| MUESTRA | : | Cenizas de Bagazo |
| FECHA DE INGRESO | : | 03 DE JULIO DEL 2018 |
| MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO | | |

REPORTE DE RESULTADOS

| PARAMETROS | Unidades | MUESTRA |
|--------------------------------|----------|---------|
| SiO ₂ | % | 50.6 |
| Al ₂ O ₃ | % | 4.7 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 3.2 |

TRUJILLO 06 DE JULIO DEL 2018



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

ANEXO N° 12. Resultados de ensayo de hidrometría.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS

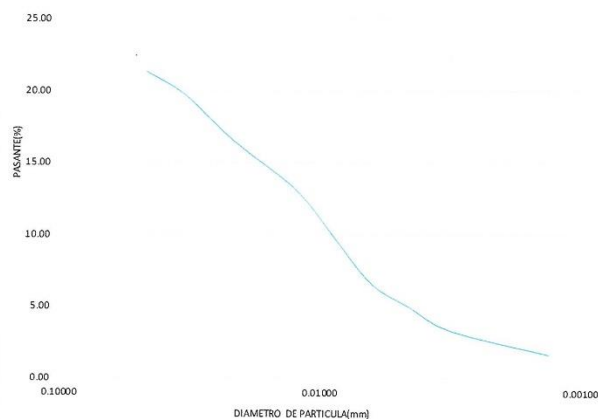


ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO
DE SUBRASANTE EN EL SECTOR BARRAZA, TRUJILLO 2018.
SOLICITANTE: ANDREA THATIANA TERRONES CRUZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD
MUESTRA: C-1
PROGRESIVA: 0-0113

Hora de inicio: 11:00 a.m. Masa del suelo: 60
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.73
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.983

| TIEMPO(min) | R' | R | T (°C) | Ct | Cd | % QUE PASA | Rcp | L | K | D(mm) |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1 | 18 | 19 | 23 | 0.9 | 6.9 | 21.29 | 13.0 | 13.2 | 0.01288 | 0.04680 |
| 2 | 17 | 18 | 23 | 0.9 | 6.9 | 19.65 | 12.0 | 13.3 | 0.01288 | 0.03321 |
| 5 | 15 | 16 | 23 | 0.9 | 6.9 | 16.38 | 10.0 | 13.7 | 0.01288 | 0.02132 |
| 15 | 13 | 14 | 23 | 0.9 | 6.9 | 13.10 | 8.0 | 14 | 0.01288 | 0.01244 |
| 30 | 11 | 12 | 23 | 0.9 | 6.9 | 9.83 | 6.0 | 14.3 | 0.01288 | 0.00889 |
| 60 | 9 | 10 | 23 | 0.9 | 6.9 | 6.55 | 4.0 | 14.7 | 0.01288 | 0.00638 |
| 120 | 8 | 9 | 23 | 0.9 | 6.9 | 4.91 | 3.0 | 14.8 | 0.01288 | 0.00452 |
| 250 | 7 | 8 | 23 | 0.9 | 6.9 | 3.28 | 2.0 | 15 | 0.01288 | 0.00315 |
| 1440 | 6 | 7 | 23 | 0.9 | 6.9 | 1.64 | 1.0 | 15.2 | 0.01288 | 0.00132 |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com



ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO
DE SUBRASANTE EN EL SECTOR BARRAZA, TRUJILLO 2018.

SOLICITANTE: ANDREA THATIANA TERRONES CRUZ

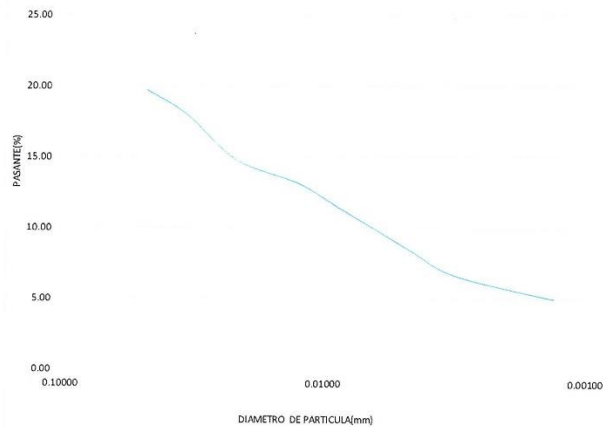
UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

