



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL**

“Mejoramiento con granalla mineral en subrasante de suelos arcillosos en
la carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Mantilla Rodríguez José Antonio (ORCID: 0000-0001-9937-769X)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Esta tesis la dedico a mis dos preciosas hijas Briza y Sofía, a mi amada Noelia, a mi señor padre Segundo Mantilla, a mi hermano Enrique Mantilla y a mi madre que desde el cielo me impulso a seguir adelante. ¡Gracias por toda la paciencia y apoyo para cumplir mis metas!

Agradecimientos

Agradezco al Ing. Edgar Luces y al Ing. Pio Cebrecos quienes me han apoyado desinteresadamente en la formulación de este Trabajo de Investigación

PÁGINA DEL JURADO

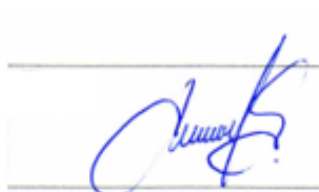
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Mantilla Rodríguez José Antonio, con la finalidad de cumplir con lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil, bajo juramento yo declaro que toda la documentación presentada en este Desarrollo de Proyecto de Investigación es verdadera y de mi autoría.

De la misma manera, bajo juramento, también declaro, que los datos en que presento en este proyecto son verdaderos.

Por lo antes expuesto asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier omisión, falsedad y ocultamiento tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 9 de Julio del 2019



José Antonio Mantilla Rodríguez

DNI: 40453582

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Mejoramiento con Granalla Mineral en Sub Rasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Civil.

Mantilla Rodríguez José Antonio

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimientos | iii |
| Página del Jurado | iv |
| Declaratoria de autenticidad..... | v |
| Presentación..... | vi |
| Índice..... | vii |
| Índice de tablas.... | ix |
| Índice de ilustraciones..... | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| <i>1.1. Trabajos previos.....</i> | <i>1</i> |
| <i>1.1.1. Antecedentes nacionales.</i> | <i>1</i> |
| <i>1.1.2. Antecedentes internacionales.....</i> | <i>3</i> |
| <i>1.2. Teorías relacionadas con el tema.....</i> | <i>5</i> |
| <i>1.2.1. Suelos</i> | <i>5</i> |
| <i>1.2.1.1. Suelos con alto contenido de arcilla</i> | <i>5</i> |
| <i>1.2.1.2. Sistemas de clasificación de suelos</i> | <i>7</i> |
| <i>1.2.1.2.2. Clasificación para el uso en vías de transporte (AASHTO):.....</i> | <i>9</i> |
| <i>1.2.1.3. Textura de los suelos</i> | <i>10</i> |
| <i>1.2.1.4. Análisis Granulométrico de suelos:</i> | <i>10</i> |
| <i>1.2.1.4.1. Coeficiente de curvatura y uniformidad:</i> | <i>11</i> |
| <i>1.2.1.5. Índice de Plasticidad.</i> | <i>12</i> |
| <i>1.2.1.5.1. Límite líquido:</i> | <i>12</i> |
| <i>1.2.1.5.2. Límite plástico:</i> | <i>13</i> |
| <i>1.2.1.6. Máxima densidad seca y Óptimo contenido de humedad.....</i> | <i>14</i> |
| <i>1.2.1.7. Capacidad de soporte relativo CBR.</i> | <i>16</i> |
| <i>1.2.2. Estabilización de suelos.</i> | <i>18</i> |
| <i>1.2.2.1. Tipos de estabilización.....</i> | <i>18</i> |
| <i>1.2.2.1.1. Estabilización Química.....</i> | <i>18</i> |
| <i>1.2.2.1.2. Estabilización Mecánica.....</i> | <i>18</i> |
| <i>1.2.2.1.3. Estabilización Física.....</i> | <i>19</i> |
| <i>1.2.3. Granalla de cobre</i> | <i>19</i> |
| <i>1.2.3.1. Generalidades.....</i> | <i>19</i> |
| <i>1.2.3.2. Proceso de fabricación de la granalla</i> | <i>20</i> |
| <i>1.2.3.3. Aplicación</i> | <i>20</i> |
| <i>1.2.3.4. Propiedades</i> | <i>21</i> |
| <i>1.2.3.4.1. Granulación:</i> | <i>21</i> |
| <i>1.2.3.4.2. Color:</i> | <i>21</i> |
| <i>1.2.3.4.3. Dureza:.....</i> | <i>22</i> |
| <i>1.2.3.4.4. Conductividad:</i> | <i>22</i> |
| <i>1.2.3.4.5. Índice de reuso:</i> | <i>22</i> |
| <i>1.2.3.4.6. Rendimiento:</i> | <i>22</i> |
| <i>1.2.3.4.7. Análisis químico</i> | <i>22</i> |
| <i>1.2.3.4.8. Identificación de los peligros</i> | <i>23</i> |
| <i>1.2.3.4.8.2. Identificación de riesgos:.....</i> | <i>23</i> |
| <i>1.2.3.4.8.3. Precaución:</i> | <i>23</i> |
| <i>1.2.3.4.9. Ventajas y Desventajas</i> | <i>23</i> |

| | |
|---|-----------|
| 1.3. <i>Formulación del problema</i> | 24 |
| 1.3.1. <i>Problema general</i> | 24 |
| 1.3.1.1. <i>Problemas específicos</i> | 24 |
| 1.4. <i>Justificación del estudio</i> | 25 |
| 1.5. <i>Hipótesis</i> | 26 |
| 1.5.1. <i>Hipótesis general</i> | 26 |
| 1.5.1.1. <i>Hipótesis específicas</i> | 26 |
| 1.6. <i>Objetivos</i> | 26 |
| 1.6.1. <i>Objetivo general</i> | 27 |
| 1.6.1.1. <i>Objetivo específico</i> | 27 |
| II. MÉTODO | 28 |
| 2.1 <i>Método</i> | 28 |
| 2.2 <i>Fases del proceso de investigación</i> | 28 |
| 2.2.1 <i>Enfoque</i> | 28 |
| 2.2.2 <i>Tipo de Investigación</i> | 28 |
| 2.2.3 <i>Nivel de investigación</i> | 28 |
| 2.3 <i>Variables, Operacionalización</i> | 29 |
| 2.3.1 <i>Variables</i> | 29 |
| 2.3.1.1 <i>Variable independiente</i> | 29 |
| 2.3.1.2 <i>Variable dependiente</i> | 29 |
| 2.3.2 <i>Operacionalización de variables</i> | 29 |
| 2.4 <i>Población, muestra y muestreo</i> | 31 |
| 2.4.1 <i>Población</i> | 31 |
| 2.4.2 <i>Muestra</i> | 31 |
| 2.4.3 <i>Muestreo</i> | 31 |
| 2.5 <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</i> | 31 |
| 2.5.1 <i>Técnicas de recolección de datos</i> | 32 |
| 2.5.2 <i>Instrumentos de recolección de datos</i> | 32 |
| 2.6 <i>Validez</i> | 32 |
| 2.7 <i>Confiabilidad</i> | 32 |
| 2.8 <i>Métodos de análisis de datos</i> | 33 |
| III. RESULTADOS | 33 |
| 3.1 <i>Ensayo para determinar la granulometría del agregado</i> | 33 |
| 3.1.1 <i>Ubicación de la calicata para la muestra de suelo arcilloso</i> | 33 |
| 3.1.2 <i>Granulometría</i> | 34 |
| 3.1.3 <i>Contenido de Humedad</i> | 42 |
| 3.1.4 <i>Índice de Plasticidad</i> | 43 |
| 3.1.5 <i>Máxima densidad seca y Optimo Contenido de Humedad</i> | 45 |
| 3.1.6 <i>Capacidad de soporte relativo CBR</i> | 50 |
| IV. DISCUSIÓN | 56 |
| V. CONCLUSIONES | 60 |
| VI. RECOMENDACIONES | 62 |
| REFERENCIAS | 63 |
| ANEXOS | 66 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad | 5 |
| Tabla 2 Guía de clasificación SUCS | 9 |
| Tabla 3 Guía de clasificación AASHTO | 10 |
| Tabla 4 Matriz de Operacionalización de variables independientes | 30 |
| Tabla 5 Matriz de Operacionalización de variables (dependiente) | 30 |
| Tabla 6 Granulometría de Granalla Mineral..... | 36 |
| Tabla 7 Curva Granulometría de la Granalla Mineral..... | 37 |
| Tabla 8 Granulometría del suelo arcilloso de la sub rasante | 37 |
| Tabla 9 Curva Granulometría del suelo arcilloso de la sub rasante | 38 |
| Tabla 10 Granulometría de la mezcla 1 (94% de suelo – 6% de Granalla)..... | 38 |
| Tabla 11 Curva granulometría de la mezcla 1 (94% de suelo – 6% de Granalla) | 39 |
| Tabla 12 Granulometría de la mezcla 2 (92% de suelo – 8% de Granalla)..... | 39 |
| Tabla 13 Curva granulometría de la mezcla 2 (92% de suelo – 8% de Granalla) | 40 |
| Tabla 14 Granulometría de la mezcla 3 (90% de suelo – 10% de Granalla)..... | 40 |
| Tabla 15 Curva granulometría de la mezcla 2 (90% de suelo – 10% de Granalla) | 41 |
| Tabla 16 Curva granulometría del suelo de la sub rasante y las mezclas 1, 2 y 3 | 41 |
| Tabla 17 contenido de humedad natural de la muestra de la sub rasante | 42 |
| Tabla 18 Índice de Plasticidad..... | 43 |
| Tabla 19 Proctor del suelo arcilloso del terreno natural de la sub rasante | 45 |
| Tabla 20 Proctor modificado de la Mezcla 1 (94% de suelo – 6% de Granalla)..... | 45 |
| Tabla 21 Proctor modificado de la Mezcla 2 (92% de suelo – 8% de Granalla)..... | 46 |
| Tabla 22 Proctor modificado de la Mezcla 3 (90% de suelo – 10% de Granalla) | 46 |
| Tabla 23 Cuadro de barras comparativo de las Máximas densidades | 49 |
| Tabla 24 Cuadro de Barras comparativo de Optimo contenido de humedad | 49 |
| Tabla 25 CBR muestra obtenida de la sub rasante Km 39+010 | 50 |
| Tabla 26 CBR DE LA MEZCLA 1(94% de suelo – 6% de Granalla)..... | 51 |
| Tabla 27 CBR DE LA MEZCLA 2 (92% de suelo – 8% de Granalla)..... | 51 |
| Tabla 28 CBR DE LA MEZCLA 3 (90% de suelo – 10% de Granalla)..... | 52 |
| Tabla 29 Cuadro de barras comparativo de CBR | 55 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Grupo de caolinita..... | 6 |
| Ilustración 2 Grupo de Illita | 6 |
| Ilustración 3 Grupo de montmorillonita..... | 7 |
| Ilustración 4 Grupo de vermiculita | 7 |
| Ilustración 5 Clasificación Unificada..... | 11 |
| Ilustración 6 Copa Casagrande | 13 |
| Ilustración 7 Copa Casa Grande | 13 |
| Ilustración 8 Ensayo de Limite Plástico | 14 |
| Ilustración 9 Molde de 4 pulg..... | 15 |
| Ilustración 10 Molde de 6 pulg..... | 15 |
| Ilustración 11 Ejemplo de Curva de Compactación en suelos arcillosos | 16 |
| Ilustración 12 Molde de CBR | 17 |
| Ilustración 13 Determinación del valor de la relación de soporte..... | 17 |
| Ilustración 14 Granalla Mineral..... | 19 |
| Ilustración 15 Proceso de fundición del metal..... | 20 |
| Ilustración 16 Utilización de la Granalla Mineral..... | 21 |
| Ilustración 17 Granalla mineral | 22 |
| Ilustración 18 Fundición de la Oroya..... | 23 |
| Ilustración 19 Material escavado de la sub rasante en el km 39+010 de la carretera Tocache – Juanjui..... | 34 |
| Ilustración 20 Material de sub rasante traída de campo | 35 |
| Ilustración 21 Muestra de Granalla Mineral..... | 35 |
| Ilustración 22 Tamizado del Suelo Natural y la Granalla | 36 |
| Ilustración 23 Peso de la muestra con humedad natural | 42 |
| Ilustración 24 Secado en el Horno para luego ser pesado seco | 42 |
| Ilustración 25 Instrumentos utilizados para Límites de Atterberg | 44 |
| Ilustración 26 Copa Casa Grande | 44 |
| Ilustración 27 Ensayo de Proctor | 47 |
| Ilustración 28 Retirando el Molde del Proctor | 47 |
| Ilustración 29 Mezcla para Proctor | 48 |
| Ilustración 30 Molde de Proctor con la Mezcla..... | 48 |
| Ilustración 31 Moldes para ensayo CBR..... | 52 |
| Ilustración 32 Mesclas de suelo arcilloso – granalla mineral..... | 53 |
| Ilustración 33 Moldes CBR sumergidos por 96 horas y medición de la expansión..... | 53 |
| Ilustración 34 Penetrando el molde en la prensa CBR..... | 54 |
| Ilustración 35 Huella de la penetración del Molde CBR..... | 54 |

Índice de Ecuaciones

| | |
|--|-----------|
| <i>Ecuación 1 Coeficiente de Uniformidad</i> | <i>12</i> |
| <i>Ecuación 2 Coeficiente de curvatura</i> | <i>12</i> |

RESUMEN

Los minerales pulverizados que están dentro de la denominación arcilla, mantienen como características una muy baja capacidad de soporte y con una calidad por debajo de lo requerido, es por lo antes expuestos que este tipo de material no se puede utilizar tal cual las características que tiene, como un suelo de sostenimiento para estructuras que se coloquen sobre ellas como pueden ser paquetes de pavimentos. Una opción para poder hacer estos suelos favorables es trabajarlos de distintas formas con la finalidad de modificar sus características físico mecánicas estabilizando dicho suelo, una de ellas es agregando mecánicamente materiales que mejoren su capacidad de soporte. Los pavimentos que se colocan sobre suelos que están por debajo de 6% de CBR, traen complicaciones y fallas en el pavimento por lo que ese tipo de CBR no son aceptados según norma y exigen mejorarlos. A lo antes mencionado se suma que en el territorio de selva donde se desarrolla este proyecto de investigación, no se cuenta con canteras que puedan garantizar la demanda de material que requiere una carretera por lo que nos vemos en la necesidad de buscar otras alternativas. Las plantas de fundición, como la ubicada en la Oroya, tienen como sub productos de fundición las escorias o granallas metálicas, mismos que tienen almacenados como desechos. Dicha granalla tiene muchos usos comerciales.

Este Trabajo de Investigación evalúa el comportamiento de un suelo arcilloso con la añadidura de granalla metálica en diferentes concentraciones.

La Granalla metálica son pequeñas partículas de acero fundido de alta calidad utilizada en una amplia gama de aplicaciones.

El actual trabajo de investigación contribuye con el razonamiento del comportamiento de los suelos mejorados con Granalla mineral, potenciando el entendimiento y su utilización en obras de pavimentación de carreteras.

Palabras clave: Minerales, suelos, carretera

ABSTRACT

The pulverized minerals that are within the denomination clay, maintain as characteristics a very low support capacity and with a quality below the required, it is for the above exposed that this type of material can not be used as such the characteristics that it has , as a support floor for structures that are placed on them, such as pavement packs. One option to be able to make these favorable soils is to work them in different ways in order to modify their physical and mechanical characteristics stabilizing said soil, one of them is adding mechanically materials that improve their support capacity. The pavements that are placed on floors that are below 6% of CBR, bring complications and failures in the pavement so that this type of CBR are not accepted according to the norm and demand to improve them. To the aforementioned it is added that in the jungle territory where this research project is developed, there are no quarries that can guarantee the demand for material that requires a road, so we are in need of finding other alternatives.

The smelting plants, such as the one located in La Oroya, have as slag sub-products the slag or metallic shots, which are stored as waste. This shot has many commercial uses.

This research work evaluates the behavior of a clayey soil with the addition of metal shot in different concentrations.

The Metallic Shot is small particles of high quality cast steel used in a wide range of applications.

The current work of investigation contributes with the reasoning of the behavior of the improved soils with mineral Granalla, enhancing the understanding and its use in road paving works.

Keywords: minerals, soils, road.

I. INTRODUCCIÓN

Los minerales pulverizados que están dentro de la denominación arcilla, mantienen como características una muy baja capacidad de soporte y con una calidad por debajo de lo requerido, es por lo antes expuestos que este tipo de material no se puede utilizar tal cual las características que tiene, como un suelo de sostenimiento para estructuras que se coloquen sobre ellas como pueden ser paquetes de pavimentos. Una opción para poder hacer estos suelos favorables es trabajarlos de distintas formas con la finalidad de modificar sus características físico mecánicas estabilizando dicho suelo, una de ellas es agregando mecánicamente materiales que mejoren su capacidad de soporte. Los pavimentos que se colocan sobre suelos que están por debajo de 6% de CBR, traen complicaciones y fallas en el pavimento por lo que ese tipo de CBR no son aceptados según norma y exigen mejorarlos. A lo antes mencionado se suma que en el territorio de selva donde se desarrolla este proyecto de investigación, no se cuenta con canteras que puedan garantizar la demanda de material que requiere una carretera por lo que nos vemos en la necesidad de buscar otras alternativas.

Este desarrollo de proyecto de investigación, formula la utilización de granalla mineral como material que se agregue en una determinada dosificación al suelo arcilloso de la subrasante en la carretera Tocache – Juanjui Km 39+010, con la finalidad de mejorar su capacidad portante mediante una estabilización de tipo mecánica.

1.1. Trabajos previos.

1.1.1. Antecedentes nacionales.

Leiva (2016) “en la publicación realizada en tesis con la finalidad de obtener el grado de ingeniero civil “Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna, concepción”, **sustentada** en la universidad Nacional del centro del Perú cuyo **objetivo** general fue: Determinar la magnitud de influencia de las bolsas de polietileno en suelos a nivel de subrasante del Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 del distrito de Orcotuna – Concepción, el **tipo de investigación** fue experimental, cuya **muestra** se obtuvo a través de la realización de calicatas de 1.5 metros de profundidad y también de bancos de suelos arcillosos. Y **concluyó** los siguientes puntos como objetivos logrados: a) Las bolsas de polietileno poseen una gran influencia en la mejora de la subrasante, a través de la utilización de las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos, se utilizó diferentes

proporciones que son: del 2%, 4%, 6%, 8% y 10 % 18 logrando que el CBR aumente en promedio de 7.98%, superior al permitido. b) Con la adición de polímeros reciclados, obtenidos de las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos, se mejora las propiedades físicas y mecánicas, se comprobó que la muestra del tramo de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 presenta gran presencia de arcilla” (Leiva Gonzalez, 2016).

Figueroa y Mamani (2019) “en la publicación realizada en tesis con la finalidad de obtener el grado de ingeniero civil “Diseño de Carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales” sustentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, cuyo **objetivo** general fue proponer un diseño de afirmado en base a escorias negras como material sustituto. El **tipo de investigación** fue experimental, se realizó mediante pruebas de laboratorios especializados en la rama estudiada, analizaron los diferentes componentes de un afirmado convencional con el fin de tener los datos base posibles. **Concluyó** que es factible implementar vías de comunicación en base a escorias negras como parte de sus agregados para el afirmado” (Darient, y otros, 2019).

García (2015) en la publicación realizada en tesis con la finalidad de obtener el grado de ingeniero civil “Determinación de la resistencia de la sub-rasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca”, cuyo **objetivo** general fue mejorar la capacidad de soporte CBR a un suelos limo arcilloso con incorporación de cal estructural en proporciones de 2%,4% y 6% .El **tipo de investigación** fue experimental, en la cual tuvo como **muestra** de ensayos suelos de Mollepampa por medio de sondaje tipo calicata de profundidades de 1.50 metros. Y **Concluyó** que se determinó la resistencia de la sub-rasante al incorporar cal estructural por medio del ensayo CBR teniendo así el ensayo al 0.1” con suelo natural un CBR de 5.20%, incorporando 2% de cal un CBR de 5.30%, incorporando 4% de cal un CBR de 6.30%, incorporando 6% de cal un CBR de 7.20% incorporando 8% de cal un CBR de 8.05%; CBR al 0.2” con suelo natural un CBR de 5.40%, incorporando 2% de cal un CBR de 5.70%, incorporando 4% de cal un CBR de 6.60%, incorporando 6% de cal un CBR de 7.50% incorporando 8% de cal un CBR de 8.30% (García Gonzales, 2015).

Cuadros (2017) en la publicación realizada en tesis con la finalidad de obtener el grado de ingeniero civil “Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización

química con óxido de calcio”, **sustentada** en la universidad Peruana de los Andes cuyo **objetivo** general fue: Determinar el grado de influencia de la estabilización química mediante la incorporación de diversos porcentajes de óxido de calcio en la subrasante en una vía afirmada de la Región Junín. El **tipo de investigación** fue experimental, la cual tuvo como **muestra** un tipo no probabilístico de muestras de suelos con excavación de tipo calicatas a cielo abierto, representado como población a la red departamental vial de Junín. Finalmente **concluyó** los siguientes puntos: a) La estabilización química con Óxido de calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, reduciendo el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, así mismo aumenta significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, b) Se demostró una ventaja económica de la estabilización química con óxido de calcio frente a la estabilización física por el método de combinación de suelos, con una considerable reducción de costos de un 44.41% (Cuadros, 2017).

1.1.2. Antecedentes internacionales.

Ortega (2015) en la publicación realizada en tesis con la finalidad de obtener el grado de Doctor ingeniero civil “Aprovechamiento de escorias blancas (lfs) y negras (eafs) de acería eléctrica en la estabilización de suelos y en capas de firmes de caminos rurales”, **sustentada** en la Universidad de Burgos de España, cuyo **objetivo** general fue utilizar de las escorias en la estabilización del afirmado de una vía, con muestras y ensayos en el laboratorio de suelos y la obtención y comprobación de resultados. El **tipo de investigación** fue experimental, en la cual tuvo como **muestra** de ensayos suelos procedentes de regiones de Burgos y Palencia, en depósitos geológicos de arcilla que luego de los ensayos de CBR resultaron por debajo del 3% esperando estabilizar este material arcilloso con escoria en porcentaje de 5%, **Concluyó** lo siguiente: a) los resultados obtenidos pueden considerarse excelentes, la estabilización del suelo con pequeñas proporciones de escoria (5%) estabiliza el suelo con un CBR de 13.2%. b) La curva del Proctor sufre un aplanamiento, disminuyendo la densidad máxima seca y aumentando la humedad necesaria para conseguirla (Ortega Lopez, 2015).

Espejel y Villalobos (2017) en publicación para el Congreso Mexicano del Asfalto titulada “Uso y Reciclaje de Escoria de Alto Horno en Bases para Pavimento”, cuyo **objetivo**

general fue: la determinación de las propiedades físicas de la escoria, así como su grado de lixiviación de metales tóxicos con diferentes proporciones de escoria - base. El **tipo de investigación** fue experimental, utilizando ensayos de laboratorio con dosificaciones de por debajo de 30% comparando no solo la resistencia de la mezcla si no también el posible grado de contaminación. **Concluyó** lo siguiente: a) la escoria de alto horno puede ser utilizada como sustituto del material natural porque, de acuerdo con sus propiedades físicas, asegura mayor resistencia de las cargas vehiculares que va a soportar. b) se encontró que el factor principal para la lixiviación de materiales pesados no era el pH, si no la proporción escoria – base natural, ya que se apreció que a proporción 50-50 contribuía con concentraciones más altas de As, Pb, Zn, lo que conlleva a un riesgo de contaminación, sin embargo, se observó que en proporciones menores a 30% no representan riesgo severo al medio ambiente (Villalobos Aragon, y otros, 2017).

Cabrera (2018) en su tesis de maestría titulada “Caracterización del comportamiento del residuo de granalla de acero al ser incluido en elementos de concretos” de la Universidad del Norte, cuyo **objetivo** general fue: Caracterizar el comportamiento del residuo de granalla al ser incluido en elementos de concretos. El **tipo de investigación** utilizado fue el experimental, teniendo como **muestra** probetas de concreto elaborados con 0%, 30% y 70% de reemplazo del agregado fino por residuo de granalla. Y se **concluyó** lo siguiente: a) Basados en los resultados de los ensayos de granulometría del residuo de granalla de acero, se observó que cumple con los requisitos exigidos en la Norma Técnica Colombiana para su uso en mezclas de concreto, lo cual favorece la elaboración de concretos de buena calidad; b) Así mismo, se identificó que el residuo utilizado tiene un porcentaje de absorción dentro del rango existente para agregados pétreos de peso normal; y con respecto a la resistencia a la compresión obtenida en los diferentes diseños de mezclas, se identifican mayores resultados a medida que se disminuye la cantidad de residuo de granalla de acero en el concreto, no siendo recomendable valores superiores al 30% de reemplazo debido a que las posibles resistencias obtenidas sean muy inferiores a las obtenidas con el control (arena como agregado fino), recalcado que todos los resultados obtenidos en los diseños de mezcla que contenían residuo de granalla de acero presentaron valores inferiores a los resultantes presenciados con el diseño de mezcla control, evidenciándose resultados inferiores desde un 24,76% a los 28 días de curado (diseño de mezcla con 30% de reemplazo) hasta un 67,8% (diseño de mezcla con 70% de reemplazo) a las resistencias que se evidenciaron en los cilindros control (0% de reemplazo) (Cabrera Hernandez, 2018).

1.2. Teorías relacionadas con el tema.

1.2.1. Suelos

Según (Das, 2001 pág. 608) "Los suelos son materiales no establecidos con una superficie pavimentada con composición de algunas partículas de origen mineral y otros componentes como partículas sólidas. Además, en la actualidad este material ya procesado y alterado es de carácter indispensable en obras de ingeniería civil, siempre y cuando estos suelos tengan características y propiedades físicas y mecánicas de gran magnitud y resistencia".

Para (Crespo Villalaz, 2005 pág. 650), "La definición de la palabra suelo es expresada como una capa que es parte de los estratos de la superficie terrestre, que a través de los tiempo se han ido formando por el efecto de la descomposición de las partículas de las piedras y de los restos de los seres vivientes que habitaban en ellos".

1.2.1.1. Suelos con alto contenido de arcilla

Según (Morales, 2015 pág. 113) "los suelos con altos contenido de arcilla tienen una propiedad de alta absorción de humedad para obtener su mayor asentamiento posible, esta se observa a simple vista en un reconocimiento visual en una muestra, la cual contrasta diferencias al comportamiento de otros materiales".

Los suelos arcillosos son identificables comúnmente por su alta plasticidad que se puede determinar a simple contacto con la muestra de suelo. Según el Manual (MTC, 2014 pág. 31) "El índice de plasticidad es la propiedad que determinar la diferencia de contenido de humedades en los suelos, permitiendo clasificarlos de forma adecuada por su consistencia plástica. Este índice de plasticidad se puede interpretar con la tabla N°1".

Tabla 1 Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad

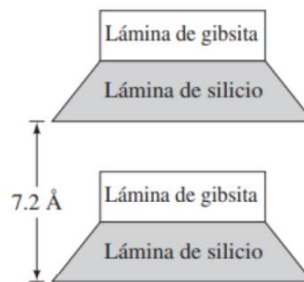
| Índice de Plasticidad | Plasticidad | Característica |
|------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| IP > 20 | Alta | suelos muy arcillosos |
| IP ≤ 20 IP > 7 | Media | suelos arcillosos |
| IP < 7 | Baja | suelos poco arcillosos plasticidad |
| IP = 0 | No Plástico (NP) | suelos exentos de arcilla |

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos (MTC, 2014)

Los grupos de materiales arcillosos, son el producto de las variadas mezclas de dos capas y de distintos cationes o aniones que la conforman. En estos grupos tenemos a la Caolinita, Illita, montmorillonita y vermiculita.

“El grupo de la caolinita, son el residuo de la meteorización del feldespato que proviene del granito, y generalmente se hallan en los suelos conformados por sedimentos .Su estructura está compuesta por hojas simples de tetraedros producidas por sílice combinada con hojas simples de alúmina” (Das, 2001 pág. 22).

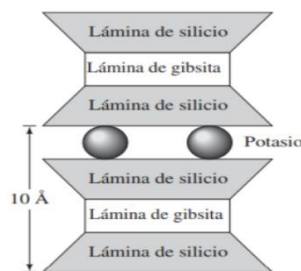
Ilustración 1 Grupo de caolinita



Fuente: (Das, 2001)

“El grupo de la Illita, es el producto de la meteorización de las micas, no tiene la propiedad para la contracción de sus partículas. Su estructura básica está compuesta por una hoja de octaedro de alúmina mezclada con dos hojas de tetraedros de sílice” (Das, 2001 pág. 23).

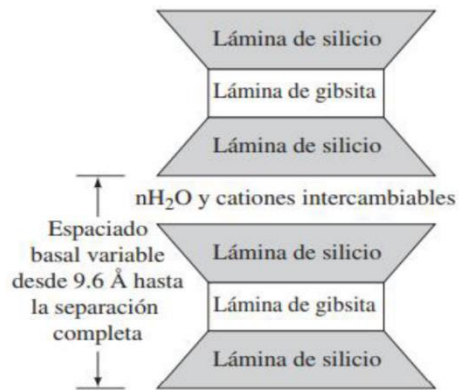
Ilustración 2 Grupo de Illita



Fuente: (Das, 2001)

“El grupo de la montmorillonita, está conformado de bentonita y otras variedades de arcilla, por lo general son el resultado de la meteorización del feldespato. Estructuralmente se compone por una capa central que posee aluminio y magnesio en forma de óxidos e hidróxidos” (Das, 2001 pág. 23).

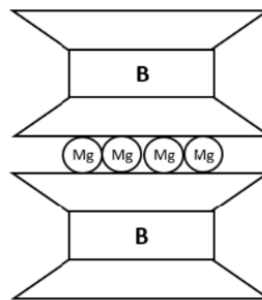
Ilustración 3 Grupo de montmorillonita



Fuente: (Das, 2001)

“El grupo de vermiculita, está compuesto de la meteorización de la clorita y la biotita. Su estructura es parecida a la montmorillonita, solo que los cationes que proporcionan los enlaces entre láminas poseedores de magnesio” (Das, 2001 pág. 24).

Ilustración 4 Grupo de vermiculita



Fuente: (Das, 2001)

1.2.1.2. Sistemas de clasificación de suelos

Según (Kraemer, 2004 pág. 37) “la clasificación de suelos es el proceso metódico para diferenciar los tipos de suelos en una serie de grupos en específico, tales sean sus propiedades geo mecánicas y otras propiedades de formas y texturas”.

Esta clasificación se realiza en dos sistemas que son los más usados en la mecánica de suelos y geotecnia, tal como el sistema de Clasificación para el uso en vías de transporte (AASHTO) y el sistema de Clasificación con propósitos de ingeniería (S.U.C.S.) Ambos

establecidos con una relación en sus sistemas para la identificación de suelos.

1.2.1.2.1. Clasificación con propósitos de ingeniería(S.U.C.S):

Según (Das, 2001 pág. 82) "Este sistema fue planteado por Arthur Casagrande en el año 1942 con fines de ser empleado en la construcción de aeropuertos por un grupo de ingenieros militares. Este sistema no ha tenido variación alguna hasta la actualidad, sigue siendo empleado por la ingeniería moderna y clasifica los suelos en dos grupos por sus tamaños de partículas".

Para suelos de partículas gruesas como gravas y con menos del 50 % pasante por el tamiz N° 200. Las nomenclaturas de suelos comienzan con la inicial G indicando que predomina la grava en la muestra o S indicando que es una arena con grava en global de la muestra.

Según (Das, 2001 pág. 82) "Los suelos de partículas finas con un 50% a más del suelo pasante el tamiz N° 200. Llevan la nomenclatura M indicando un Limo, C indicando una arcilla u O para Limos y arcillas orgánicos. Los símbolos que indican la correcta gradación de las partículas del suelo son W como bien gradado, P como pobremente gradado. Y los indicadores de plasticidad están indicadas como L de baja plasticidad y H de alta plasticidad".

Tabla 2 Guía de clasificación SUCS

| DIVISION MAYOR | | GRUPO SIMBOLOS | DESCRIPCION | CRITERIO DE CLASIFICACION DEL LABORATORIO | |
|---|---|--|--|--|---|
| SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200 | GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4) | GW | Grava bien graduado o mezcla de arena y grava. Poco o ningunos finos. | $C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 4}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3 | |
| | | GP | Grava mal graduado o mezcla de grava y arena. Poco o ningunos finos. | No reúne los requisitos de granulometría para GW | |
| | | GM | d | Grava con finos, grava mal graduado muy limoso. Mezcla grava, arena y arcilla. | Limites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4 |
| | | | u | | Caso de estar sobre la línea "A" con I.P. entre 4 y 7, estamos en un caso "limite", y usarse los dos símbolos |
| | GRAVA CON FINAS (Apreciable cantidad de finos) | GC | Mezcla bien graduado de grava, arena y arcilla. Excelente aglutinante. | Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor 7 | |
| | | ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 200) | SW | Arena bien graduada y arena gravilosa. Poco o ningunos finos. | $C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 6}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3 |
| | Arena mal graduado Arena gravilosa. Poco o ningunos finos. | | | No reúne los requisitos de granulometría para SW | |
| | SP | | Arena con finos. Area muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla | Limites de Atterberg la línea "A" o I.P. menor de 4 | |
| | | | Mezcla bien graduado arena y arcilla. Excelente aglutinante | Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. menor de 4 | |
| | SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200 | LIMO Y ARCILLA (Limite liquido es menor de 50) | ML | Limos Inorgánico y arena muy fina. Polvo roca, Arena fino con ligera plasticidad. | Las líneas trazadas en la zona rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos limite y deben usarse los dos símbolos. |
| CL | | | Arcilla Inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravilosa. Arcilla limosa. Arcilla floja | | |
| ARCILLA (Limite liquido es menor de 50) | | OL | Limos, Orgánico. Limos – arcilla orgánico de baja plasticidad. | | |
| | | MH | Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico | | |
| Suelos altamente orgánico | | CH | Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas | | |
| | | OH | Arcilla orgánica de media o alta plasticidad | | |
| | | LIMO | SM | Arena con finos. Area muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla | Menos del 5% Más del 12% 5% Al 12% 7 |
| | | | SC | Mezcla bien graduado arena y arcilla. Excelente aglutinante | |

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

1.2.1.2.2. Clasificación para el uso en vías de transporte (AASHTO):

Para (Cuipal, 2018 pág. 24), "El sistema American of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) fue planteado en 1929, con una metodología de clasificar los suelos en siete grupos básicos que van desde A-1 hasta A-7. segun estas nomenclaturas se puede determinar que suelos es el óptimo para una sub rasante, subbase o base en el paquete estructural de una pavimento. Además cuenta cada nomenclatura con un Índice de grupo el cual depende su valor de los Límites de Atterberg y el material más fino que pasa por el tamiz N° 200. Como se muestra en la tabla N° 3"

Tabla 3 Guía de clasificación AASHTO

| Clasificación General | Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm) | | | | | | Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm) | | | | |
|-----------------------|--|-----------|------------|------------------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|----------------|-----------|-------------------|--------------------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Sub-Grupo | A-1a | A-1b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6* | A-2-7* | | | | A-7-5** A-7-6** |
| 2 mm | ≤ 50 | | | | | | | | | | |
| 0,5 mm | ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | | | | | | | | |
| 0,08 mm | ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | | | | 36 | | | |
| W_L | | | | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 |
| IP | ≤ 6 | | NP | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 |
| Descripción | Gravas y Arenas | | Arena Fina | Gravas y Arenas Limosas Arcillosas | | | | Suelos Limosos | | Suelos Arcillosos | |
| | ** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$ | | | | | | ** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$ | | | | |
| | Si el suelo es NP \rightarrow IG = 0; Si IG < 0 \rightarrow IG = 0 | | | | | | | | | | |

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

1.2.1.3. Textura de los suelos

Para (Terrones, 2018 pág. 23) "La textura de un suelo indica la cantidad o proporción en porcentaje de las partículas existentes en el suelo. Los suelos presentan varios tipos de partículas siendo las principales: la grava, la arena, los limos y arcillas. En suelos arcillosos la textura predominante son los finos compuestos por limos y arcillas, variando algunos otros como su índice de plasticidad en sus límites de consistencia. Lo que identifica a un suelo fino de consistencia plástica es la determinación de la distribución de partículas mediante ensayos de laboratorio de suelos evaluando conjuntamente sus propiedades de consistencia".

1.2.1.4. Análisis Granulométrico de suelos:

Para (Das, 2001 pág. 7) "este análisis es la determinación de los parámetros de tamaños de partículas existentes en el suelo, indicando en porcentaje el peso seco total de una muestra. Generalmente usando un análisis por cribado y otro hidrométrico, según sea el diámetro de partículas a analizar".

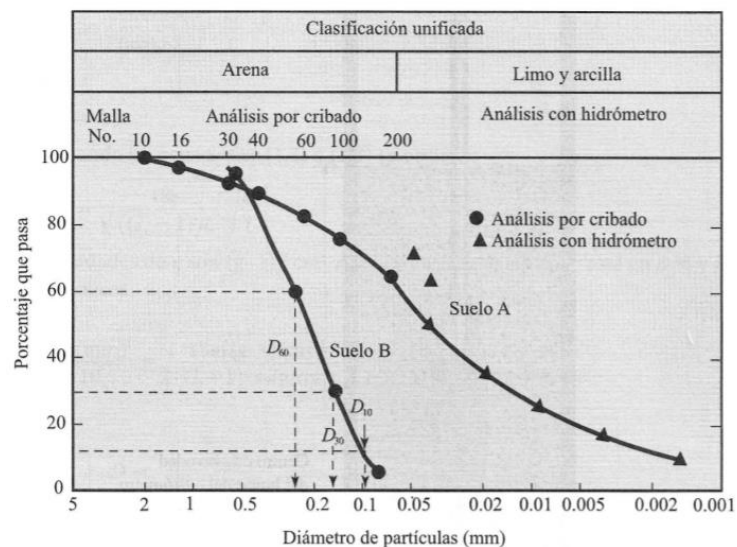
"El análisis granulométrico de suelos representa la gradación de los tamaños de partículas que existe en el agregado mediante un método de ensayo según especificaciones

técnicas, para que también se puedan conocer con mayor certeza otras propiedades como sus coeficientes de curvatura y uniformidad” (MTC, 2014 pág. 30).

“La expresión de resultados se presenta en un gráfico de tipo semilogarítmico representada en una curva de distribución granulométrica. Este gráfico expresa en una abscisa los diámetros de las partículas en escala semilogarítmico y en la otra el porcentaje de pesos pasantes en escala aritmética” (Das, 2001 pág. 11)

“El análisis granulométrico de suelos se puede realizar con la muestra seca entera o si no con una parte de ella luego de hacer la separación del material más fino por lavado. Si las partículas de suelos pudiesen romperse al tacto y el material fino se disgrega a la presión mínima, entonces se puede realizar el análisis con tamices sin lavado de la fracción fina” (MTC, 2016 pág. 45).

Ilustración 5 Clasificación Unificada



Fuente: (Das, 2001)

1.2.1.4.1. Coeficiente de curvatura y uniformidad:

Para (Das, 2001 pág. 12) “las curvas granulométricas tienen un aporte más para identificar tres parámetros básicos de la composición de partículas del suelo. En especial se usan para la clasificación de suelos granulares, estos coeficientes son nombrados diámetro efectivo, coeficientes de uniformidad y coeficiente de curvatura”.

Para (Das, 2001 pág. 12) “En las curvas de granulometría se obtiene el diámetro de distribución del tamaño que corresponde al 10 % del peso seco total, definiendo este como

un diámetro efectivo o D10 .Tomando como coeficiente de uniformidad a la siguiente expresión”.

Ecuación 1 Coeficiente de Uniformidad

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

Fuente: (Das, 2001)

Respectivamente para el coeficiente de curvatura se deben conocer los valores de los diámetros efectivos D10, D30, D60.Para la siguiente expresión

Ecuación 2 Coeficiente de curvatura

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Fuente: (Das, 2001)

1.2.1.5. Índice de Plasticidad.

“El IP se expresa como la diferencia de contenidos de agua de los resultados del LL y el LP de un suelo. Este número determina y agrupa los suelos de alto contenido plástico en el sistema SUCS Y AASHTO, donde es en el sistema AASHTO que determina los índices de grupo de los suelos” (Das, 2001 pág. 29).

1.2.1.5.1. Límite líquido:

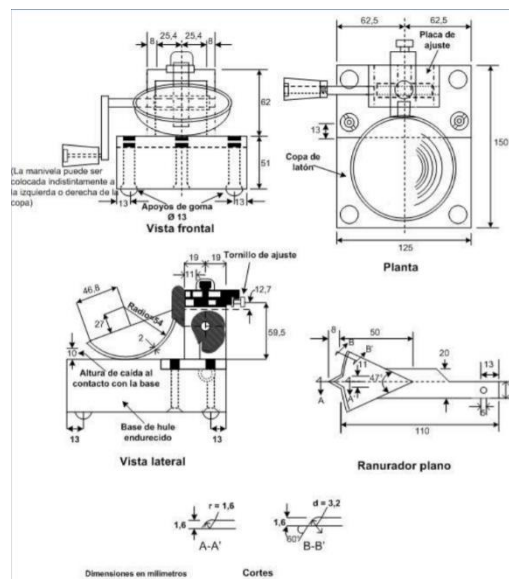
“El LL es la determinación de la cantidad de agua con su expresión en porcentaje, para una cierta cantidad de N golpes, el límite liquido se ubica entre los estados líquido y plástico. Este método de prueba es primordial en los sistemas de clasificación de suelos para identificar la consistencia de la fracción fina de los suelos” (MTC, 2016 pág. 67).

Ilustración 6 Copa Casagrande



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

Ilustración 7 Copa Casa Grande



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

1.2.1.5.2. Límite plástico:

“El LP se expresa como la cantidad de agua en porcentaje en relación a lo que pesa la muestra seca ensayada. Se denota que los suelos de alta cohesión tienden a pasar de un estado semisólido a un estado plástico al perder su humedad” (Crespo Villalaz, 2005 pág. 76).

Para (Crespo Villalaz, 2005 pág. 78) “El límite plástico es una constante física de muy alta de material orgánico que puede estar o está dentro de un suelo natural, por lo que define a los materiales que tienen material orgánico en su interior como bajos de índice de plasticidad y con límites líquidos de altas humedades”.

“La propiedad plástica de un suelos puede ser representada como el contenido de humedad natural en campo, determinando su consistencia o densidad relativa mediante el índice de liquidez de suelos” (MTC, 2016 pág. 72).

Ilustración 8 Ensayo de Limite Plástico



Fuente: (Das, 2001)

1.2.1.6. Máxima densidad seca y Óptimo contenido de humedad.

“El ensayo de Proctor modificado se realiza con la finalidad de determinar la cantidad óptima de agua en un suelo que provoca la mayor ganancia de peso y acomodamiento de las partículas de suelos en la compactación con una energía y peso especificado en las normas técnicas de realización de ensayos” (Crespo Villalaz, 2005 pág. 40).

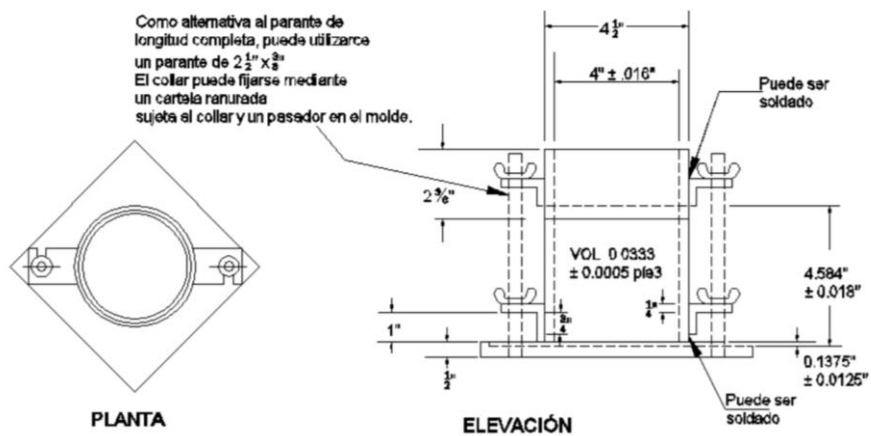
En la compactación de suelos se requiere un índice o porcentaje de humedad, el cual provoca que en el comportamiento del suelo este sea rígido y gane el mayor peso para una buena eliminación de vacíos durante la compactación. Y a la vez las partículas puedan acomodarse de forma gradual y tener un suelo más rígido de forma mecánica.