MUESTRA: C-2

PROGRESIVA: 0-7776

Hora de inicio: 11:00 a.m. Masa del suelo: 60
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.72
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.985

| TIEMPO(min) | R' | R | T(°C) | Ct | Cd | % QUE PASA | Rcp | L | K | D(mm) |
|-------------|----|----|-------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1 | 17 | 18 | 22 | 0.6 | 6.6 | 19.69 | 12.0 | 13.3 | 0.01292 | 0.04712 |
| 2 | 16 | 17 | 22 | 0.6 | 6.6 | 18.05 | 11.0 | 13.5 | 0.01292 | 0.03357 |
| 5 | 14 | 15 | 22 | 0.6 | 6.6 | 14.77 | 9.0 | 13.8 | 0.01292 | 0.02146 |
| 15 | 13 | 14 | 22 | 0.6 | 6.6 | 13.13 | 8.0 | 14 | 0.01292 | 0.01248 |
| 30 | 12 | 13 | 22 | 0.6 | 6.6 | 11.49 | 7.0 | 14.2 | 0.01292 | 0.00889 |
| 60 | 11 | 12 | 22 | 0.6 | 6.6 | 9.85 | 6.0 | 14.3 | 0.01292 | 0.00631 |
| 120 | 10 | 11 | 22 | 0.6 | 6.6 | 8.21 | 5.0 | 14.5 | 0.01292 | 0.00449 |
| 250 | 9 | 10 | 22 | 0.6 | 6.6 | 6.56 | 4.0 | 14.7 | 0.01292 | 0.00313 |
| 1440 | 8 | 9 | 22 | 0.6 | 6.6 | 4.92 | 3.0 | 14.8 | 0.01292 | 0.00131 |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

[Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com](mailto:UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS

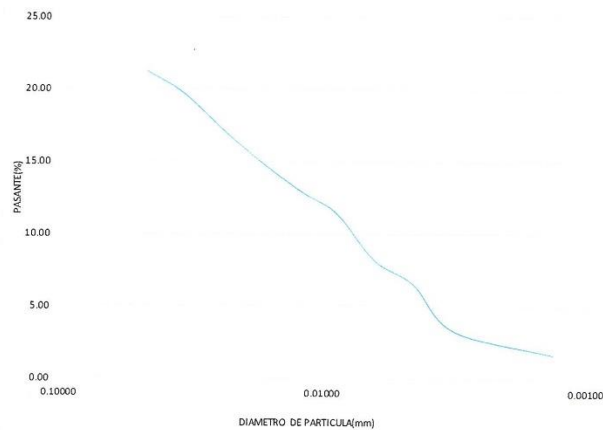


ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL SECTOR BARRAZA, TRUJILLO 2018.
SOLICITANTE: ANDREA THATIANA TERRONES CRUZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD
MUESTRA: C-3
PROGRESIVA: 1-5249

Hora de inicio: 10:40 a.m. Masa del suelo: 60
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.74
Lectura en defloculante: 3 Coeficiente "a": 0.980

| TIEMPO(min) | R' | R | T (°C) | Ct | Cd | % QUE PASA | Rcp | L | K | D(mm) |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1 | 16 | 17 | 21 | 0.3 | 4.3 | 21.24 | 13.0 | 13.5 | 0.01284 | 0.04718 |
| 2 | 15 | 16 | 21 | 0.3 | 4.3 | 19.61 | 12.0 | 13.7 | 0.01284 | 0.03361 |
| 5 | 13 | 14 | 21 | 0.3 | 4.3 | 16.34 | 10.0 | 14 | 0.01284 | 0.02149 |
| 15 | 11 | 12 | 21 | 0.3 | 4.3 | 13.07 | 8.0 | 14.3 | 0.01284 | 0.01254 |
| 30 | 10 | 11 | 21 | 0.3 | 4.3 | 11.44 | 7.0 | 14.5 | 0.01284 | 0.00893 |
| 60 | 8 | 9 | 21 | 0.3 | 4.3 | 8.17 | 5.0 | 14.8 | 0.01284 | 0.00638 |
| 120 | 7 | 8 | 21 | 0.3 | 4.3 | 6.54 | 4.0 | 15 | 0.01284 | 0.00454 |
| 250 | 5 | 6 | 21 | 0.3 | 4.3 | 3.27 | 2.0 | 15.3 | 0.01284 | 0.00318 |
| 1440 | 4 | 5 | 21 | 0.3 | 4.3 | 1.63 | 1.0 | 15.5 | 0.01284 | 0.00133 |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL SECTOR BARRAZA, TRUJILLO 2018.