Para (Crespo Villalaz, 2005)“El Proctor modificado es una prueba con la que se puede encontrar la humedad requerida y ver el cambio del suelo a través del volumen de peso contenido en un molde. Esto se denomina densidad relativa en volumen bajo por vía de

una humedad, y para esto se realiza una serie de golpes en un numero de capas especificado para el tipo de compactación y determinar la máxima densidad corregida por humedad”.

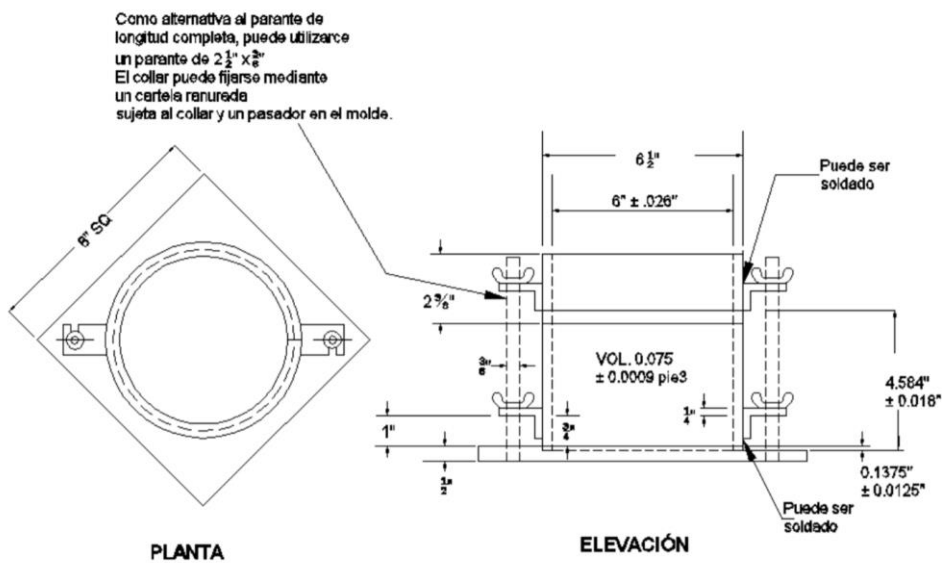
“Este ensayo de compactación abarca los procedimientos usados en Laboratorio, para obtener la relación del Optimo Contenido de Humedad y la Máxima Densidad Seca de los suelos compactados en moldes de 4 ó 6 pulg de diámetro, dependiendo del Método sea A, B o C según la gradación del material con un pisón de 44,5 N en caída libre de 8 pulg, generando una Energía de Compactación de 56000 pie-lbf/pie³” (MTC, 2016 pág. 105) .

Ilustración 9 Molde de 4 pulg



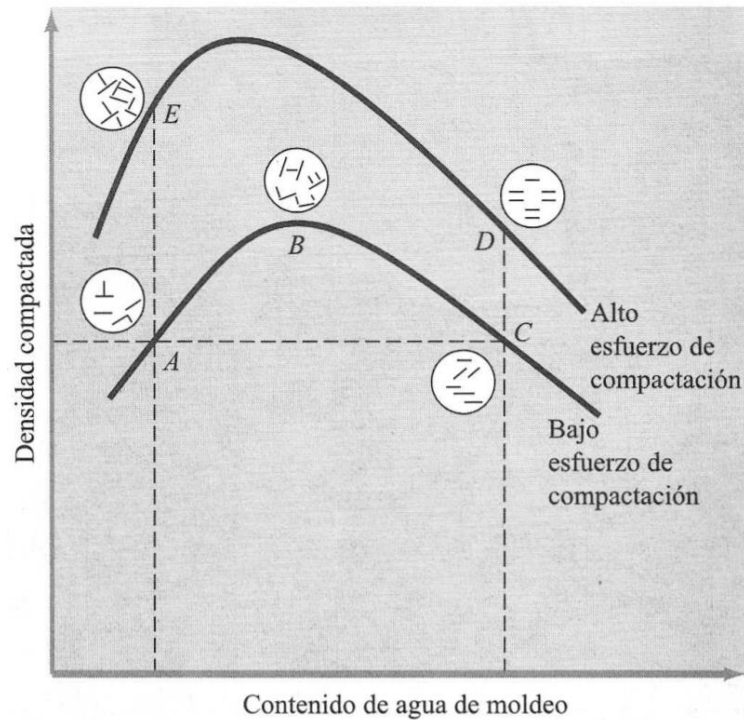
Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

Ilustración 10 Molde de 6 pulg



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

Ilustración 11 Ejemplo de Curva de Compactación en suelos arcillosos



Fuente: (Das, 2001)

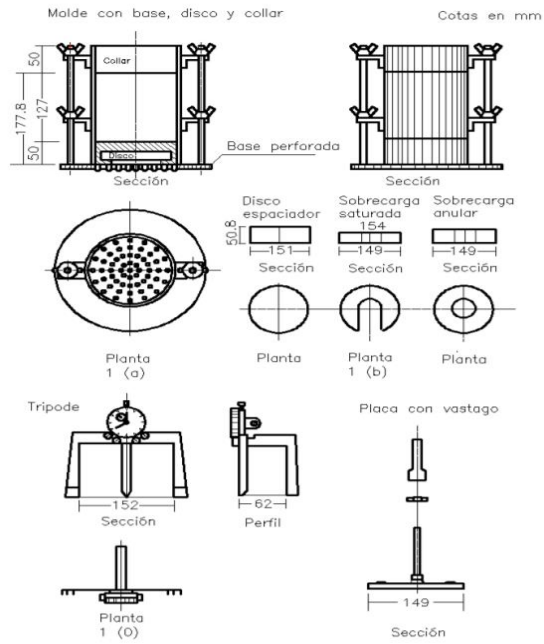
1.2.1.7. Capacidad de soporte relativo CBR.

Para (Montejo, 2002 pág. 64) "El ensayo CBR es la medida de la resistencia al esfuerzo de corte en el suelo, con condiciones de optima humedad y compactación controladas. Su valor en porcentaje es primordial en el diseño de pavimentos, la razón de su resistencia se da en la carga unitaria al hacer la introducción de un pistón en el suelo a una cierta penetración".

El ensayo del que se menciona en esta parte del trabajo se realiza sobre materiales ya preparados en un laboratorio con las cantidades de agua que se obtuvieron en el ensayo de Proctor, pero también se puede elaborar sobre suelos sin modificaciones, estas pruebas se realizan para evaluar suelos de cimentación y material de canteras las mismas que forman parte de un diseño de pavimento.

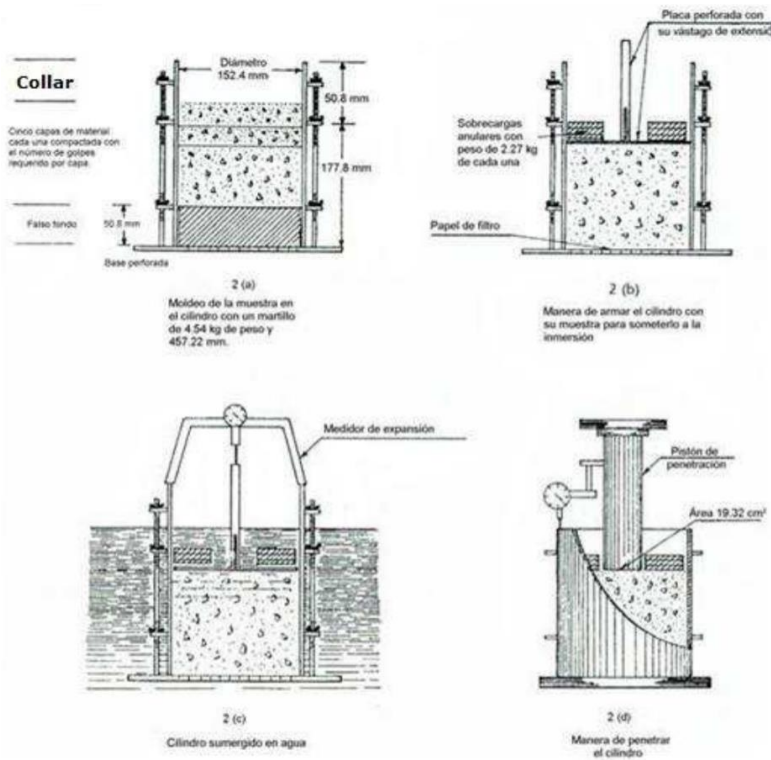
Con los valores obtenidos de esta prueba se podrá evaluar o medir el grado de soporte que tiene el material evaluado y poder calcular cual sería la estructura de pavimento que se colocaría en sima

Ilustración 12 Molde de CBR



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

Ilustración 13 Determinación del valor de la relación de soporte



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – (MTC, 2016)

1.2.2. Estabilización de suelos.

El MSP - (MTC, 2014 pág. 93)“una estabilización de suelo se procede a realizar cuando a nivel de la subrasante el suelo tiene una capacidad de soporte del suelo $\leq 6\%$ por lo que por clasificación se le nombra subrasante de mala calidad, esto se debe a que son suelos de alto contenido de humedad como los suelos finos. Como solución a esto se realizará un análisis para realizar el tipo de estabilización del material, que podría ser química, física o mecánica”.

La manera de elegir el tipo de estabilización que se le hará al suelo depende mucho de que se pueda controlar el fino y que exista el material para estabilizarlo haciendo una evaluación costo beneficio para saber si es viable la estabilización.

1.2.2.1. Tipos de estabilización.

En función de lo que dispone para estabilizar un suelo se puede escoger sobre diversas metodologías de estabilización:

1.2.2.1.1. Estabilización Química.

Una estabilización química requiere el empleo de insumos químicos que se dosificaran tales como algunos ya muy conocidos (Cemento, bitumen, Cal, etc.) todos esto con la finalidad de darle al suelo estudiado un mejor comportamiento estructural y mejor capacidad de soporte.

Se trabaja la capacidad de manejar el suelo para poder utilizarlo como sub rasante en la parte del pavimento. También tiene la finalidad de controlar y disminuir la plasticidad y el cómo se expande el suelo.

1.2.2.1.2. Estabilización Mecánica.

“Un mejoramiento mecánico propone una cierta metodología que permita mejorar el suelo en lo que refiere a su capacidad portante con propósitos de ingeniería la incorporación de elementos o distintas maniobras para aglomerar las pequeñas partes del suelo” (Das, 2001 pág. 266).

Para el MTC, una estabilización mecánica tiene como objetivo estabilizar o mejorar

el suelo que se desea utilizar para una obra de pavimento sin la necesidad de modificar la estructura y composición natural de dicho suelo. Para tal fin se suele utilizar fuerzas mecánicas en el suelo como vibrado o compactación para reducir vacíos posibles que se puedan encontrar en el suelo.

1.2.2.1.3. Estabilización Física.

Para (Pérez Collante, 2014), “el mejoramiento de suelos bajo la metodología física es una aplicación con la finalidad de ocasionar que el suelo mejore su capacidad portante y sus propiedades físicas y mecánicas, y entre ella tenemos la mezcla de suelo de préstamo:”.

“Este método consiste en ubicar un suelo de mala calidad, en el caso de sub rasante que su CBR esté por debajo del 6%, luego de ello para mejorar sus propiedades físicas se agrega material de préstamo y se procederá con una mezcla física que mejorara la granulometría y propiedades de soporte.

1.2.3. Granalla de cobre

1.2.3.1. Generalidades

Para definir la granalla, Garza sostiene al respecto:

[...]”Son todo aquella partícula de metal fundido de alta durabilidad utilizada en una gran amplitud de aplicaciones, desde la eliminación de arena en productos de fundición hasta el granallado para la industria aeronáutica. La granalla angular fundido se considera en Norteamérica y en el resto del mundo el mejor producto para el corte de granito. La granalla redonda o angular se utiliza varias veces y es reciclada continuamente” (Garza, 2005 pág. 38).

Ilustración 14 Granalla Mineral



1.2.3.2. Proceso de fabricación de la granalla

“El proceso de producción de la granalla empieza con el reciclaje de la escoria o chatarra de acero, el cual debe de ser de buena calidad, es decir estar libre de impurezas, para así luego ser cargada en el horno de arco con adiciones de diversas aleaciones para mejorar su composición química” (Garza, 2005 pág. 40).

Cuando se ha calculado los componentes químicos del metal en fundición y ha llegado a la óptima temperatura, es vaciada en ollas gigantes para luego ser retirada con chorros de agua a alta presión dicho proceso da a lugar a la llamada granalla metálica redondeada de distintos tamaños.

Ilustración 15 Proceso de fundición del metal



1.2.3.3. Aplicación

La granalla es utilizada específicamente para la limpieza de chorro abrasivo de superficies metálicas, eliminando las escamas de laminación, oxido, pinturas antiguas. Adecuado para grado de limpieza SSPC-SPs (metal blanco), SSPC-SP10 (metal casi blanco), SSPC-SP6 (comercial), SSPC-SP7 (ligero)

Es un abrasivo mineral que está libre de contaminantes tóxicos como cianuro, ácido

sulfúrico, arsénico, cadmio, etc. Debido a sus propiedades fisicoquímicas la granalla actúa como un reemplazante ideal de arenas cuarcíferas.

La granalla de escoria de cobre reduce el riesgo de padecer enfermedades producidas comúnmente por la arena ya que posee un bajo índice de sílice. Rinde entre un 35% y un 40% más que la arena, creando un ambiente de trabajo seguro y grato.

Ilustración 16 Utilización de la Granalla Mineral



1.2.3.4. Propiedades

1.2.3.4.1. Granulación:

Según la ficha técnica la granalla tiene una forma angular el cual representa un 90% del total de las partículas. Tiene una granulometría entre 1.5 mm a 3.8mm de diámetro, el cual el porcentaje de granos de 1.5mm representa el 30% y los granos de 3.8 mm representa el 70 % de partículas de granalla de cobre.

1.2.3.4.2. Color:

Sus colores más resaltantes son el negro y el gris siendo este último el más representativo.

1.2.3.4.3. Dureza:

La granalla contiene un grado de dureza de 6.5 – 7 grados – MOHS

1.2.3.4.4. Conductividad:

Tiene una conductividad menor a los 1000 $\mu\text{S} / \text{cm}$ (micro Siemens por centímetro)

1.2.3.4.5. Índice de reúso:

Este material se puede volver a reutilizar desde 3 a 4 veces, lo cual le convierte en un material reciclable.

1.2.3.4.6. Rendimiento:

7 a 12 kg / m²

La granalla se encuentra libre de aceite y grasa y origina bajo nivel de polución. Además cumple con los requisitos de la SSPC-AB1 (Sociedad de Recubrimientos de Protección, abrasivos minerales y escoria)

1.2.3.4.7. Análisis químico

La granalla está compuesto principalmente por cuatro minerales y cada uno con su respectivo porcentaje:

Fe: 22.91%

Cu: 0.17%

Pb: 0.26%

Zn: 6.18%

Ilustración 17 Granalla mineral



1.2.3.4.8. Identificación de los peligros

1.2.3.4.8.2. Identificación de riesgos:

No se considera que este producto represente una amenaza significativa durante la utilización y manejo.

1.2.3.4.8.3. Precaución:

Puede causar un posible daño en los ojos, la piel y el tracto respiratorio debido a las partículas en el aire de este producto. El contacto con este material en estado caliente o fundido, puede producir irritación, enrojecimiento y casos extremos ampollas. Utilizar o equipos de protección correspondientes para evitar daños u accidentes.

1.2.3.4.9. Ventajas y Desventajas

El uso de granalla representa una gran ventaja, dado que disminuiría el uso de recursos naturales en la explotación de una cantera reemplazado por el uso de un residuo.

De ser verdadera la hipótesis de esta investigación la aplicación de la granalla representaría un bajo costo por lo sencillo y práctico para mejorar un suelo de CBR bajo.

Las características físicas de la granalla como la dureza y bajo desgaste permite formar parte de una manera eficiente en un material granular como es la sub rasante.

Luego de revisar información referente a la granalla observamos que para el fin a utilizar no presenta desventaja, salvo que luego de los ensayos infiramos lo contrario.

Ilustración 18 Fundición de la Oroya



1.3. Formulación del problema.

Las arcillas tienen la nomenclatura en el sistema SUCS CH (arcilla de alta plasticidad) o CL (arcilla de baja plasticidad) estos tipos de suelos por lo general presentan una capacidad de soporte CBR menor al 5 % y al 95% de Máxima Densidad Seca (Proctor). La combinación de este suelo fino con granalla provocará que en el proceso de compactación para la máxima densidad seca aumente según el porcentaje de dosificación por molde de Compactación (capacidad de 6000 gr). Por lo que la granalla al presentar un Tamaño máximo Nominal de 3.8 mm actuará como llenante en fracción fina del suelo arcilloso. Para la granalla se hará un análisis granulométrico pasante el tamiz N 10 y retenido en el tamiz 200.

La granalla tiene un uso no definido en otros Países, mayormente es considerado como una escoria o un problema en la industria de producción de láminas de acero, generando problemas en los detalles de los productos

La granalla de cobre además tiene contenidos bajos de agente químicos en contenido de sílice es bajo por lo que no produce contaminación al tener contacto con otras materias

Para la experimentación, se busca incorporar la granalla como material de combinación y poder hacer subir la capacidad de soporte CBR > 6% por encima de las especificaciones técnicas EG-2013 como subrasante

1.3.1. Problema general.

¿Qué relación tiene la incorporación de la Granalla Metálica con las propiedades del suelo arcilloso en la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010?

1.3.1.1. Problemas específicos.

- ¿Cuál es la influencia de la incorporación de la Granalla Metálica sobre la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que tiene la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010?

- ¿Cuál es la influencia de la incorporación de la Granalla Metálica sobre el valor de soporte del suelo que tiene de la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010?
- ¿Cuál es la proporción Granalla Metálica - suelo arcilloso para obtener valor de soporte del suelo favorable para la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010?

1.4. Justificación del estudio.

En la actualidad, todos los proyectos de edificaciones civiles, incluyendo las carreteras, están muy enfocados a la conservación del medio ambiente, tratando de reducir todo lo que se pueda el uso de recursos naturales, y en ese sentido la orientación del uso de material reciclado, es una opción muy viable, pero cabe resaltar que el uso de los mismos se debe realizar luego de la evaluación de estudios especializados que permitan determinar si podría ser o no perjudicial la implementación de los mismos en las obras civiles.

En consecuencia se deben estudiar distintos materiales de desecho para reducir y de ser posible eliminar el riesgo de contaminación, tal es el empleo de Granalla Mineral como mejoramiento de la sub rasante.

La zona de selva se caracteriza porque no existen canteras de material granular adecuado que puedan ser usados en las diversas capas de la estructura del pavimento, debiéndose encontrar alternativas como la estabilización, que permita mejorar la capacidad de soporte de los suelos.

En diversos países, se han empleado Granalla Mineral, como material para balasto de ferrocarriles y en el congreso Mexicano del asfalto mencionan el posible uso de la granalla metálica como agregado en material de base para pavimentos.

1.5. Hipótesis.

La hipótesis en el desarrollo de este Proyecto de Investigación, es la epifanía que se piensa demostrar; con relación al Proyecto de Investigación, Moreno menciona que:

En tal sentido, luego de crear una correcta hipótesis, de inmediato se aprecia una evidente relación entre las variables, y al lograr comprobarlas, se obtendrá la respuesta al problema general realizado.

1.5.1. Hipótesis general.

La incorporación de la Granalla Metálica, mejorara las propiedades del suelo arcilloso en la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

1.5.1.1. Hipótesis específicas.

- La dosificación de la Granalla Metálica, influye sobre la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que tiene la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010
- La incorporación de la Granalla Metálica influye sobre el valor de soporte del suelo que tiene de la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010
- Existe una proporción Granalla Metálica - suelo arcilloso para obtener un valor soporte del suelo, favorable para la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

1.6. Objetivos.

Los objetivos planteados, serán claros y por su naturaleza, se podrán medir, ellos nos indicaran lo que se desea lograr.

1.6.1. Objetivo general.

Evaluar la incidencia de la incorporación de la Granalla Metálica, en las propiedades del suelo arcilloso en la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

1.6.1.1. Objetivo específico.

- Evaluar la influencia de la dosificación de la Granalla Metálica, sobre la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que tiene la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.
- Evaluar la influencia de la incorporación de la Granalla Metálica sobre el valor de soporte del suelo que tiene de la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.
- Evaluar la proporción Granalla Metálica - suelo arcilloso para obtener un valor soporte del suelo, favorable para la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

II. MÉTODO

2.1 Método

Según (Kerlinger, 1975 pág. 31) “La investigación científica es un proceso controlado, sistemático, empírico y crítico sobre las presuntas relaciones entre fenómenos naturales”. Este Desarrollo de Proyecto de Investigación tiene como método el Método Científico, porque se basa en fenómenos observables de la realidad, como es la estabilización de la subrasante de la vía.

2.2 Fases del proceso de investigación

2.2.1 Enfoque

El presente desarrollo de proyecto de investigación maneja un enfoque cuantitativo dado que lo que se busca mejorar el valor de soporte del suelo que se obtuvo en el muestreo, mismo que se lograra mediante la total recopilación de datos, toda esta información recopilada nos permitirá iniciar una investigación que deberá poder cuantificarse.

2.2.2 Tipo de Investigación

El mencionado desarrollo de proyecto de investigación es de tipo aplicada ya que se busca dar solución a un problema, preguntas específicas y encontrar respuestas. Por lo tanto, el mayor esfuerzo de la investigación aplicada es la es la solución básica a un problema en una situación real.

2.2.3 Nivel de investigación

El nivel inherente que tiene este desarrollo de proyecto de investigación es explicativo, ya que se dará respuesta sobre como el valor de soporte del suelo de la subrasante que será estabilizada con granalla mineral tiene mejor desempeño mecánico y resistencia a las cargas que sin estabilización de la misma sub rasante en dicha carretera.

2.3 Variables, Operacionalización.

2.3.1 Variables.

En este desarrollo de proyecto de investigación se tendrán dos variables, una dependiente y otra independiente, estas variables que se plantean en el documento serán posible medirse.

2.3.1.1 Variable independiente.

La variable independiente es aquella que no se ve ni se verá influenciada por nada, por el contrario será posible con ella modificar el comportamiento de la variable dependiente dando origen y cuerpo a este trabajo de investigación.

En la presente investigación, la variable independiente encontrada vendría a ser la Granalla Mineral.

2.3.1.2 Variable dependiente.

La variable dependiente como su nombre así lo dice será aquella variable que se verá influenciada por otra, sufriendo cambios en su forma y fondo, dado que al influenciarse por otra modificara sus aspectos naturales o como la conocemos, dichas variaciones nos permitirán determinar si nuestros objetivos fueron logrados o no.

Por lo antes expuesto en este desarrollo de proyecto de investigación, la variable dependiente vendría a ser el suelo arcilloso de la sub rasante.

2.3.2 Operacionalización de variables.

La finalidad de desarrollar esta etapa de la investigación es plantear claramente cuáles serán las variables y observar cómo es que al relacionarlas una a otra inter actúan entre sí, definiendo claramente cuáles serían sus dimensiones, indicadores y el instrumento con el cual medirlo.

Tabla 4 Matriz de Operacionalización de variables independientes

| Variable independiente | Dimensiones | Definición Conceptual | Definición Operacional | Indicadores | Instrumento |
|------------------------|-----------------------------------|--|---|-------------------------------------|---------------------------|
| Granalla Mineral | Proporción respecto al suelo seco | es el porcentaje de granalla respecto del suelo arcilloso | se va agregando la granalla al suelo arcillosos en distintos porcentajes para ver su comportamiento | 6% de Granalla | Balanza y cucharon |
| | | | | 8% de Granalla | Balanza y cucharon |
| | | | | 10% de Granalla | Balanza y cucharon |
| | Propiedades Físicas | determinación de los parámetros físicos como gradación, plasticidad etc. | se agrega la granalla metálica a los tamices respectivos para determinar su gradación y ver qué pasa por la malla 40 para limites | % Material < tamiz 10 y > tamiz 200 | Tamiz, Cuchara Casagrande |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 Matriz de Operacionalización de variables (dependiente)

| Variable dependiente | Dimensiones | Definición Conceptual | Definición Operacional | Indicadores | Instrumento |
|---------------------------------|-----------------------|--|---|-----------------|--------------------|
| Suelo Arcillosos en sub rasante | Índice de Plasticidad | se expresa como la diferencia de humedades de los resultados del límite líquido y el límite plástico | se determina con el contenido de humedad con su expresión en porcentaje | Límite Líquido | cuchara casagrande |
| | | | | Límite Plástico | cuchara casagrande |

| | | | | | |
|--|--|---|--|---------------------|----------------------------|
| | Máxima Densidad Seca Y Optimo Contenido de Humedad | es la máxima densidad seca o el contenido óptimo de humedad | se realizan ensayos de compactación en el laboratorio | Proctor Modificado | Moldes y Martillos Proctor |
| | | | | Gravedad Especifica | Moldes y Martillos Proctor |
| | Capacidad de Soporte Relativo (CBR) | es la medida de la resistencia al esfuerzo de corte en el suelo | se realiza sobre suelos preparados en laboratorios en condiciones óptimas de humedad | Ensayo CBR seco | Equipo de CBR |
| | | | | Ensayo CBR saturado | Equipo de CBR |

Fuente: Elaboración propia

2.4 Población, muestra y muestreo.

2.4.1 Población.

Tal como dice Tamayo en este proyecto de investigación la Población será la Carretera Tocache – Juanjui.

2.4.2 Muestra.

Como lo menciona Valderrama, en este proyecto de investigación la muestra será el suelo arcilloso en la sub rasante en el Km: 39+010 de la carretera Tocache – Juanjui.

2.4.3 Muestreo.

El muestreo de este desarrollo de proyecto de investigación, no es probabilístico ya que el muestreo no fue al azar, por el contrario se ubicó un lugar donde se pueda mejorar la sub rasante y ese lugar fue el Km 39+010 de la carretera Tocache - Juanjui

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Para este desarrollo de proyecto de investigación se precedió con el respectivo inventario visual de naturaleza cuantificable, mediante las respectivas graficas que arrojan los ensayos de laboratorio

2.5.1 Técnicas de recolección de datos.

Como metodología de recopilación de datos para este desarrollo de proyecto de investigación se utilizara el muestreo de datos de los valores que se deriven los ensayos realizados, todo ello mediante la respectiva visita al Km: 39+010 de la Carretera Tocache - Juanjui.

2.5.2 Instrumentos de recolección de datos.

Para que se vinculen entre si las variables, tanto como la granalla mineral y el suelo extraído de la sub rasante en el Km: 39+010 de la Carretera Tocache - Juanjui. serán trasladado a un laboratorio en que se pueda proceder con todos los ensayos necesarios para lograr los objetivos planteados en este desarrollo de proyecto de investigación, donde se procederá a recopilar los valores que se obtengan de dichos ensayos midiéndolos plasmándolos en cuadros y gráficos que terminaran evidenciando lo que sucede al poner en interacción estas variables.

2.6 Validez.

El presente desarrollo de proyecto de Investigación será validado mediante los respectivos ensayos de laboratorio. Estos ensayos serán validados por profesionales y técnico con experticia en cuanto a laboratorio se trate, para que luego los mismos técnicos sean quienes se encarguen de poder certificar aquellos ensayos realizados.

2.7 Confiabilidad.

La confiabilidad, debe poseer suficiente correspondencia relacionado a lo que se desee medir, en síntesis, es una mezcla entre la estabilidad con la que se está trabajando y la predictibilidad.

Por lo antes expuesto, este desarrollo de proyecto de investigación será confiable con los certificados de laboratorio y calibración de las herramientas y equipos que nos ayuden a medir la interacción de las variables independiente y dependiente.

2.8 Métodos de análisis de datos.

En este desarrollo de proyecto de Investigación el método para analizar los datos tiene como objetivo recolectar y acumular toda la información que obtengamos de los laboratorios utilizando los instrumentos para los indicadores de las dimensiones que se usaron en el laboratorio con la interacción de las variables.

III. RESULTADOS

El presente trabajo de investigación se realizó los ensayos obteniendo la muestra de la sub rasante del Km: 39+010 de la Carretera Tocache - Juanjui. Y la granalla mineral obtenida de la empresa Jefers Servicios Generales, quien menciona que la granalla proviene de la fundición de metal de la Oroya “Doe Rum Perú”

Dichas muestras fueron llevadas a los laboratorios de suelos de la Universidad Cesar Vallejo sede ATE, donde se procedió con los ensayos respectivos.

3.1 Ensayo para determinar la granulometría del agregado.

3.1.1 Ubicación de la calicata para la muestra de suelo arcilloso

Así como se menciona en el acápite de muestreo, la sub rasante que vamos a mejorar la los valores de soporte ha sido extraído de una calicata realizada a la sub rasante de la carretera ubicada en el Km: 39+010 de la carretera Tocache – Juanjui.

Ilustración 19 Material escavado de la sub rasante en el km 39+010 de la carretera Tocache – Juanjui.



El material extraído de esta calicata es aparentemente a la vista y el tacto una arcilla o limo, ambos tienen una granulometría muy parecida, variando solo en el índice de plasticidad, en el que la arcilla es mayor haciendo de este material un material con poca capacidad admisible de soporte a cargas.

3.1.2 Granulometría

Este análisis consistirá en determinar los parámetros de los minerales existentes pasándolos por mallas de distintos diámetros que varían de: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 calculando el peso retenido en relación al peso total de la muestra representado en porcentaje. El manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” EG-2013 que es utilizado en nuestro entorno toma de referencia la norma ASTM D 1241.

Para el siguiente procedimiento se utilizaron los siguientes equipos:

- Tamices con apertura, según norma con aperturas de: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, con tapa en el fondo

- Balanza electrónica con precisión a 3 decimales.
- Horno con temperatura de 200 +/- 5°C

Se procedió a tamizar la muestra reteniendo hasta la malla N° 4, de lo pasante por esa malla se procedió a lavar 350 gramos y secar durante 24 horas para luego terminar el tamizado de finos.

Ilustración 20 Material de sub rasante traída de campo



Ilustración 21 Muestra de Granalla Mineral



Ilustración 22 Tamizado del Suelo Natural y la Granalla



Del análisis granulométrico de lo antes expuesto se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 6 Granulometría de Granalla Mineral

| ASTM D 422 MTC E 107 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | | |
|--------------------------------|------------------|--|------------------------------|----------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
| MALLAS | | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | | | |
| 3" | 76.200 | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | |
| 2" | 50.800 | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | |
| 1" | 25.400 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | 100.0 |
| N° 6 | 3.360 | 2.9 | 2.9 | 97.1 |
| N° 8 | 2.360 | 13.4 | 16.4 | 83.6 |
| N° 10 | 2.000 | 13.1 | 29.4 | 70.6 |
| N° 16 | 1.180 | 52.3 | 81.7 | 18.3 |
| N° 20 | 0.850 | 14.3 | 96.0 | 4.0 |
| N° 30 | 0.600 | 2.9 | 98.9 | 1.1 |
| N° 40 | 0.425 | 0.8 | 99.7 | 0.3 |
| N° 50 | 0.300 | 0.2 | 100.0 | 0.0 |
| N° 80 | 0.180 | 0.0 | 100.0 | 0.0 |
| N° 100 | 0.150 | 0.0 | 100.0 | 0.0 |
| N° 200 | 0.075 | 0.0 | 100.0 | 0.0 |
| <N°200 | ASTM D 1140:00 | 0.0 | 100.0 | |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|--|-----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" | |
| Grava (Ret. N°4) | : 0.0 % |
| Arena | : 100.0 % |
| Fino (Pas. N°200) | : 0.0 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (L.L.) | : NP |
| Límite Plástico (L.P.) | : NP |
| Índice Plástico (I.P.) | : NP |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO) | |
| A-1-b (0) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) | |
| SP | |
| Arena pobremente gradada | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 0.0 % |
| OBSERVACIONES: | |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante. | |
| - Ensayo efectuado al suelo natural. | |

Elaboración Propia

Tabla 7 Curva Granulometría de la Granalla Mineral

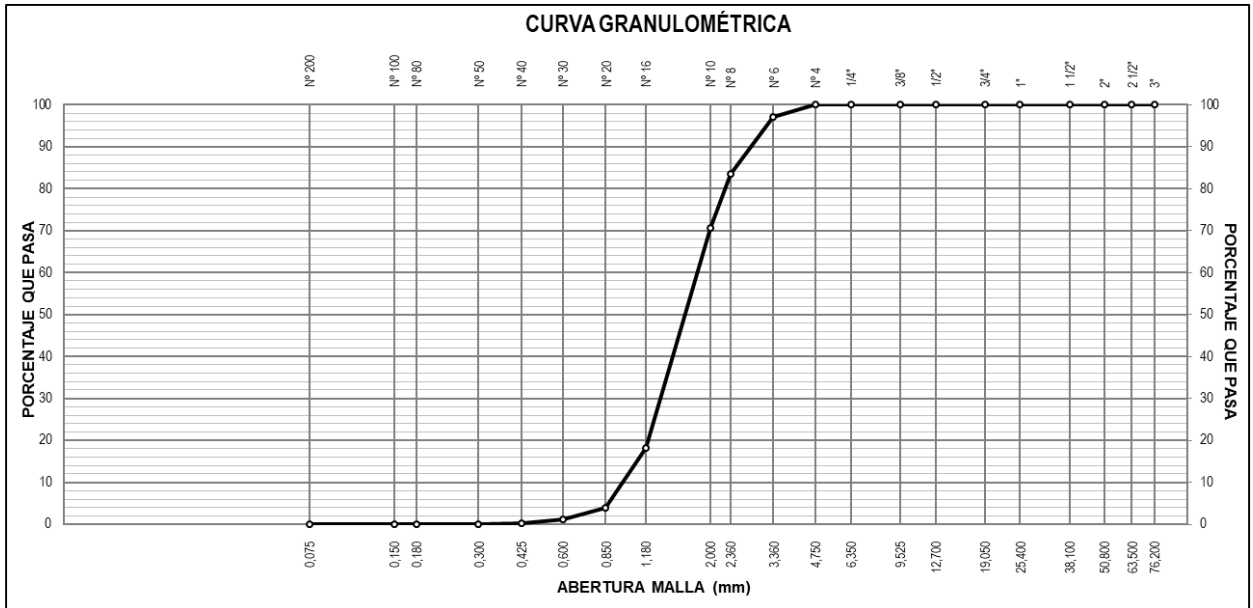
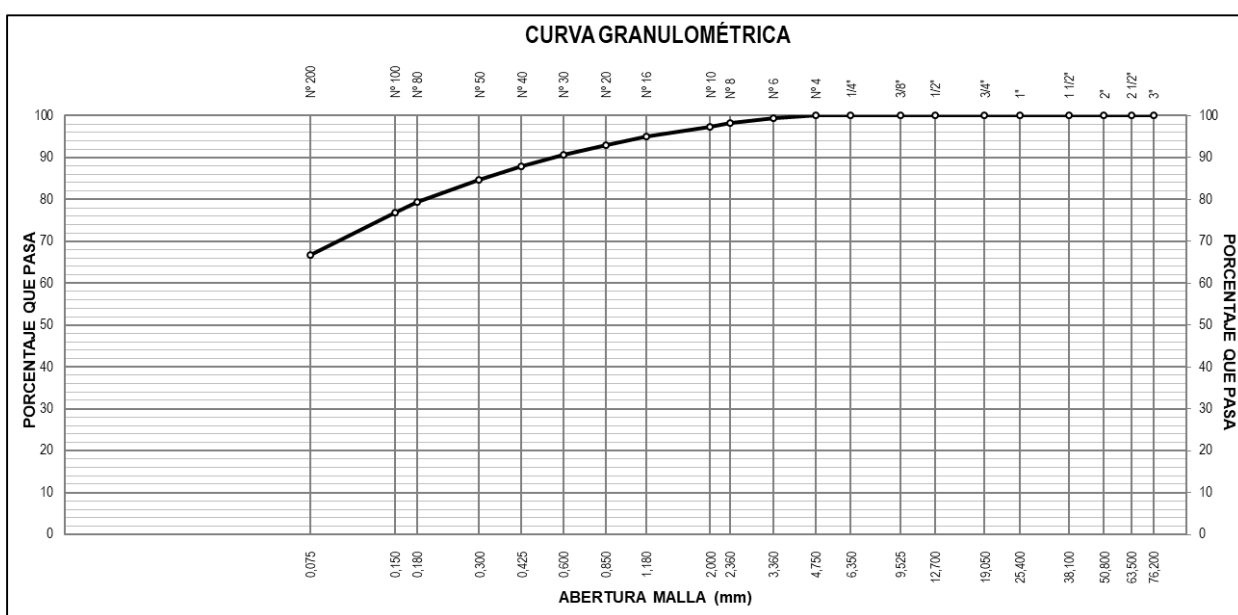


Tabla 8 Granulometría del suelo arcilloso de la sub rasante

| ASTM D 422 MTC E 107 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | | |
|--------------------------------|----------------|--|------------------------|----------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
| MALLAS | | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | | | |
| 3" | 76.200 | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | |
| 2" | 50.800 | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | |
| 1" | 25.400 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | |
| Nº 4 | 4.750 | | | 100.0 |
| Nº 6 | 3.360 | 0.7 | 0.7 | 99.3 |
| Nº 8 | 2.360 | 1.2 | 1.8 | 98.2 |
| Nº 10 | 2.000 | 0.7 | 2.6 | 97.4 |
| Nº 16 | 1.180 | 2.4 | 5.0 | 95.0 |
| Nº 20 | 0.850 | 2.1 | 7.1 | 92.9 |
| Nº 30 | 0.600 | 2.3 | 9.4 | 90.6 |
| Nº 40 | 0.425 | 2.8 | 12.2 | 87.8 |
| Nº 50 | 0.300 | 3.1 | 15.3 | 84.7 |
| Nº 80 | 0.180 | 5.4 | 20.7 | 79.3 |
| Nº 100 | 0.150 | 2.4 | 23.1 | 76.9 |
| Nº 200 | 0.075 | 10.2 | 33.3 | 66.7 |
| <Nº200 | ASTM D 1140:00 | 66.7 | 100.0 | |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" | |
| Grava (Ret. Nº4) | : 0.0 % |
| Arena | : 33.3 % |
| Fino (Pas. Nº200) | : 66.7 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (L.L) | : 28 % |
| Límite Plástico (L.P) | : 14 % |
| Índice Plástico (I.P) | : 14 % |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO) | |
| A-6 (7) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) | |
| CL | |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 14.9 % |
| OBSERVACIONES: | |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante. | |
| - Ensayo efectuado al suelo natural. | |

Tabla 9 Curva Granulométría del suelo arcilloso de la sub rasante



Con la granulometría mostrada en la tabla N°8 se puede observar de que corresponde a una clasificación AASHTO = A-6(7); SUCS = CL; Descripción = Arcilla de Baja Plasticidad

De la misma manera se procedió a realizar la granulometría a cada una de las mezclas (94% de suelo – 6% de Granalla; 92% de suelo – 8% de Granalla; 90% de suelo – 10% de Granalla), dando la siguiente granulometría.

Tabla 10 Granulometría de la mezcla 1 (94% de suelo – 6% de Granalla)

| ASTM D 422 MTC E 107 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | | |
|--------------------------------|-----------------------|--|------------------------|----------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
| MALLAS | | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | | | |
| 3" | 76.200 | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | |
| 2" | 50.800 | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | |
| 1" | 25.400 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | 100.0 |
| N° 6 | 3.360 | 0.8 | 0.8 | 99.2 |
| N° 8 | 2.360 | 1.9 | 2.7 | 97.3 |
| N° 10 | 2.000 | 1.5 | 4.2 | 95.8 |
| N° 16 | 1.180 | 5.4 | 9.6 | 90.4 |
| N° 20 | 0.850 | 2.8 | 12.4 | 87.6 |
| N° 30 | 0.600 | 2.3 | 14.8 | 85.2 |
| N° 40 | 0.425 | 2.7 | 17.4 | 82.6 |
| N° 50 | 0.300 | 2.9 | 20.3 | 79.7 |
| N° 80 | 0.180 | 5.1 | 25.4 | 74.6 |
| N° 100 | 0.150 | 2.3 | 27.7 | 72.3 |
| N° 200 | 0.075 | 9.6 | 37.3 | 62.7 |
| <N°200 | ASTM D 1140:00 | 62.7 | 100.0 | |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" | |
| Grava (Ret N°4) | : 0.0 % |
| Arena | : 37.3 % |
| Fino (Pas. N°200) | : 62.7 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (L.L.) | : 28 % |
| Límite Plástico (L.P.) | : 14 % |
| Índice Plástico (I.P.) | : 14 % |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO) | |
| A-6 (6) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) | |
| CL | |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 14.9 % |
| OBSERVACIONES: | |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante. | |
| - Ensayo efectuado al suelo natural. | |

Tabla 11 Curva granulométrica de la mezcla 1 (94% de suelo – 6% de Granalla)

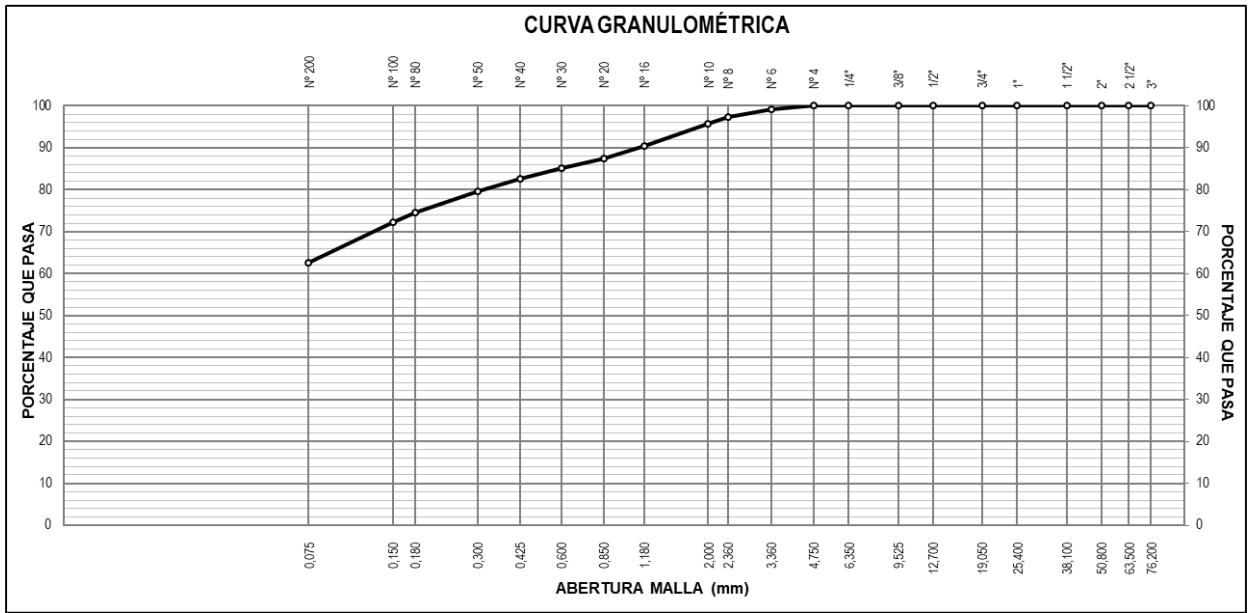


Tabla 12 Granulometría de la mezcla 2 (92% de suelo – 8% de Granalla)

| ASTM D 422 MTC E 107 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | | |
|-------------------------|-------------------------|--|------------------------|----------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
| SERIE AMERICANA | MALLAS ABERTURA (mm) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| 3" | 76.200 | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | |
| 2" | 50.800 | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | |
| 1" | 25.400 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | 100.0 |
| N° 6 | 3.360 | 0.8 | 0.8 | 99.2 |
| N° 8 | 2.360 | 2.2 | 3.0 | 97.0 |
| N° 10 | 2.000 | 1.7 | 4.7 | 95.3 |
| N° 16 | 1.180 | 6.4 | 11.1 | 88.9 |
| N° 20 | 0.850 | 3.0 | 14.2 | 85.8 |
| N° 30 | 0.600 | 2.5 | 16.6 | 83.4 |
| N° 40 | 0.425 | 2.6 | 19.2 | 80.8 |
| N° 50 | 0.300 | 2.8 | 22.0 | 78.0 |
| N° 80 | 0.180 | 5.0 | 27.0 | 73.0 |
| N° 100 | 0.150 | 2.2 | 29.2 | 70.8 |
| N° 200 | 0.075 | 9.3 | 38.6 | 61.4 |
| <N° 200 | ASTM D 1140:00 | 61.4 | 100.0 | |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" | |
| Grava (Ret. N°4) | : 0.0 % |
| Arena | : 38.6 % |
| Fino (Pas. N°200) | : 61.4 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (L.L) | : 28 % |
| Límite Plástico (L.P) | : 14 % |
| Índice Plástico (I.P) | : 14 % |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO) | |
| A-6 (6) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) | |
| CL | |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 14.9 % |
| OBSERVACIONES: | |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante. | |
| - Ensayo efectuado al suelo natural. | |