SOLICITANTE: ANDREA THATIANA TERRONES CRUZ

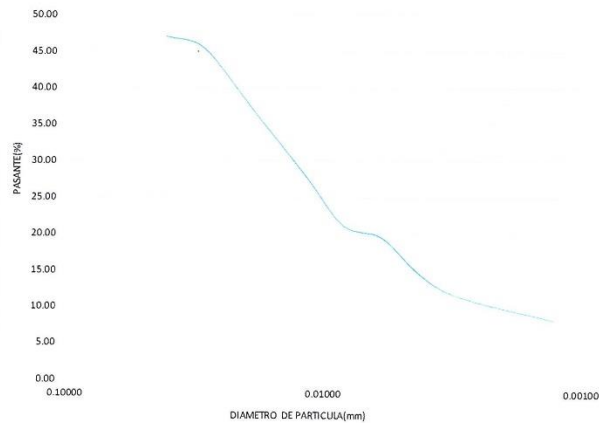
UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

MUESTRA: C-4

PROGRESIVA: 2-6262

Hora de inicio: 12:07 p.m. Masa del suelo: 60
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.78
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.972

| TIEMPO(min) | R' | R | T (°C) | Ct | Cd | % QUE PASA | Rcp | L | K | D(mm) |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1 | 34 | 35 | 23 | 0.9 | 6.9 | 47.00 | 29.0 | 10.5 | 0.01268 | 0.04109 |
| 2 | 33 | 34 | 23 | 0.9 | 6.9 | 45.38 | 28.0 | 10.7 | 0.01268 | 0.02933 |
| 5 | 28 | 29 | 23 | 0.9 | 6.9 | 37.28 | 23.0 | 11.5 | 0.01268 | 0.01923 |
| 15 | 22 | 23 | 23 | 0.9 | 6.9 | 27.55 | 17.0 | 12.5 | 0.01268 | 0.01158 |
| 30 | 18 | 19 | 23 | 0.9 | 6.9 | 21.07 | 13.0 | 13.2 | 0.01268 | 0.00841 |
| 60 | 17 | 18 | 23 | 0.9 | 6.9 | 19.45 | 12.0 | 13.3 | 0.01268 | 0.00597 |
| 120 | 14 | 15 | 23 | 0.9 | 6.9 | 14.59 | 9.0 | 13.8 | 0.01268 | 0.00430 |
| 250 | 12 | 13 | 23 | 0.9 | 6.9 | 11.35 | 7.0 | 14.2 | 0.01268 | 0.00302 |
| 1440 | 10 | 11 | 23 | 0.9 | 6.9 | 8.10 | 5.0 | 14.5 | 0.01268 | 0.00127 |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS

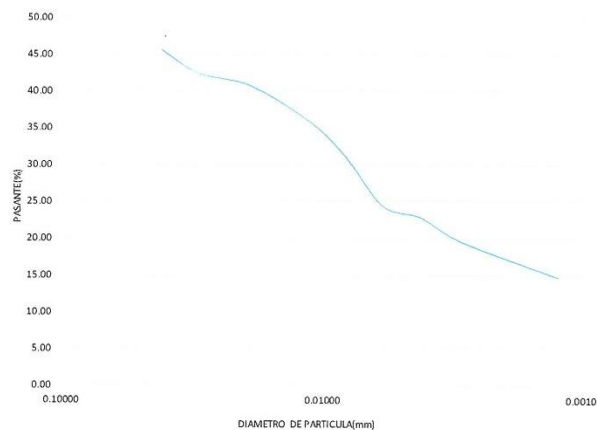


ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL SECTOR BARRAZA, TRUJILLO 2018.
SOLICITANTE: ANDREA THATIANA TERRONES CRUZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD
MUESTRA: C-5
PROGRESIVA: 3+5299