Tabla 13 Curva granulometría de la mezcla 2 (92% de suelo – 8% de Granalla)

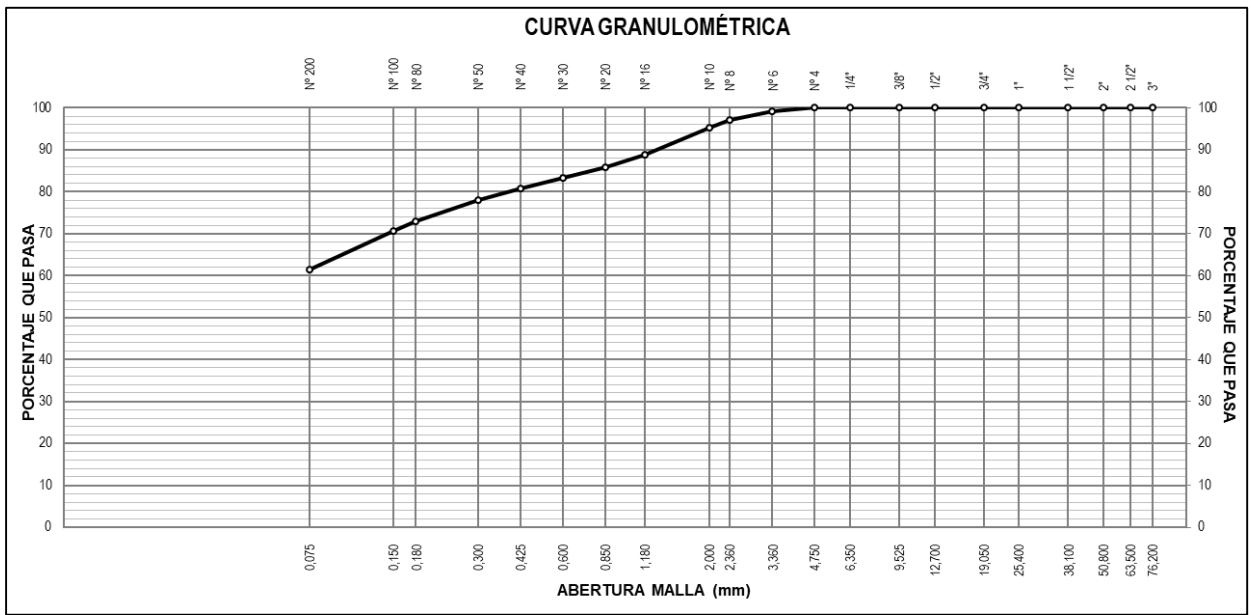


Tabla 14 Granulometría de la mezcla 3 (90% de suelo – 10% de Granalla)

| ASTM D 422 MTC E 107 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | | |
|--------------------------------|----------------|--|------------------------|----------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
| MALLAS | | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | | | |
| 3" | 76.200 | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | |
| 2" | 50.800 | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | |
| 1" | 25.400 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | 100.0 |
| N° 6 | 3.360 | 0.9 | 0.9 | 99.1 |
| N° 8 | 2.360 | 2.4 | 3.3 | 96.7 |
| N° 10 | 2.000 | 2.0 | 5.3 | 94.7 |
| N° 16 | 1.180 | 7.4 | 12.7 | 87.3 |
| N° 20 | 0.850 | 3.3 | 16.0 | 84.0 |
| N° 30 | 0.600 | 2.4 | 18.4 | 81.6 |
| N° 40 | 0.425 | 2.6 | 20.9 | 79.1 |
| N° 50 | 0.300 | 2.8 | 23.7 | 76.3 |
| N° 80 | 0.180 | 4.9 | 28.6 | 71.4 |
| N° 100 | 0.150 | 2.2 | 30.8 | 69.2 |
| N° 200 | 0.075 | 9.2 | 40.0 | 60.0 |
| <N°200 | ASTM D 1140:00 | 60.0 | 100.0 | |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" | |
| Grava (Ret. N°4) | : 0.0 % |
| Arena | : 40.0 % |
| Fino (Pas. N°200) | : 60.0 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (L.L) | : 28 % |
| Límite Plástico (L.P) | : 14 % |
| Índice Plástico (I.P) | : 14 % |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO) | |
| A-6 (5) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) | |
| CL | |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 14.9 % |
| OBSERVACIONES: | |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante. | |
| - Ensayo efectuado al suelo natural. | |

Tabla 15 Curva granulométría de la mezcla 2 (90% de suelo – 10% de Granalla)

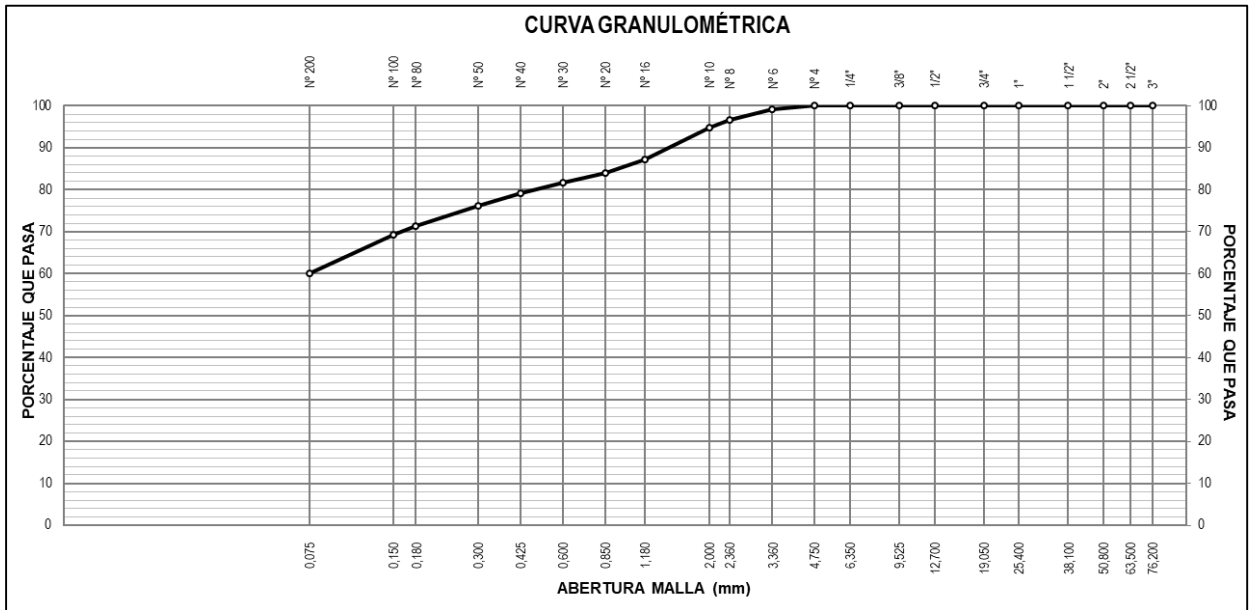
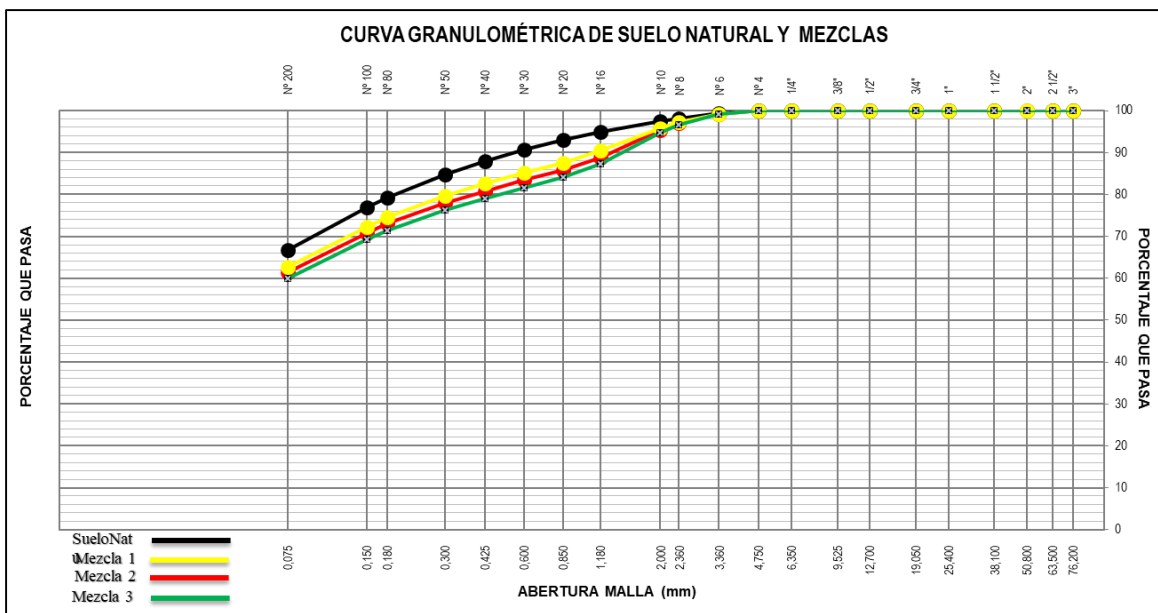


Tabla 16 Curva granulométría del suelo de la sub rasante y las mezclas 1, 2 y 3



3.1.3 Contenido de Humedad

También se precedió a calcular el contenido de humedad natural de la muestra de la sub rasante, más no de la Granalla dado que este material inerte no contenía humedad en la muestra que obtuvimos.

Tabla 17 contenido de humedad natural de la muestra de la sub rasante

| ASTM D 2216 MTC E 108 | | DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO | |
|----------------------------------|-----|--|-------|
| DENOMINACIÓN | | CONTENIDO DE HUMEDAD | |
| | | E - 1 | E - 2 |
| Cápsula N° | | 331.0 | 148.0 |
| Peso cápsula + suelo húmedo | (g) | 347.8 | 380.6 |
| Peso cápsula + suelo seco | (g) | 312.1 | 348.2 |
| Peso del Agua | (g) | 35.7 | 32.4 |
| Peso de la cápsula | (g) | 69.5 | 133.7 |
| Peso del suelo seco | (g) | 242.6 | 214.5 |
| Contenido de Humedad | (%) | 14.7 | 15.1 |
| Contenido de Humedad (RESULTADO) | (%) | 14.9 | |

Ilustración 23 Peso de la muestra con humedad natural



Ilustración 24 Secado en el Horno para luego ser pesado seco



3.1.4 Índice de Plasticidad

Para poder certificar si el suelo obtenido de la muestra pertenece a una arcilla o limo, se procederá a ensayar el límite líquido y Plástico, en el caso de la granalla no se podrá hacer este ensayo puesto que la granalla queda retenida entre la maya N°30 y N°40, y para realizar el ensayo se realiza con la pasante de la malla N°40.

Tabla 18 Índice de Plasticidad

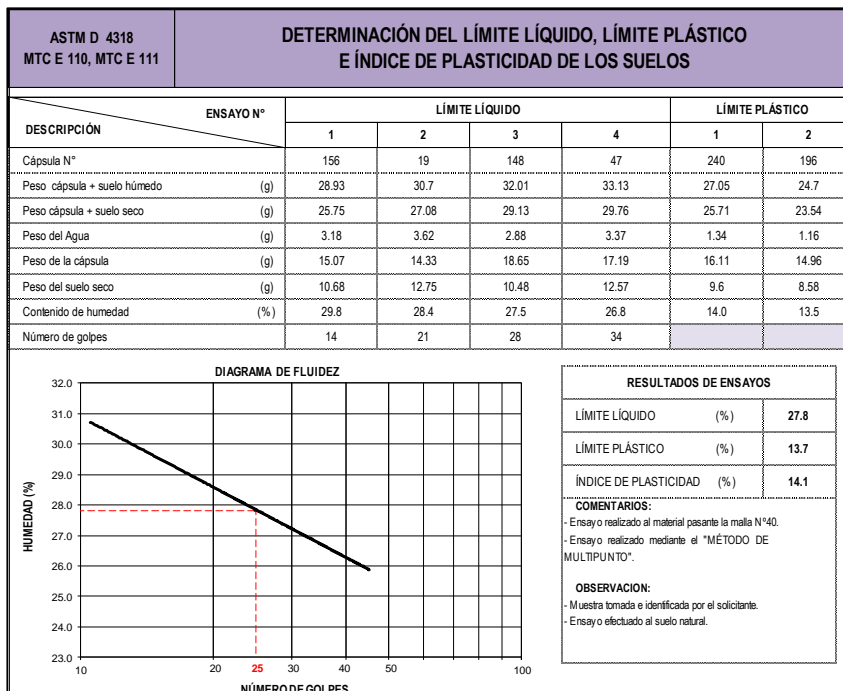


Ilustración 25 Instrumentos utilizados para Límites de Attemberg

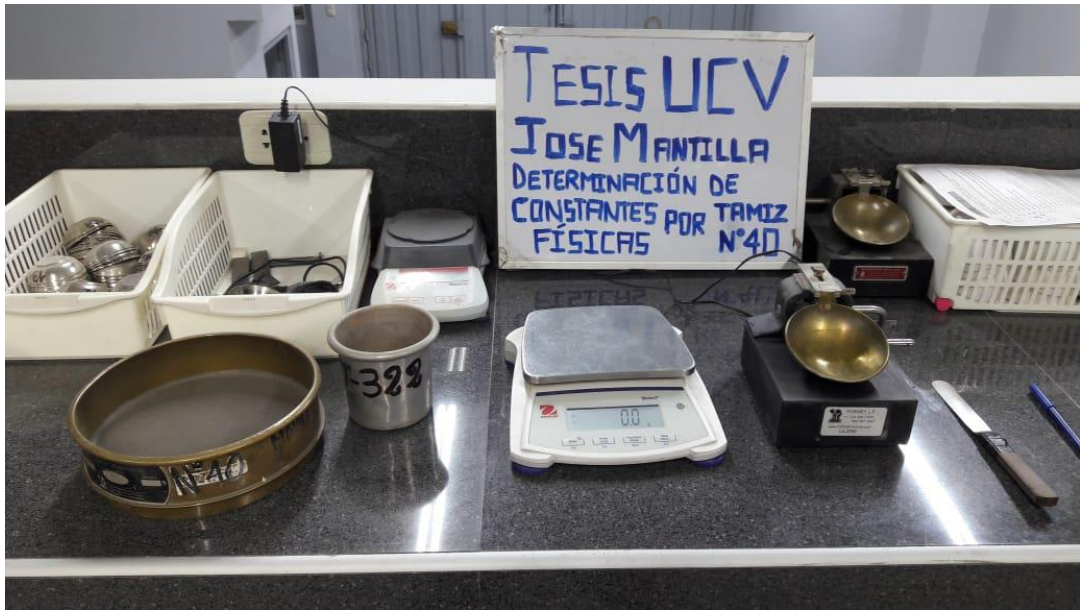


Ilustración 26 Copa Casa Grande



3.1.5 Máxima densidad seca y Optimo Contenido de Humedad

En este ensayo denominado Proctor se obtuvo el óptimo contenido de humedad tanto del terreno de la sub rasante como de las mezclas, rigiéndonos a la norma del manual de ensayos de materiales MTC. 2016, se procedió obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 19 Proctor del suelo arcilloso del terreno natural de la sub rasante

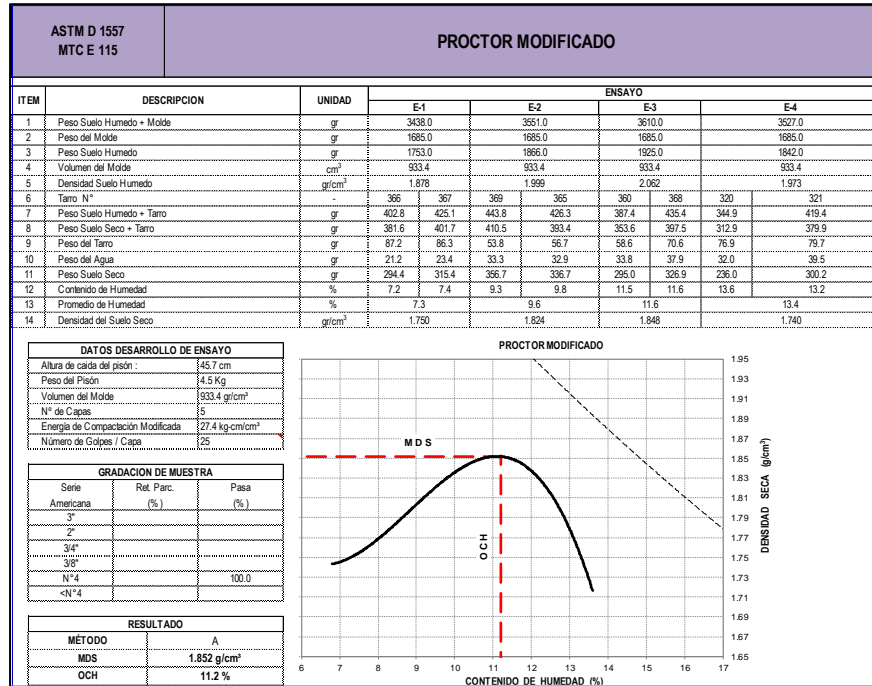


Tabla 20 Proctor modificado de la Mezcla 1 (94% de suelo – 6% de Granalla)

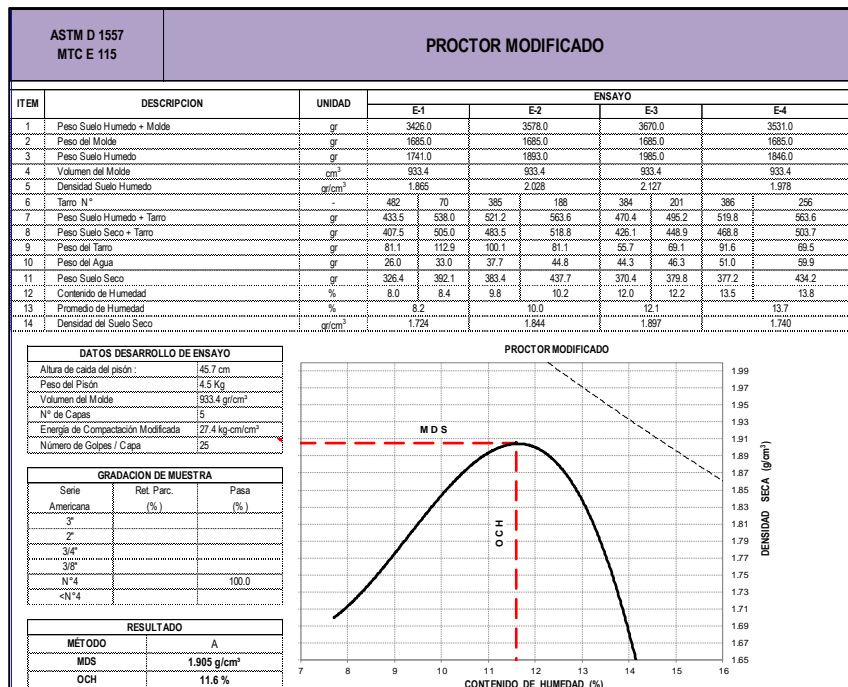


Tabla 21 Proctor modificado de la Mezcla 2 (92% de suelo – 8% de Granalla)

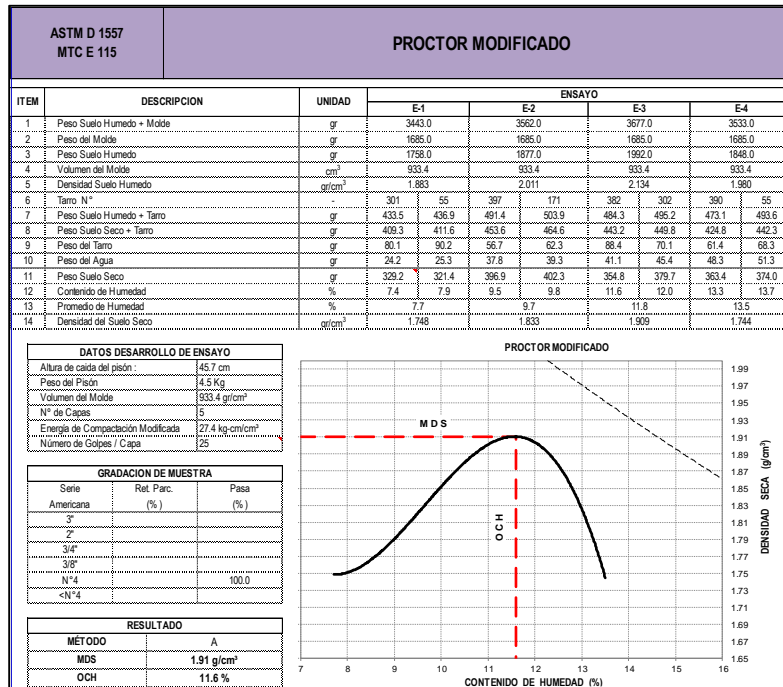


Tabla 22 Proctor modificado de la Mezcla 3 (90% de suelo – 10% de Granalla)

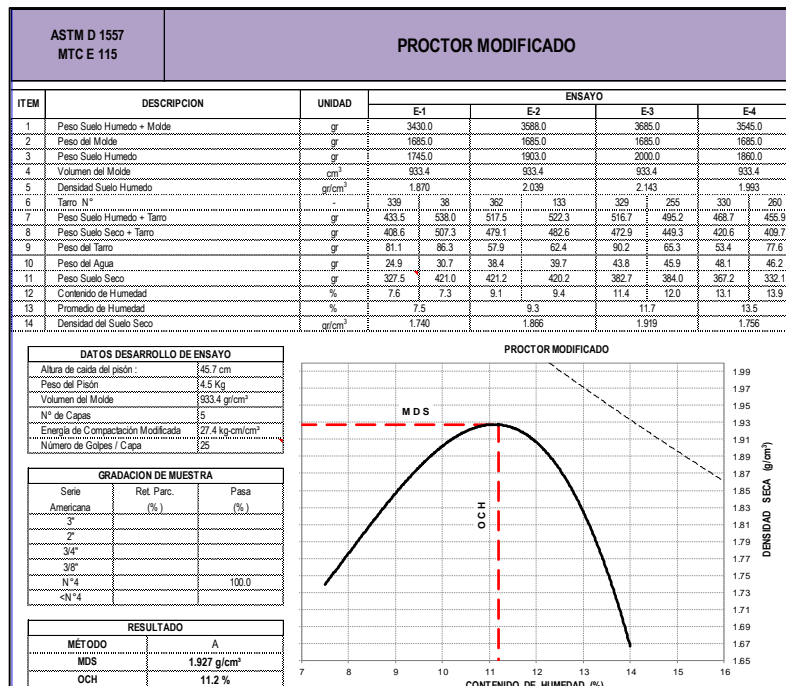


Ilustración 27 Ensayo de Proctor



Ilustración 28 Retirando el Molde del Proctor



Ilustración 29 Mezcla para Proctor



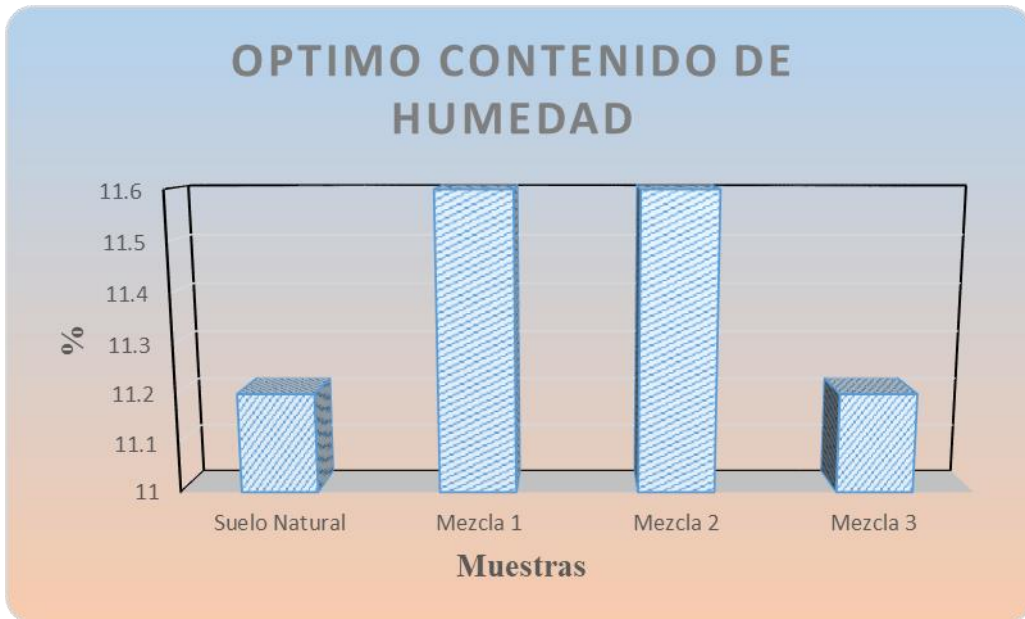
Ilustración 30 Molde de Proctor con la Mezcla



Tabla 23 Cuadro de barras comparativo de las Máximas densidades



Tabla 24 Cuadro de Barras comparativo de Optimo contenido de humedad



3.1.6 Capacidad de soporte relativo CBR

Este ensayo consiste en elaborar tres moldes por cada muestra donde se utilizara el óptimo contenido de humedad y se procederá con 12, 25 y 52 golpes, luego dichos moldes se procederán a sumergir en agua 96 horas donde se medirá la expansión del material así como luego se procederá a penetrar en la prensa CBR. Este ensayo se realizó para la muestra natural y para las mezclas, es de este ensayo que se podrá determinar si la capacidad de soporte aumenta pasando el 6% de CBR que es lo que solicita la norma para poder ser utilizada como sub rasante.

Tabla 25 CBR muestra obtenida de la sub rasante Km 39+010

| ASTM D 1883 MTC E 132 | | CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA | | | | EXPANSION | | | | | | |
| Pasante Tamiz 2" | 100.0% | Clasif. SUCS | CL | Horas | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| Pasante Tamiz 3/4" | 100.0% | Clasif. AASTHO | A-6 (7) | 00:00:00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Pasante Tamiz 3/8" | 100.0% | Método utilizado | "C" | 24:00:00 | 0.055 | 1.204 | 0.060 | 1.314 | 0.058 | 1.478 |
| Pasante Tamiz N°4 | 100.0% | Maxima densidad seca (g/cm ³) | 1.852 | 48:00:00 | 0.110 | 2.409 | 0.120 | 2.628 | 0.135 | 2.966 |
| Límite Líquido (%) | 27.8 | Óptimo contenido humedad (%) | 11.2 | 72:00:00 | 0.165 | 3.613 | 0.180 | 3.941 | 0.203 | 4.434 |
| Índice Plástico (%) | 14.1 | Expansion (%) | 4.82 | 96:00:00 | 0.220 | 4.817 | 0.240 | 5.255 | 0.270 | 5.912 |

| CBR | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 11.2 | 15.3 |
| 95% | 4.2 | 5.7 |

GRAFICA CBR

C.B.R. a 2.5 mm. y 5.0 mm. de PENETRACION

Tabla 26 CBR DE LA MEZCLA 1(94% de suelo – 6% de Granalla)

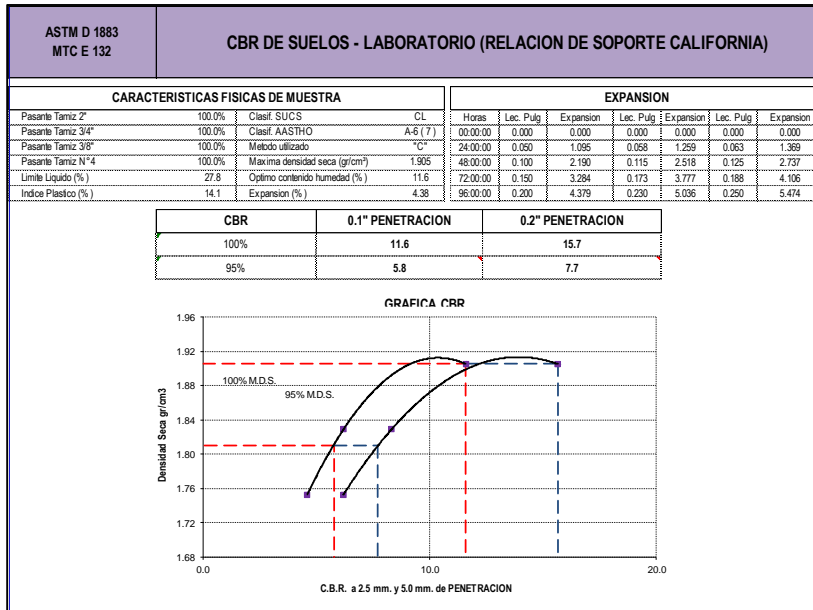


Tabla 27 CBR DE LA MEZCLA 2 (92% de suelo – 8% de Granalla)

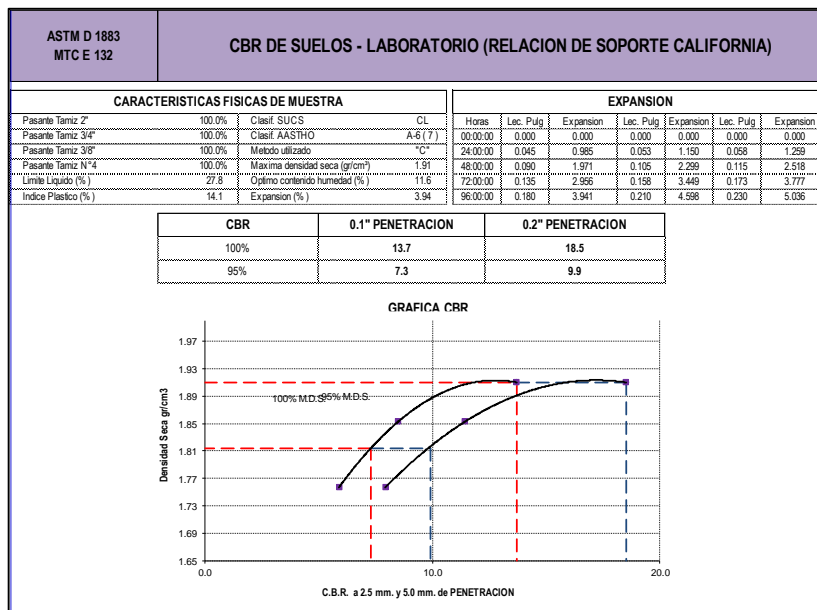


Tabla 28 CBR DE LA MEZCLA 3 (90% de suelo – 10% de Granalla)

| ASTM D 1883 MTC E 132 | | CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--|---------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA | | | | EXPANSION | | | | | | |
| Pasante Tamiz 2" | 100.0% | Clasif. SUCS | CL | Horas | Lev. Pulg. | Expansion | Lev. Pulg. | Expansion | Lev. Pulg. | Expansion |
| Pasante Tamiz 3/4" | 100.0% | Clasif. AASTHO | A-6 (7) | 00:00:00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Pasante Tamiz 3/8" | 100.0% | Método utilizado | "C" | 24:00:00 | 0.040 | 0.676 | 0.048 | 1.040 | 0.055 | 1.204 |
| Pasante Tamiz N°4 | 100.0% | Maxima densidad seca (gr/cm ³) | 1.927 | 48:00:00 | 0.080 | 1.752 | 0.095 | 2.080 | 0.110 | 2.420 |
| Limite Líquido (%) | 27.8 | Optimo contenido humedad (%) | 11.2 | 72:00:00 | 0.120 | 2.628 | 0.143 | 3.120 | 0.165 | 3.615 |
| Indice Plastico (%) | 14.1 | Expansion (%) | 3.50 | 96:00:00 | 0.160 | 3.503 | 0.190 | 4.160 | 0.220 | 4.817 |

| CBR | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 15.9 | 21.5 |
| 95% | 8.3 | 11.2 |

GRAFICA CBR

C.B.R. a 2.5 mm. y 5.0 mm. de PENETRACION

Ilustración 31 Moldes para ensayo CBR



Ilustración 32 Mesclas de suelo arcilloso – granalla mineral



Ilustración 33 Moldes CBR sumergidos por 96 horas y medición de la expansión



Ilustración 34 Penetrando el molde en la prensa CBR



Ilustración 35 Huella de la penetración del Molde CBR



Tabla 29 Cuadro de barras comparativo de CBR



IV. DISCUSIÓN

Discusión N° 1

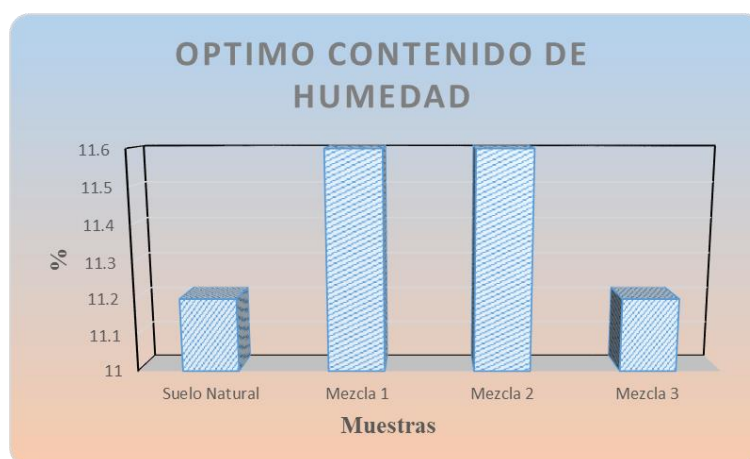
Objetivo General: Evaluar la incidencia de la incorporación de la Granalla Metálica, en las propiedades del suelo arcilloso en la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

Cuadros menciona en su trabajo, La estabilización química con Óxido de calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, reduciendo el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, Por mi parte en los límites de Atterberg determinado para este suelo, empleando el material del suelo pasante por el Tamiz número 40. Se determinó que por medio de la copa Casagrande en el ensayo de limite liquido se obtuvo un resultado de 27.8% a 25 golpes; en la determinación del límite plástico se obtuvo un resultado de 13.7%. Por lo que el resultado del índice de plasticidad fue de 14.1%. Según la clasificación de suelos por el S.U.C.S resulto como un tipo de suelo de arcilla de baja plasticidad en nomenclatura “CL”. Con respecto al material mejorador del suelo de subrasante, “Granalla” cuenta con una gradación distribuida pasante el tamiz número 4 y retenido en el tamiz número 40, por lo que la combinación en función a reducir la plasticidad en el suelo natural de subrasante no es convincente en influencia a mejoría, debido a que no se obtendría muestra representativa de la combinación física del suelo mejorado para realizar la determinación de los límites de Atterberg. Dado este caso se recurre a la combinación física de ambos materiales, optando una mejoría a la gradación del suelo natural en proporciones de suelo natural – granalla de 94% – 6%, 92% - 8% y 90% - 10%; reduciendo en magnitudes a considerar el material pasante por el tamiz número 200 de 66.7% de natural a 60.0% en la combinación aumentando así la gradación de las arenas en el suelo natural de subrasante. Siendo este el resultado más favorable con la proporción de 90% suelo - 10% granalla.

Discusión N° 2

Objetivo Específico 1: Evaluar la influencia de la dosificación de la Granalla Metálica, sobre la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que tiene la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

Ortega en el 2015 quien también ensayo con granalla mineral dijo: La curva del Proctor sufre un aplanamiento y luego aumenta la densidad máxima seca, disminuyendo la humedad necesaria para conseguirla, con lo cual coincido según mis resultados que se muestran en los siguientes gráficos, donde la mezcla 1 y 2 se mantienen iguales para luego en la muestra tres ver como aumenta la densidad disminuyendo el contenido de humedad.



Discusión N° 3

Objetivo Específico 2: Evaluar la influencia de la incorporación de la Granalla

Metálica sobre el valor de soporte del suelo que tiene de la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

Ortega en el 2015 también dijo que los resultados obtenidos pueden considerarse excelentes, la estabilización del suelo con pequeñas proporciones de escoria (5%) estabiliza el suelo con un CBR de 13.2%, con lo cual no comparto dicha expectativa dado que mis resultados fueron buenos pero no tan alentadores como le fue a Ortega, como se puede mostrar en el gráfico con 8% de escoria y 92% de suelo recién obtuve un valor por encima del 6% aceptado por la norma para una sub rasante que se pueda trabajar. En el resultado al 95% de la MDS se determinó un valor de CBR de 7.3% y 9.9% a 0.1” y 0.2” respectivamente. Siendo el valor de CBR de diseño de 7.3% con una expansión a 96 horas de inmersión del molde compactado en 5 capas a 56 golpes cada una de 3.941%, en el cual se observa la reducción favorable de la expansión del suelo.



Discusión N° 4

Objetivo Específico 3: Evaluar la proporción Granalla Metálica - suelo arcilloso para obtener un valor soporte del suelo, favorable para la sub rasante en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010.

Espejel y Villalobos (2017) hablaban de porcentajes menores al 30% no eran nocivos para

el medio ambiente, y Ortega mencionaba como única dosificación 5% pero considero que no determinaron la dosificación más favorable, la misma que tendría que ser la menor cantidad de estabilizador para obtener el resultado requerido, CBR mayor al 6%, yo considero que el porcentaje más favorable sería el de 8% de escoria y 92% de arcilla, Empleando las proporciones en estudio con 92% suelos y 8% granalla se obtuvo una MDS del ensayo Proctor modificado de 1.910 con un OCH de 11.6%, en este caso el Optimo contenido de humedad se mantiene como en la proporción anterior generando de igual forma un aumento en la MDS. En el ensayo CBR se obtuvo un valor significativo de aumento al 100% de la MDS de 13.7% y 18.5% a 0.1” y 0.2” respectivamente. En el resultado al 95% de la MDS se determinó un valor de CBR de 7.3% y 9.9% a 0.1” y 0.2” respectivamente. Siendo el valor de CBR de diseño de 7.3% con una expansión a 96 horas de inmersión del molde compactado en 5 capas a 56 golpes cada una de 3.941%, en el cual se observa la reducción favorable de la expansión del suelo.

V. CONCLUSIONES

1. En el presente proyecto de investigación se tiene en estudio un suelo de características físicas no uniforme ni aceptables, según el ensayo de análisis granulométrico para esta muestra de suelo se obtuvo un 0.0% de gravas, un 33.3% de arenas y un 66.7% de finos considerados arcillas o limos. La parte de finos del suelo fue determinada por medio del ensayo de determinación del material más fino de un suelo que el tamiz número 200 por lavado.
2. Por otra parte en los límites de Atterberg determinado para este suelo, empleando el material del suelo pasante por el Tamiz número 40. Se determinó que por medio de la copa Casagrande en el ensayo de limite liquido se obtuvo un resultado de 27.8% a 25 golpes; en la determinación del límite plástico se obtuvo un resultado de 13.7%. Por lo que el resultado del índice de plasticidad fue de 14.1%. Según la clasificación de suelos por el S.U.C.S resulto como un tipo de suelo de arcilla de baja plasticidad en nomenclatura "CL".
3. En respecto al material mejorador del suelo de subrasante, "Granalla" cuenta con una gradación distribuida pasante el tamiz número 4 y retenido en el tamiz número 40, por lo que la combinación en función a reducir la plasticidad en el suelo natural de subrasante no es convincente en influencia a mejoría, debido a que no se obtendría muestra representativa de la combinación física del suelo mejorado para realizar la determinación de los límites de Atterberg. Dado este caso se recurre a la combinación física de ambos materiales, optando una mejoría a la gradación del suelo natural en proporciones de suelo natural – granalla de 94% – 6%, 92% - 8% y 90% - 10%; reduciendo en magnitudes a considerar el material pasante por el tamiz número 200 de 66.7% de natural a 60.0% en la combinación aumentando así la gradación de las arenas en el suelo natural de subrasante. Siendo este el resultado más favorable con la proporción de 90% suelo - 10% granalla.
4. Empleando las proporciones en estudio con 90% suelos y 10% granalla se obtuvo una MDS del ensayo Proctor modificado de 1.927 con un OCH de 11.2%, en este

caso el Optimo contenido de humedad se reduce volviendo al origen del suelo natural generando esta vez un aumento ya considerable en la MDS. En el ensayo CBR se obtuvo un valor significativo de aumento al 100% de la MDS de 15.9% y 21.5% a 0.1” y 0.2” respectivamente. En el resultado al 95% de la MDS se determinó un valor de CBR de 8.3% y 11.2% a 0.1” y 0.2” respectivamente. Siendo el valor de CBR de diseño de 8.3% con una expansión a 96 horas de inmersión del molde compactado en 5 capas a 56 golpes cada una de 3.503%, en el cual se observa la reducción considerable de la expansión del suelo natural de subrasante. Siendo esta combinación física las más óptima para el uso de este suelo mejorado en vías de transporte como subrasante satisfaciendo la resistencia mínima del 6% del CBR al 95% de la MDS.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la incorporación de granalla en el suelo en estudio resulta ser efectiva mejorando progresivamente en la resistencia del suelo demostrado mediante el ensayo CBR y la determinación de su Máxima Densidad Seca por medio del ensayo Proctor Modificado.
2. Se recomienda que a mayor proporción de incorporación de la granalla lo cual aumentara la resistencia y reducción del material más fino de la composición del suelo que produce mayor expansión en condiciones naturales del suelo de subrasante.
3. Se recomienda el empleo de las proporciones 92% suelos y 8% granalla dado que se obtiene una MDS del ensayo Proctor modificado de 1.910 con un OCH de 11.6%, en este caso el Optimo contenido de humedad se mantiene como en la proporción anterior generando de igual forma un aumento en la MDS. En el ensayo CBR se obtuvo un valor significativo de aumento al 100% de la MDS de 13.7% y 18.5% a 0.1” y 0.2” respectivamente.
4. Se recomienda entablar acuerdos con las grandes fundiciones para que pueden transportar su escoria a zonas de la selva en las que se plantee construir vías