Hora de inicio: 12:15 p.m. Masa del suelo: 60
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.76
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.976

| TIEMPO(min) | R' | R | T (°C) | Ct | Cd | % QUE PASA | Rcp | L | K | D(mm) |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1 | 33 | 34 | 22 | 0.6 | 6.6 | 45.57 | 28.0 | 10.7 | 0.01276 | 0.04174 |
| 2 | 31 | 32 | 22 | 0.6 | 6.6 | 42.31 | 26.0 | 11.1 | 0.01276 | 0.03006 |
| 5 | 30 | 31 | 22 | 0.6 | 6.6 | 40.68 | 25.0 | 11.2 | 0.01276 | 0.01910 |
| 15 | 27 | 28 | 22 | 0.6 | 6.6 | 35.80 | 22.0 | 11.7 | 0.01276 | 0.01127 |
| 30 | 24 | 25 | 22 | 0.6 | 6.6 | 30.92 | 19.0 | 12.2 | 0.01276 | 0.00814 |
| 60 | 20 | 21 | 22 | 0.6 | 6.6 | 24.41 | 15.0 | 12.9 | 0.01276 | 0.00592 |
| 120 | 19 | 20 | 22 | 0.6 | 6.6 | 22.78 | 14.0 | 13 | 0.01276 | 0.00420 |
| 250 | 17 | 18 | 22 | 0.6 | 6.6 | 19.53 | 12.0 | 13.3 | 0.01276 | 0.00294 |
| 1440 | 14 | 15 | 22 | 0.6 | 6.6 | 14.65 | 9.0 | 13.8 | 0.01276 | 0.00125 |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com

ANEXO N° 13. Resultados de Análisis de EDS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS

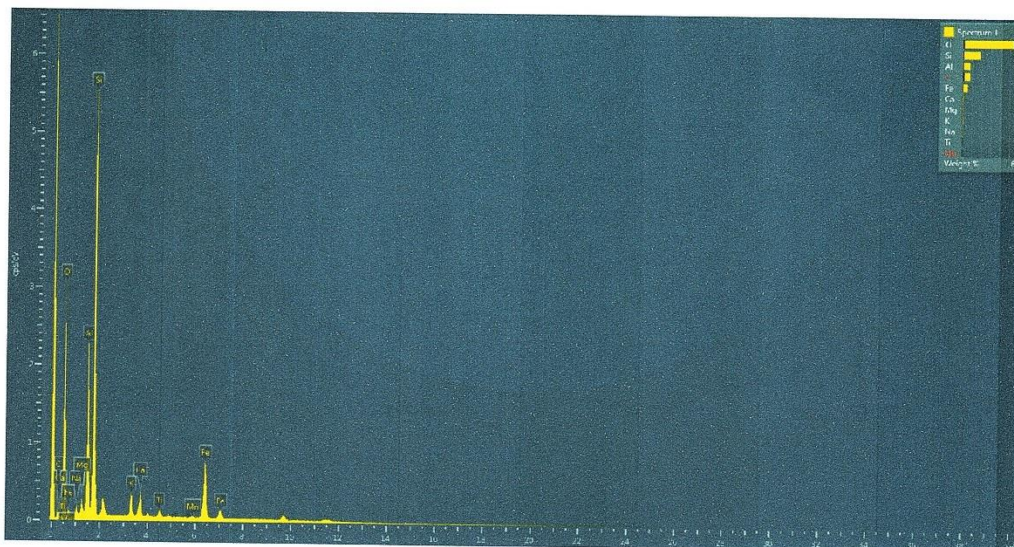


ANALISIS DE EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSION DE ENERGIA DE RAYOS X)

SOLICITANTE: ANDREA TERRONES CRUZ

MUESTRA: SUELO ARCILLOSO

| Element | Oxide | Oxide % | Oxide % Sigma | Number of Ions |
|---------|-------|---------|---------------|-------------------|
| C | CO2 | 29.79 | 3.34 | 0.60 |
| O | | | | 3.00 |
| Na | Na2O | 1.33 | 0.11 | 0.04 |
| Mg | MgO | 1.75 | 0.10 | 0.04 |
| Al | Al2O3 | 15.70 | 0.34 | 0.27 |
| Si | SiO2 | 40.54 | 0.80 | 0.60 |
| K | K2O | 1.25 | 0.04 | 0.02 |
| Ca | CaO | 1.60 | 0.06 | 0.03 |
| Ti | TiO2 | 0.72 | 0.05 | 0.01 |
| Mn | MnO | 0.19 | 0.04 | 0.00 |
| Fe | FeO | 7.13 | 0.16 | 0.09 |
| Total | | 100.00 | | 1.69 (Cation sum) |



Jorge Barrantes
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com



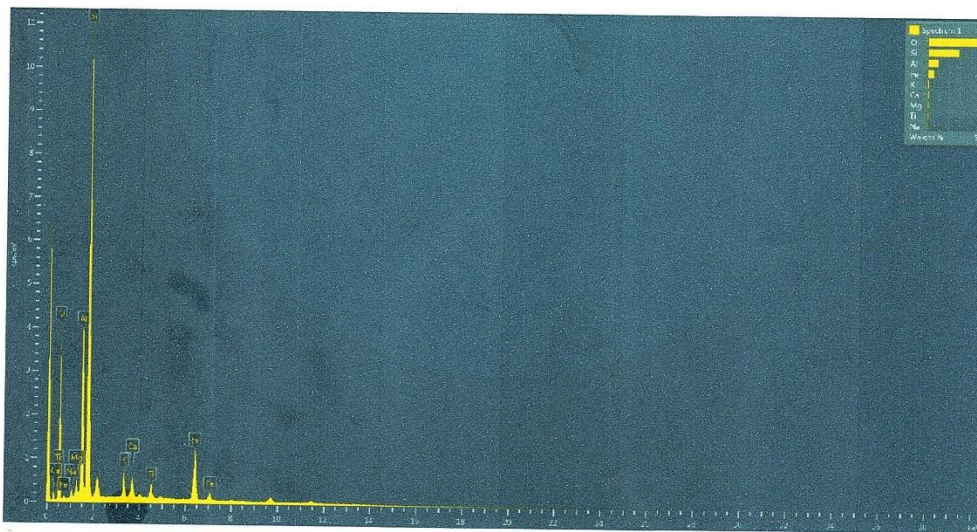
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS



ANALISIS DE EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSION DE ENERGIA DE RAYOS X)

SOLICITANTE: ANDREA TERRONES CRUZ
MUESTRA: SUELO ARCILLOSO + 15% CENIZA

| Element | Oxide | Oxide % | Oxide % Sigma | Number of Ions |
|---------|-------|---------|---------------|-------------------|
| O | | | | 3.00 |
| Na | Na2O | 1.29 | 0.12 | 0.04 |
| Mg | MgO | 2.11 | 0.12 | 0.05 |
| Al | Al2O3 | 19.61 | 0.21 | 0.39 |
| Si | SiO2 | 62.45 | 0.32 | 1.06 |
| K | K2O | 2.10 | 0.06 | 0.05 |
| Ca | CaO | 1.95 | 0.06 | 0.04 |
| Ti | TiO2 | 1.97 | 0.08 | 0.03 |
| Fe | FeO | 8.52 | 0.12 | 0.12 |
| Total | | 100.00 | | 1.77 (Cation sum) |



Jorge Barrantes Villanueva
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com

ANEXO N° 14. Panel fotográfico



**Fotografía N° 01: RECONOCIMIENTO
DE INICIO DE VÍA A TRABAJAR**



**Fotografía N° 02: RECONOCIMIENTO
DE FIN DE VÍA A TRABAJAR**



**Fotografía N° 03: OBTENCIÓN DE
MUESTRA DE SUELO A TRAVÉS DE
LA ELABORACIÓN DE CALICATA.**



**Fotografía N° 04: OBTENCIÓN DE
MUESTRA DE SUELO A TRAVÉS DE
LA ELABORACIÓN DE CALICATA.**



**Fotografía N° 05: RELIZACIÓN DE
POSTEOS Y OBTENCIÓN DE
MUESTRA.**



**Fotografía N° 06: MUESTRA
OBTENIDA EN POSTEO.**



Fotografía N° 07: MUESTRA DE SUELO
PARA DETERMINAR CONTENIDO DE
HUMEDAD.



Fotografía N° 08: CUARTEO DE
MUESTRA PARA ENSAYO DE
GRANULOMETRÍA.



Fotografía N° 09: LAVADO DE
MUESTRA PARA ENSAYO DE
GRANULOMETRÍA.



Fotografía N° 10: TAMIZADO DE
MUESTRA – ENSAYO DE
GRANULOMETRÍA.