REFERENCIAS

- Alvarado. 1994.** *Manual de Metodología de la Investigación.* Mexico : Limusa, 1994.
- Ander egg, Ezequiel. 2002.** *Metodología y practica del desarrollo de la comunidad.* Argentina : Lumen, 2002.
- Arnua, J, Aguera, M.T. y Gomez, J. 1990.** *Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento.* Murcia : Universidad de Murcia, 1990.
- Avila, Hector. 2006.** *Introduccion a la investigacion empírica.* Mexico : Instituto Tecnológico de Cd Cuauhtémoc, 2006.
- Cabrera Hernandez, Hernando Augusto. 2018.** Caracterización del comportamiento del residuo de granalla de acero al ser incluido en elementos de concretos. Barranquilla : s.n., 2018.
- Carnero Chavez, Diomedes y Martos Chavez, Josef. 2019.** INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS GRANULARES DE LA VALVA DEL MOLUSCO BIVALVO EN EL CBR DE SUBRASANTES ARCILLOSAS DEL PUEBLO CHEPATE, DISTRITO DE CASCAS, LA LIBERTAD. Trujillo : s.n., 2019.
- Carrasco, Sergio. 2006.** *Metodología de la investigacion científica.* Lima : San Marcos, 2006.
- Crespo Villalaz, Carlos. 2005.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* Mexico : Limusa, 2005.
- Cuadros, Maria. 2017.** Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio. 2017.
- Cuipal, Chavez Betty. 2018.** Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante. lima : s.n., 2018.
- Darient, Figueroa Chavez Ilich y MAMANI QUINTO, CARLOS CLINTON. 2019.** Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales. Lima : s.n., 2019.
- Das, Braja. 2001.** *Fundamento de ingenieria .* Mexico : Thomson International, 2001.
- Ferrer, Jesus. 2010.** *Metodología de la Investigación.* 2010.
- García Gonzales, Anabelén. 2015.** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAL ESTRUCTURAL EN EL SUELO LIMO

- ARCILLOSO DEL SECTOR 14 MOLLEPAMPA DE CAJAMARCA. Cajamarca Perú : s.n., 2015.
- Garza, Jesus. 2005.** Analisis de la Granalla y su Impacto en la Generacion de poros en un preceso en laminacion en frio. Mexico : s.n., 2005.
- Heinemann, Klaus. 2003.** *Introducción a la metodología de la investigación empírica.* Barcelona : ISBN, 2003.
- Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. 2014.** *Metodologia de la Investigacion* . Mexico : MacGraw Hill, 2014.
- Humpiri, Huancoillo. 2017.** <http://repositorio.unap.edu.pe>. [En línea] 29 de 12 de 2017.
- Juares Badillo, Eulalio. 2005.** *Mecanica de Suelos.* Mexico : Limusa, 2005. Tomo I.
- Kerlinger, Fred. 1975.** *Investigacion del comportamiento.* California : Mc Graw, 1975.
- Kraemer, Carlos. 2004.** *Ingenieria de Carreteras.* Madrid : McGraw-Hill, 2004, 2004.
- Latorre, A. 2003.** *Bases de la Metodologia de la Investigacion.* Barcelos : s.n., 2003.
- Leiva Gonzalez, Roly Roberth. 2016.** <http://repositorio.uncp.edu.pe>. [En línea] 2016.
- Leon, Ofelio y Montero, Ignacio. 2013.** *Metodos de investigacion en Psicologia.* Caracas : s.n., 2013.
- Mendoza. 2012.** *Metodologia de la investigacion.* 2012.
- Montejo Fonseca, Alfonso. 2002.** *Ingenieria de Pavimentos.* Colombia : Agora, 2002.
- Montejo, Alonso. 2002.** *Ingenieria de Pavimentos 2.* Colombia : Agora, 2002.
- Morales, Zuluga Daniel. 2015.** *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas.* Medellin Colombia : s.n., 2015.
- Moreno, Catedra. 2013.** *Metodologia de la Investigacion.* Argentina : s.n., 2013.
- MTC. 2014.** *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos.* . LIMA : s.n., 2014.
- . **2016.** *Manual de Ensayo de Materiales.* Lima. 2016.
- Ortega Lopez, Vaneza. 2015.** APROVECHAMIENTO DE ESCORIAS BLANCAS (LFS) Y NEGRAS (EAFS) DE ACERÍA ELÉCTRICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y EN CAPAS DE FIRMES DE CAMINOS RURALES. 2015.
- Pérez Collante, Carolina. 2014.** Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada. Lima : s.n., 2014.
- Pierre Farfan, Raymundo. 2015.** Uso de conchas de abanico triturada para mejoramiento de sub rasante arenosa. Piura : s.n., 2015.

- Schiffman. 2001.** *Metodologia de Investigacion.* 2001.
- Tamayo, Mario. 2004.** *El proceso de la Investigacion Cientifica.* DF MEXICO : Limusa, 2004.
- Terrones. 2018.** Textura de Suelos. lima : s.n., 2018.
- Valderrama, Santiago. 2007.** *pasos para elaborar un proyecto de tesis de investigacion cientifica.* lima : San Marcos E.I.R.L, 2007.
- Villalobos Aragon, Alejandro y Espejel Garcia, Vanesa. 2017.** Uso y Reciclaje de Escoria de Alto Horno en Bases para Pavimento. Mexico : s.n., 2017.
- Yin, Robert. 2009.** *Desing and methods.* California : MacGraw Hill, 2009.

ANEXOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|---|---------------|---|
| PROYECTO | "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010." | | | | |
| AUTOR | José Antonio Mantilla Rodríguez | | | | |
| INFORMACIÓN GENERAL | | | | | |
| UBICACIÓN | DISTRITO | Tocache | ALTUTUD | 596 msnm | EXPERTO |
| | PROVINCIA | Tocache | LATITUD | 7°45'58.08"S | |
| | CIUDAD | San Martín | LONGITUD | 76°39'43.22"O | |
| DOSIFICACIÓN DE LA GRANALLA METÁLICA | | | | | |
| I | 6% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | 8% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | 10% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | | ✓ |
| | LÍMITES DE ATTERBERG | | | | |
| II | LÍMITE LIQUIDO al terreno natural y a la mezcla | LÍMITE PLÁSTICO al terreno natural y a la mezcla | INDICE DE PLASTICIDAD al terreno natural y a la mezcla | | ✓ |
| | PROCTOR MODIFICADO | | | | |
| III | al terreno natural y las mezclas | | | | ✓ |
| CBR | | | | | |
| IV | al terreno natural y las mezclas | | | | ✓ |
| APELLIDOS Y NOMBRES | | HUAMAN ANARCAYA LLOYD RICARDO | | | LLOYD RICARDO HUAMAN ANARCAYA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 176243 |
| DNI | | 44886621 | | | |
| E-MAIL | | lloydhuaman@gmail.com | | | |
| REGISTRO CIP No. | | 176243 | | | |
| TELÉFONO | | 995411827 | | | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | |
|---|---|---|---|---------------|---------|
| PROYECTO | "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010." | | | | |
| AUTOR | José Antonio Mantilla Rodríguez | | | | |
| INFORMACIÓN GENERAL | | | | | |
| UBICACIÓN | DISTRITO | Tocache | ALTUTUD | 596 msnm | EXPERTO |
| | PROVINCIA | Tocache | LATITUD | 7°45'58.08"S | |
| | CIUDAD | San Martín | LONGITUD | 76°39'43.22"O | |
| DOSIFICACIÓN DE LA GRANALLA METÁLICA | | | | | |
| I | 6% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | 8% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | 10% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | | ✓ |
| | | | | | |
| LÍMITES DE ATTERBERG | | | | | |
| II | LÍMITE LIQUIDO al terreno natural y a la mezcla | LÍMITE PLÁSTICO al terreno natural y a la mezcla | ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD al terreno natural y a la mezcla | | ✓ |
| | | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | | | | |
| III | al terreno natural y las mezclas | | | | ✓ |
| CBR | | | | | |
| IV | al terreno natural y las mezclas | | | | ✓ |
| APellidos y Nombres | | | | | |
| LUCES ALVA EDGAR ALBERTO | | | | | |
| DNI | 10799459 | | | | |
| E-MAIL | egarlu@gmail.com | | | | |
| REGISTRO CIP No. | 109029 | | | | |
| TELÉFONO | 943927504 | | | | |
| | |  EDGAR ALBERTO LUCES ALVA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 109029 | | | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|---------------|--|
| PROYECTO | "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010." | | | | |
| AUTOR | José Antonio Mantilla Rodríguez | | | | |
| INFORMACION GENERAL | | | | | |
| UBICACIÓN | DISTRITO | Tocache | ALTITUD | 596 msnm | EXPERTO |
| | PROVINCIA | Tocache | LATITUD | 7°45'58.08"S | |
| | CIUDAD | San Martin | LONGITUD | 76°39'43.22"O | |
| DOSIFICACIÓN DE LA GRANALLA METÁLICA | | | | | |
| I | 6% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | 8% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | 10% de Granalla Mineral al peso de la mezcla | | ✓ |
| | LÍMITES DE ATTERBERG | | | | |
| II | LÍMITE LIQUIDO al terreno natural y a la mezcla | LÍMITE PLASTICO al terreno natural y a la mezcla | ÍNDICE DE PLASTICIDAD al terreno natural y a la mezcla | | ✓ |
| | PROCTOR MODIFICADO | | | | |
| III | al terreno natural y las mezclas | | | | ✓ |
| CBR | | | | | |
| IV | al terreno natural y las mezclas | | | | ✓ |
| APELLIDOS Y NOMBRES | | CORNEJO MORGAN VICTOR ALEJANDRO | | | VICTOR ALEJANDRO CORNEJO MORGAN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 82101 |
| DNI | | 10346801 | | | |
| E-MAIL | | vcornejom@yahoo.com | | | |
| REGISTRO CIP No. | | 82101 | | | |
| TELÉFONO | | 997354816 | | | |

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

Ate, 09 de junio de 2019

CARTA N° 174 -2019/EP-I.C.- UCV-LIMA-ATE

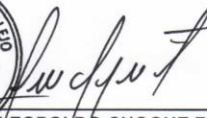
Señor.
JOSE ANTONIO MANTILLA RODRIGUEZ
Av. Daniel Alcides Carrión G14 SMP

Presente. -
De nuestra mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarla(o) cordialmente y comunicarle que tiene la autorización para el uso del laboratorio de Mecánica de suelos, para los ensayos: Humedad natural, Limite Liquido, Limite Plástico, Proctor Modificado, CBR, Pesos Unitarios, Análisis Granulométrico. Para el desarrollo del proyecto de investigación “Mejoramiento con Granalla mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache- Juanjui, Km. 36+010.”

Agradeciendo la atención que brinde a la presente me despido de usted deseándole mis mejores deseos.

Atentamente,



ATE **Mg. LEOPOLDO CHOQUE FLORES**
Coordinador Académico de la escuela de Ing. Civil
UCV – Filial Lima Campus Ate

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
 DIRECCIÓN : -
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjul, Km: 39+010."
 EXPEDIENTE N° : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

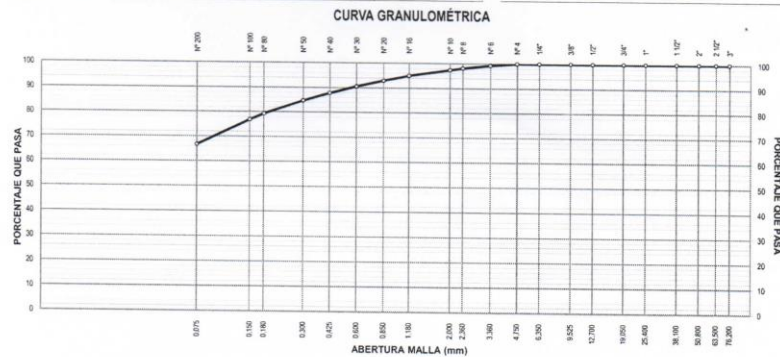
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Km 39+010
 DESCRIPCIÓN : Suelo de Sub Rasante
 PRESENTACION : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 30 kg.aprox.

| | |
|---------------------------------|---|
| ASTM D 422 MTC E 107 | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO |
|---------------------------------|---|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------|
| SERIE AMERICANA | MALLAS ABERTURA (mm) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| | 3" | | | |
| | 2 1/2" | | | |
| | 2" | | | |
| | 1 1/2" | | | |
| | 1" | | | |
| | 3/4" | | | |
| | 1/2" | | | |
| | 3/8" | | | |
| | 1/4" | | | |
| | N° 4 | | | 100.0 |
| | N° 6 | 0.7 | 0.7 | 99.3 |
| | N° 8 | 1.2 | 1.8 | 98.2 |
| | N° 10 | 2.0 | 2.6 | 97.4 |
| | N° 16 | 1.18 | 2.4 | 95.0 |
| | N° 20 | 0.85 | 2.1 | 92.9 |
| | N° 30 | 0.60 | 2.3 | 90.6 |
| | N° 40 | 0.425 | 2.8 | 87.8 |
| | N° 50 | 0.300 | 3.1 | 84.7 |
| | N° 80 | 0.180 | 5.4 | 79.3 |
| | N° 100 | 0.150 | 2.4 | 23.1 |
| | N° 200 | 0.075 | 10.2 | 33.3 |
| | <N°200 | ASTM D 1140-00 | 66.7 | 100.0 |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|--|----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos" | |
| Grava (Ret. N°4) | : 0.0 % |
| Arena | : 33.3 % |
| Fino (Pas. N°200) | : 66.7 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (L.L) | : 28 % |
| Límite Plástico (L.P) | : 14 % |
| Índice Plástico (I.P) | : 14 % |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO) | |
| A-6 (7) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) | |
| CL | |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 14.9 % |

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.



Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
 DIRECCIÓN : -
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km: 39+010."
 EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Km 39+010
 DESCRIPCIÓN : Suelo de Sub Rasante
 PRESENTACION : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 30 kg aprox.

| | |
|--------------------------|---|
| ASTM D 2216 MTC E 108 | DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO |
|--------------------------|---|

| DENOMINACIÓN | CONTENIDO DE HUMEDAD | |
|--------------------------------------|----------------------|-------|
| | E - 1 | E - 2 |
| Cápsula N° | 331.0 | 148.0 |
| Peso cápsula + suelo húmedo (g) | 347.8 | 380.6 |
| Peso cápsula + suelo seco (g) | 312.1 | 348.2 |
| Peso del Agua (g) | 35.7 | 32.4 |
| Peso de la cápsula (g) | 69.5 | 133.7 |
| Peso del suelo seco (g) | 242.6 | 214.5 |
| Contenido de Humedad (%) | 14.7 | 15.1 |
| Contenido de Humedad (RESULTADO) (%) | 14.9 | |

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

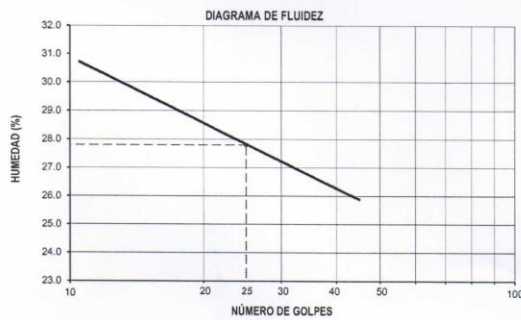
SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN : -
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km: 39+010."
 EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Km 39+010
 DESCRIPCIÓN : Suelo de Sub Rasante
 PRESENTACION : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 30 kg aprox.

| | |
|-------------------------------------|--|
| ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111 | DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS |
|-------------------------------------|--|

| DESCRIPCIÓN | ENSAYO N° | LÍMITE LÍQUIDO | | | | LÍMITE PLÁSTICO | |
|-----------------------------|-----------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| Cápsula N° | | 156 | 19 | 148 | 47 | 240 | 196 |
| Peso cápsula + suelo húmedo | (g) | 28.93 | 30.7 | 32.01 | 33.13 | 27.05 | 24.7 |
| Peso cápsula + suelo seco | (g) | 25.75 | 27.08 | 29.13 | 29.76 | 25.71 | 23.54 |
| Peso del Agua | (g) | 3.18 | 3.62 | 2.88 | 3.37 | 1.34 | 1.16 |
| Peso de la cápsula | (g) | 15.07 | 14.33 | 18.65 | 17.19 | 16.11 | 14.96 |
| Peso del suelo seco | (g) | 10.68 | 12.75 | 10.48 | 12.57 | 9.6 | 8.58 |
| Contenido de humedad | (%) | 29.8 | 28.4 | 27.5 | 26.8 | 14.0 | 13.5 |
| Número de golpes | | 14 | 21 | 28 | 34 | | |



| RESULTADOS DE ENSAYOS | | |
|--|-----|------|
| LÍMITE LÍQUIDO | (%) | 27.8 |
| LÍMITE PLÁSTICO | (%) | 13.7 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | (%) | 14.1 |
| COMENTARIOS: | | |
| - Ensayo realizado al material pasante la malla N°40. | | |
| - Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO". | | |
| OBSERVACION: | | |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante. | | |
| - Ensayo efectuado al suelo natural. | | |

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

 Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.


 Somos la universidad de los
 que quieren salir adelante.

ucv.edu.pe

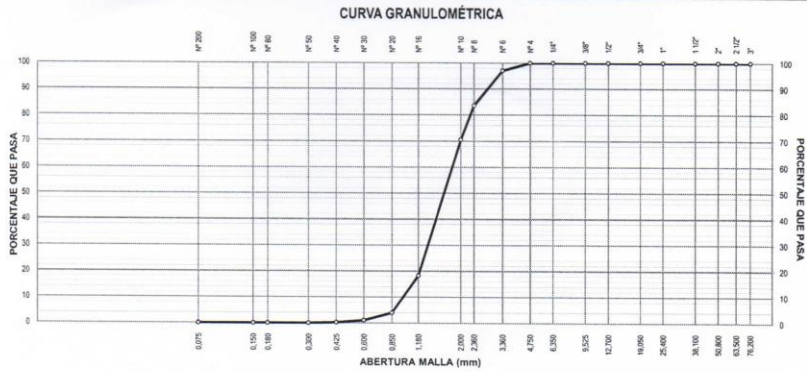
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Manilla Rodriguez
 DIRECCIÓN : -
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjuí, Km. 39+010."
 EXPEDIENTE N° : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Fundición La Oroya
 DESCRIPCIÓN : Granalla Mineral
 PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 20 kg aprox.

**ASTM D 422
MTC E 107** **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | CARACTERÍSTICAS GENERALES | | |
|-------------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------|--|
| SERIE AMERICANA | MALLAS | | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) | ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos" |
| | ABERTURA (mm) | RETENIDO PARCIAL (%) | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | Grava (Ret. N°4) : 0.0 % |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | Arena : 100.0 % |
| 2" | 50.800 | | | | | Fino (Pas. N°200) : 0.0 % |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" |
| 1" | 25.400 | | | | | Límite Líquido (LL) : NP |
| 3/4" | 19.050 | | | | | Límite Plástico (L.P) : NP |
| 1/2" | 12.700 | | | | | Índice Plástico (I.P) : NP |
| 3/8" | 9.525 | | | | | ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO) |
| 1/4" | 6.350 | | | | | A-1-b (0) |
| N° 4 | 4.750 | | | 100.0 | | ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) |
| N° 6 | 3.360 | 2.9 | 2.9 | 97.1 | | SP |
| N° 8 | 2.360 | 13.4 | 16.4 | 83.6 | | Arena pobremente graduada |
| N° 10 | 2.000 | 13.1 | 29.4 | 70.6 | | ASTM D 2216, "Contenido de humedad" |
| N° 16 | 1.180 | 52.3 | 81.7 | 18.3 | | Contenido de humedad : 0.0 % |
| N° 20 | 0.850 | 14.3 | 96.0 | 4.0 | | OBSERVACIONES: |
| N° 30 | 0.600 | 2.9 | 98.9 | 1.1 | | - Muestra tomada e identificada por el solicitante. |
| N° 40 | 0.425 | 0.8 | 99.7 | 0.3 | | - Ensayo efectuado al suelo natural. |
| N° 50 | 0.300 | 0.2 | 100.0 | 0.0 | | |
| N° 80 | 0.180 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | | |
| N° 100 | 0.150 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | | |
| N° 200 | 0.075 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | | |
| <N°200 | ASTM D 1140:00 | 0.0 | 100.0 | | | |



Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjuí, Km. 39+010,"

EXPEDIENTE N° : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 1
 DESCRIPCIÓN : 6% de Granalla y 94% Suelo Sub Rasante

PRESENTACION : -
 CANTIDAD : -

**ASTM D 422
MTC E 107** **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------|
| SERIE AMERICANA | MALLAS ABERTURA (mm) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | |
| 2" | 50.800 | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | |
| 1" | 25.400 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | 100.0 |
| N° 6 | 3.360 | 0.8 | 0.8 | 99.2 |
| N° 8 | 2.360 | 1.9 | 2.7 | 97.3 |
| N° 10 | 2.000 | 1.5 | 4.2 | 95.8 |
| N° 16 | 1.180 | 5.4 | 9.8 | 90.4 |
| N° 20 | 0.850 | 2.8 | 12.4 | 87.6 |
| N° 30 | 0.600 | 2.3 | 14.8 | 85.2 |
| N° 40 | 0.425 | 2.7 | 17.4 | 82.6 |
| N° 50 | 0.300 | 2.9 | 20.3 | 79.7 |
| N° 60 | 0.250 | 5.1 | 25.4 | 74.6 |
| N° 100 | 0.150 | 2.3 | 27.7 | 72.3 |
| N° 200 | 0.075 | 9.6 | 37.3 | 62.7 |
| <N° 200 | ASTM D 1140:00 | | 100.0 | |

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4) : 0.0 %
 Arena : 37.3 %
 Fino (Pas. N°200) : 62.7 %
ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg"

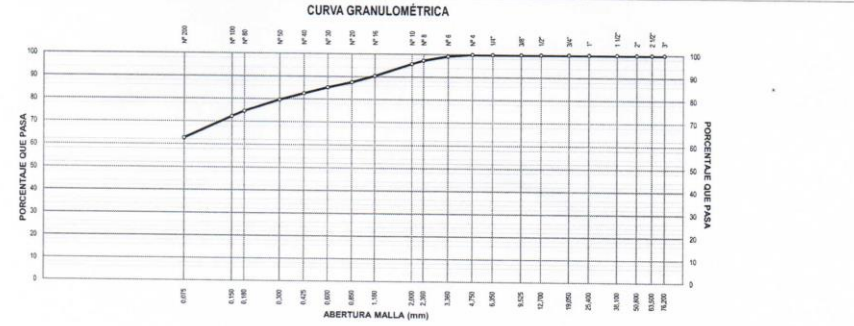
Límite Líquido (L.L) : 28 %
 Límite Plástico (L.P) : 14 %
 Índice Plástico (I.P) : 14 %

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transportes" (AASHTO)
A-6 (6)

ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)
CL

Arcilla arenosa de baja plasticidad
ASTM D 2216, "Contenido de humedad"
 Contenido de humedad : 14.9 %

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

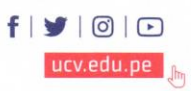


Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec: J.F.P.
Rev: B.C.S.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