Fotografía N° 11: ELABORACIÓN DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO.



Fotografía N° 12: MUESTRAS DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO.



Fotografía N° 13: MUESTRAS DE ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO.



Fotografía N° 14: PREPARACIÓN DE MUESTRA PATRÓN.



**Fotografía N° 15: PREPARACIÓN DE
MEZCLA SUELO MÁS CBCA.**



**Fotografía N° 16: ELABORACIÓN DE
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO.**



**Fotografía N° 17: ELABORACIÓN
DE PROBETAS PARA ENSAYO
CBR.**



Fotografía N° 18: PROBETAS DE ENSAYO CBR.



**Fotografía N° 19: PROEBTAS DE CBR
SUPERGIDAS EN POZA.**



**Fotografía N° 20: PROEBTAS DE ENSAYO CON
CBCA EN DÍAS DE CURADO.**



Fotografía N° 21: ENSAYO CBR.



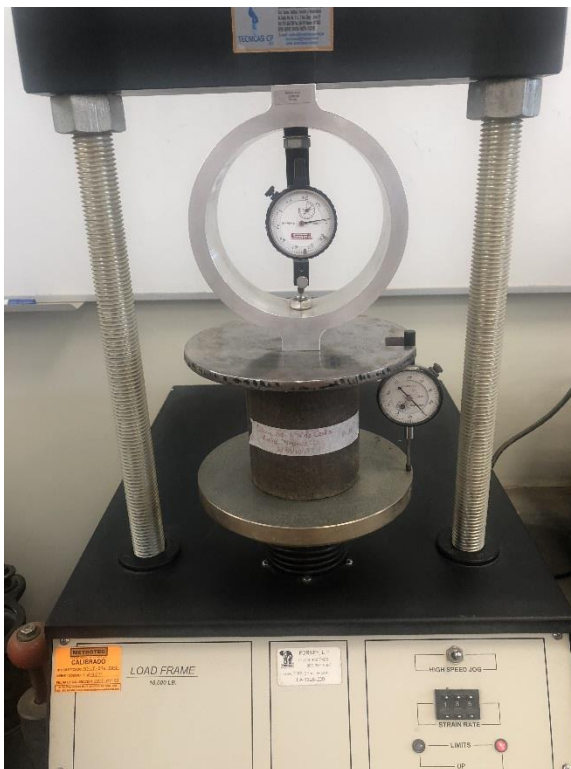
**Fotografía N° 22: OBTENCIÓN
DE PROBETA PARA ENSAYO DE
COMPRESIÓN SIMPLE NO
CONFINADA.**



Fotografía N° 23: PROBETAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA.



Fotografía N° 24: TOMA DE MEDIDAS A PROBETAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA.



Fotografía N° 25: ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA.



Fotografía N° 23: TOMA DE MUESTRA PARA OBTENCIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD – COMPRESIÓN SIMPLE NO CONFINADA.

ANEXO N° 15. Normas utilizadas en el procedimiento experimental

| | |
|----------------------|--------------------|
| NORMA TÉCNICA | NTP 339.128 |
| PERUANA | 1999 |

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico

SOILS. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

1999-12-15
1ª Edición

R.0077-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 23 páginas

I.C.S: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: análisis granulométrico, granulometría



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.129
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

indecopi

Norma Técnica Peruana

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido,
límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.134
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**SUELOS. Método para la clasificación de suelos con
propósitos de ingeniería (sistema unificado de
clasificación de suelos, SUCS)**

Soils. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System, SUCS)

1999-04-29

1ª Edición

R.0024-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-05-14

Precio basado en 28 páginas

I.C.S.: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: clasificación SUCS

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.141
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del
suelo en laboratorio utilizando una energía modificada
(2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))**

SOILS. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lb/ft³ (2,700 kN-m/m³))

**1999-12-29
1ª Edición**

R.0086-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 30 páginas

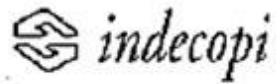
I.C.S: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Suelos, métodos de ensayo, compactación del suelo, energía modificada

NORMA TÉCNICA

NTD 339 141



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.145
1999

Comisión de Reglamento Técnico y Contratales-INDECOP
Calle De La Pasa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

indecopi

Norma Técnica Peruana

SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte
de California) de suelos compactados en el laboratorio

ANEXO N° 11. Planos