INFORME DE ENSAYO

| | | | |
|-------------|--|-----------------|---|
| SOLICITANTE | : Jose Antonio Mantilla Rodriguez | EXPEDIENTE N° | : Desarrollo de Proyecto de Investigación |
| DIRECCIÓN | : | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 05 de Junio del 2019 |
| PROYECTO | : Mejoramiento con Gravelita Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km. 39+010. | UBICACIÓN | : UCV Sede ATE |

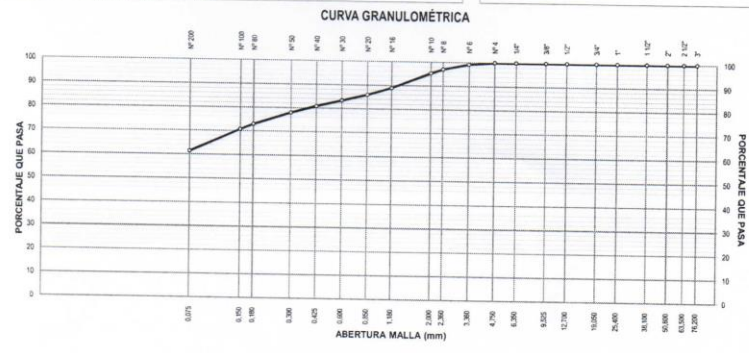
| | | | |
|--------------------------|---|--------------|-----|
| REFERENCIA DE LA MUESTRA | : | PRESENTACION | : - |
| IDENTIFICACION | : Mezcla 2 | CANTIDAD | : - |
| DESCRIPCIÓN | : 6% de Gravelita y 92% Suelo Sub Rasante | | |

| | |
|-------------------------|--|
| ASTM D 422 MTC E 107 | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO |
|-------------------------|--|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------|------|
| SERIE AMERICANA | MALLAS | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) | |
| | ABERTURA (mm) | | | | |
| | 3" | | | | |
| | 2 1/2" | | | | |
| | 2" | | | | |
| | 1 1/2" | | | | |
| | 1" | | | | |
| | 3/4" | | | | |
| | 1/2" | | | | |
| | 3/8" | | | | |
| | 1/4" | | | | |
| | N° 4 | | | | |
| | N° 6 | 0.8 | 0.8 | 100.0 | |
| | N° 8 | 2.2 | 3.0 | 99.2 | |
| | N° 10 | 1.7 | 4.7 | 95.3 | |
| | N° 16 | 6.4 | 11.1 | 88.9 | |
| | N° 20 | 0.850 | 14.2 | 85.8 | |
| | N° 30 | 0.600 | 16.6 | 83.4 | |
| | N° 40 | 0.425 | 2.6 | 19.2 | 80.8 |
| | N° 50 | 0.300 | 2.8 | 22.0 | 78.0 |
| | N° 60 | 0.250 | 5.0 | 27.0 | 73.0 |
| | N° 100 | 0.150 | 2.2 | 29.2 | 70.8 |
| | N° 200 | 0.075 | 9.3 | 38.6 | 61.4 |
| | <N°200 | ASTM D 1140-90 | 61.4 | 100.0 | |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|--|----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos" | |
| Grava (Ref. N°4) | : 0.0 % |
| Arena | : 38.6 % |
| Fino (Pas. N°200) | : 61.4 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (LL) | : 28 % |
| Límite Plástico (LP) | : 14 % |
| Índice Plástico (IP) | : 14 % |
| CL | |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO) A-6 (6) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) | |
| CL | |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 14.9 % |

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.



Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

 Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjuá, Km. 39+010."

EXPEDIENTE N° : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

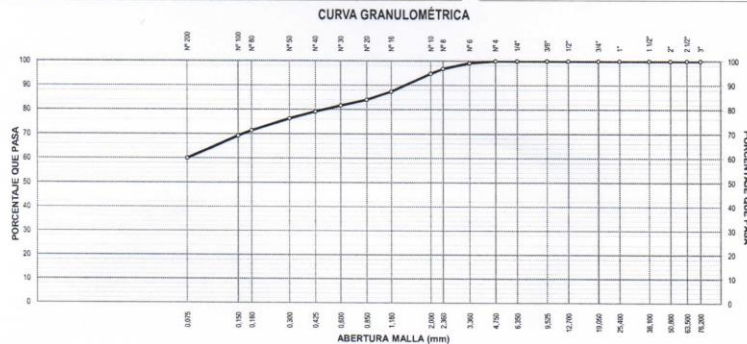
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 3
 DESCRIPCIÓN : 10% de Granalla y 90% Suelo Sub Rasante

PRESENTACIÓN : -
 CANTIDAD : -

| | |
|-------------------------|---|
| ASTM D 422 MTC E 107 | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO |
|-------------------------|---|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | |
|-------------------------|----------------|----------------------|------------------------|----------|
| MALLAS | | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | | | |
| 3" | 76.200 | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | |
| 2" | 50.800 | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | |
| 1" | 25.400 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | 100.0 |
| N° 6 | 3.360 | 0.9 | 0.9 | 99.1 |
| N° 8 | 2.360 | 2.4 | 3.3 | 96.7 |
| N° 10 | 2.000 | 2.0 | 5.3 | 94.7 |
| N° 16 | 1.180 | 7.4 | 12.7 | 87.3 |
| N° 20 | 0.850 | 3.3 | 16.0 | 84.0 |
| N° 30 | 0.600 | 2.4 | 18.4 | 81.6 |
| N° 40 | 0.425 | 2.6 | 20.9 | 79.1 |
| N° 50 | 0.300 | 2.8 | 23.7 | 76.3 |
| N° 80 | 0.180 | 4.9 | 28.6 | 71.4 |
| N° 100 | 0.150 | 2.2 | 30.8 | 69.2 |
| N° 200 | 0.075 | 9.2 | 40.0 | 60.0 |
| <N°200 | ASTM D 1140-00 | 60.0 | 100.0 | |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|--|----------|
| ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos" | |
| Grava (Ret. N°4) | : 0.0 % |
| Arena | : 40.0 % |
| Fino (Pas. N°200) | : 60.0 % |
| ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg" | |
| Límite Líquido (LL) | : 28 % |
| Límite Plástico (L.P) | : 14 % |
| Índice Plástico (I.P) | : 14 % |
| ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO) A-6 (5) | |
| ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) CL | |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad | |
| ASTM D 2216, "Contenido de humedad" | |
| Contenido de humedad | : 14.9 % |
| OBSERVACIONES: | |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante. | |
| - Ensayo efectuado al suelo natural. | |



Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

 Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

 Somos la universidad de los
 que quieren salir adelante.


INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 DIRECCIÓN : DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 PROYECTO : "Mejoramiento con Gravel Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjuí, Km. 39+010." UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Km 39+010 PRESENTACIÓN : 1 Bolsa de Polietileno
 DESCRIPCIÓN : Suelo de Sub Rasante CANTIDAD : 30 kg. aprox.

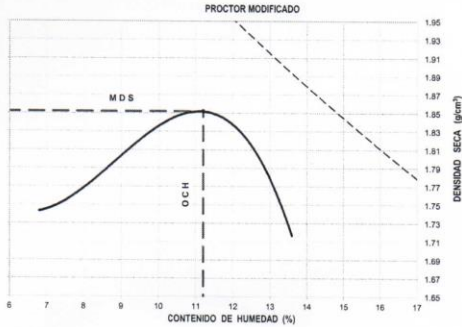
| | |
|--------------------------|---------------------------|
| ASTM D 1557 MTC E 115 | PROCTOR MODIFICADO |
|--------------------------|---------------------------|

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | ENSAYO | | | | | | | |
|------|---------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | | | | |
| 1 | Peso Suelo Humedo + Molde | gr | 3438.0 | 3551.0 | 3610.0 | 3527.0 | | | | |
| 2 | Peso del Molde | gr | 1685.0 | 1685.0 | 1685.0 | 1685.0 | | | | |
| 3 | Peso Suelo Humedo | gr | 1753.0 | 1866.0 | 1925.0 | 1842.0 | | | | |
| 4 | Volumen del Molde | cm ³ | 933.4 | 933.4 | 933.4 | 933.4 | | | | |
| 5 | Densidad Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1.878 | 1.999 | 2.062 | 1.973 | | | | |
| 6 | Tarro N° | | 369 | 367 | 369 | 365 | 360 | 368 | 320 | 321 |
| 7 | Peso Suelo Humedo + Tarro | gr | 402.8 | 425.1 | 443.8 | 425.3 | 387.4 | 435.4 | 344.9 | 419.4 |
| 8 | Peso Suelo Seco + Tarro | gr | 381.6 | 401.7 | 410.5 | 393.4 | 353.6 | 397.5 | 312.8 | 379.9 |
| 9 | Peso del Tarro | gr | 67.2 | 66.3 | 53.8 | 56.7 | 58.6 | 70.6 | 76.9 | 79.7 |
| 10 | Peso del Agua | gr | 21.2 | 23.4 | 33.3 | 32.9 | 33.8 | 37.9 | 32.0 | 39.5 |
| 11 | Peso Suelo Seco | gr | 294.4 | 315.4 | 356.7 | 336.7 | 295.0 | 326.9 | 236.0 | 300.2 |
| 12 | Contenido de Humedad | % | 7.2 | 7.4 | 9.3 | 9.8 | 11.5 | 11.6 | 13.6 | 13.2 |
| 13 | Promedio de Humedad | % | | | | | | | | |
| 14 | Densidad del Suelo Seco | gr/cm ³ | 1.750 | 1.924 | 1.848 | 1.740 | | | | |

| DATOS DESARROLLO DE ENSAYO | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Altura de caída del pistón | 45.7 cm |
| Peso del Pistón | 4.5 Kg |
| Volumen del Molde | 933.4 gr/cm ³ |
| N° de Capas | 5 |
| Energía de Compactación Modificada | 27.4 kg-cm/cm ² |
| Número de Golpes / Capa | 25 |

| GRADACION DE MUESTRA | | |
|----------------------|----------------|----------|
| Serie Americana | Ret. Parc. (%) | Pasa (%) |
| 3" | | |
| 2" | | |
| 3/4" | | |
| 3/8" | | 100.0 |
| N°4 | | |
| <N°4 | | |

| RESULTADO | |
|-----------|-------------------------|
| MÉTODO | A |
| MDS | 1.852 g/cm ³ |
| OCH | 11.2 % |



DATO: - M.D.S. = Máxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES: - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocacha - Juanjuí, Km. 39+010." EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 1
 DESCRIPCIÓN : 6% de Granalla y 94% Suelo Sub Rasante

PRESENTACIÓN :
 CANTIDAD :

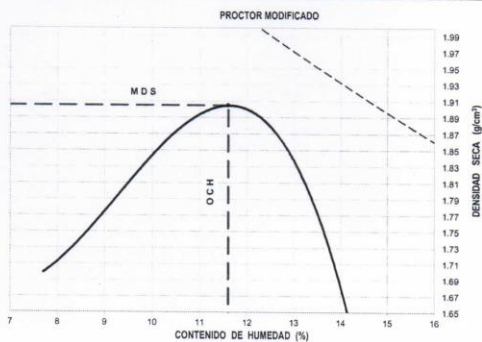
| | |
|--------------------------|---------------------------|
| ASTM D 1557 MTC E 115 | PROCTOR MODIFICADO |
|--------------------------|---------------------------|

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | ENSAYO | | | | | | | |
|------|---------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | | | | |
| 1 | Peso Suelo Humedo + Molde | gr | 3426.0 | 3576.0 | 3670.0 | 3531.0 | | | | |
| 2 | Peso del Molde | gr | 1685.0 | 1685.0 | 1685.0 | 1685.0 | | | | |
| 3 | Peso Suelo Humedo | gr | 1741.0 | 1893.0 | 1985.0 | 1846.0 | | | | |
| 4 | Volumen del Molde | cm ³ | 933.4 | 933.4 | 933.4 | 933.4 | | | | |
| 5 | Densidad Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1.865 | 2.028 | 2.127 | 1.978 | | | | |
| 6 | Tarro N° | - | 482 | 70 | 385 | 188 | 384 | 201 | 386 | 256 |
| 7 | Peso Suelo Humedo + Tarro | gr | 433.5 | 538.0 | 521.2 | 563.8 | 470.4 | 495.2 | 519.8 | 563.6 |
| 8 | Peso Suelo Seco + Tarro | gr | 407.5 | 505.0 | 483.5 | 518.8 | 426.1 | 446.9 | 468.8 | 503.7 |
| 9 | Peso del Tarro | gr | 81.1 | 112.9 | 100.1 | 81.1 | 55.7 | 69.1 | 91.6 | 69.5 |
| 10 | Peso del Agua | gr | 26.0 | 33.0 | 37.7 | 44.8 | 44.3 | 46.3 | 51.0 | 59.9 |
| 11 | Peso Suelo Seco | gr | 326.4 | 392.1 | 383.4 | 437.7 | 370.4 | 379.8 | 377.2 | 434.2 |
| 12 | Contenido de Humedad | % | 8.0 | 8.4 | 9.8 | 10.2 | 12.0 | 12.2 | 13.5 | 13.8 |
| 13 | Promedio de Humedad | % | 8.2 | 8.4 | 9.8 | 10.0 | 12.1 | 12.2 | 13.5 | 13.8 |
| 14 | Densidad del Suelo Seco | gr/cm ³ | 1.724 | 1.724 | 1.844 | 1.844 | 1.897 | 1.897 | 1.740 | 1.740 |

| DATOS DESARROLLO DE ENSAYO | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Altura de caída del pistón : | 45.7 cm |
| Peso del Plabón | 4.5 Kg |
| Volumen del Molde | 933.4 gr/cm ³ |
| N° de Capas | 5 |
| Energía de Compactación Modificada | 27.4 kg-cm/cm ² |
| Número de Golpes / Capa | 25 |

| GRADACION DE MUESTRA | | |
|----------------------|----------------|----------|
| Serie Americana | Rel. Parc. (%) | Pasa (%) |
| 3" | | |
| 2" | | |
| 3/4" | | |
| 3/8" | | |
| N°4 | | 100.0 |
| <N°4 | | |

| RESULTADO | |
|-----------|-------------------------|
| MÉTODO | A |
| MDS | 1.905 g/cm ³ |
| OCH | 11.6 % |



DATO:
 - M.D.S. = Máxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km: 39+010."

EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Mezcla 2
 DESCRIPCIÓN : 8% de Granalla y 92% Suelo Sub Rasante
 PRESENTACIÓN :
 CANTIDAD : 1.7

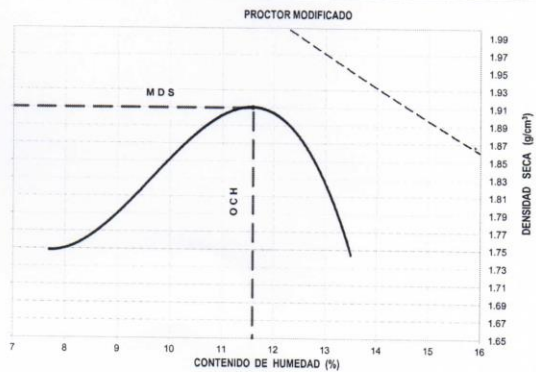
| | |
|--------------------------|---------------------------|
| ASTM D 1557 MTC E 115 | PROCTOR MODIFICADO |
|--------------------------|---------------------------|

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | ENSAYO | | | | | | | |
|------|---------------------------|--------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | E-1 | | E-2 | | E-3 | | E-4 | |
| 1 | Peso Suelo Humedo + Molde | gr | 3443.0 | | 3562.0 | | 3677.0 | | 3533.0 | |
| 2 | Peso del Molde | gr | 1685.0 | | 1685.0 | | 1685.0 | | 1685.0 | |
| 3 | Peso Suelo Humedo | gr | 1758.0 | | 1877.0 | | 1992.0 | | 1848.0 | |
| 4 | Volumen del Molde | cm ³ | 933.4 | | 933.4 | | 933.4 | | 933.4 | |
| 5 | Densidad Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1.863 | | 2.011 | | 2.134 | | 1.980 | |
| 6 | Tarro N° | - | 301 | 55 | 307 | 171 | 382 | 302 | 390 | 55 |
| 7 | Peso Suelo Humedo + Tarro | gr | 433.5 | 436.9 | 491.4 | 503.9 | 484.3 | 495.2 | 473.1 | 493.6 |
| 8 | Peso Suelo Seco + Tarro | gr | 409.3 | 411.6 | 453.6 | 464.6 | 443.2 | 449.8 | 424.8 | 442.3 |
| 9 | Peso del Tarro | gr | 80.1 | 90.2 | 58.7 | 62.3 | 88.4 | 70.1 | 61.4 | 68.3 |
| 10 | Peso del Agua | gr | 24.2 | 25.3 | 37.8 | 39.3 | 41.1 | 45.4 | 48.3 | 51.3 |
| 11 | Peso Suelo Seco | gr | 329.2 | 321.4 | 396.9 | 402.3 | 354.8 | 379.7 | 363.4 | 374.0 |
| 12 | Contenido de Humedad | % | 7.4 | 7.9 | 9.5 | 9.8 | 11.6 | 12.0 | 13.3 | 13.7 |
| 13 | Promedio de Humedad | % | | 7.7 | | 9.7 | | 11.8 | | 13.5 |
| 14 | Densidad del Suelo Seco | gr/cm ³ | | 1.748 | | 1.833 | | 1.909 | | 1.744 |

| DATOS DESARROLLO DE ENSAYO | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Altura de caída del pisón : | 45.7 cm |
| Peso del Pisón | 4.5 Kg |
| Volumen del Molde | 933.4 gr/cm ³ |
| N° de Capas | 5 |
| Energía de Compactación Modificada | 27.4 kg-cm/cm ² |
| Número de Golpes / Capa | 25 |

| GRADACION DE MUESTRA | | |
|----------------------|----------------|----------|
| Serie Americana | Ret. Parc. (%) | Pasa (%) |
| 3" | | |
| 2" | | |
| 3/4" | | |
| 3/8" | | 100.0 |
| N°4 | | |
| <N°4 | | |

| RESULTADO | |
|-----------|------------------------|
| MÉTODO | A |
| MDS | 1.91 g/cm ³ |
| OCH | 11.6 % |



DATO:
 - M.D.S. = Máxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km. 39+010."
 EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de Junio del 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Mezcla 3
 DESCRIPCIÓN : 10% de Granalla y 90% Suelo Sub Rasante
 PRESENTACIÓN :
 CANTIDAD :

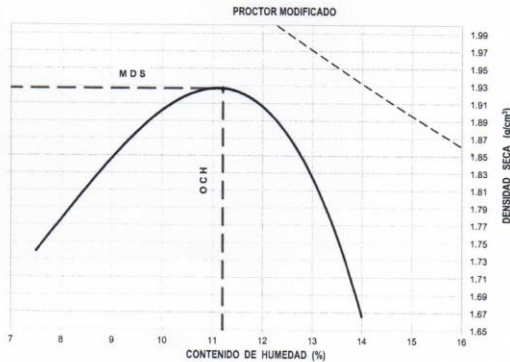
| | |
|----------------------------------|---------------------------|
| ASTM D 1557 MTC E 115 | PROCTOR MODIFICADO |
|----------------------------------|---------------------------|

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | ENSAYO | | | | | | | |
|------|---------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | | | | |
| 1 | Peso Suelo Humedo + Molde | gr | 3430.0 | 3588.0 | 3685.0 | 3545.0 | | | | |
| 2 | Peso del Molde | gr | 1685.0 | 1685.0 | 1685.0 | 1685.0 | | | | |
| 3 | Peso Suelo Humedo | gr | 1745.0 | 1903.0 | 2000.0 | 1860.0 | | | | |
| 4 | Volumen del Molde | cm ³ | 933.4 | 933.4 | 933.4 | 933.4 | | | | |
| 5 | Densidad Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1.870 | 2.039 | 2.143 | 1.993 | | | | |
| 6 | Tarro N° | - | 339 | 362 | 329 | 255 | 330 | 260 | | |
| 7 | Peso Suelo Humedo + Tarro | gr | 433.5 | 538.0 | 517.5 | 522.3 | 516.7 | 495.2 | 468.7 | 455.9 |
| 8 | Peso Suelo Seco + Tarro | gr | 408.6 | 507.3 | 479.1 | 482.6 | 472.9 | 449.3 | 420.6 | 409.7 |
| 9 | Peso del Tarro | gr | 81.1 | 86.3 | 57.9 | 62.4 | 90.2 | 65.3 | 53.4 | 77.6 |
| 10 | Peso del Agua | gr | 24.9 | 30.7 | 38.4 | 39.7 | 43.8 | 45.9 | 48.1 | 46.2 |
| 11 | Peso Suelo Seco | gr | 327.5 | 421.0 | 421.2 | 420.2 | 382.7 | 384.0 | 367.2 | 332.1 |
| 12 | Contenido de Humedad | % | 7.6 | 7.3 | 9.1 | 9.4 | 11.4 | 12.0 | 13.1 | 13.9 |
| 13 | Promedio de Humedad | % | 7.5 | | 9.3 | | 11.7 | | | 13.5 |
| 14 | Densidad del Suelo Seco | gr/cm ³ | 1.740 | | 1.866 | | 1.919 | | | 1.756 |

| DATOS DESARROLLO DE ENSAYO | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Altura de caída del pistón : | 45.7 cm |
| Peso del Pistón | 4.5 Kg |
| Volumen del Molde | 933.4 gr/cm ³ |
| Nº de Capas | 5 |
| Energía de Compactación Modificada | 27.4 kg-cm/cm ² |
| Número de Golpes / Capa | 25 |

| GRADACIÓN DE MUESTRA | | |
|----------------------|----------------|----------|
| Serie Americana | Ret. Part. (%) | Pasa (%) |
| 3" | | |
| 2" | | |
| 3/4" | | |
| 3/8" | | |
| N°4 | | 100.0 |
| <N°4 | | |

| RESULTADO | |
|-----------|-------------------------|
| MÉTODO | A |
| MDS | 1.927 g/cm ³ |
| OCH | 11.2 % |



DATO:
 - M.D.S. = Máxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec: J.F.P.
 Rev: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Gravel Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjuí, Km: 39+010."

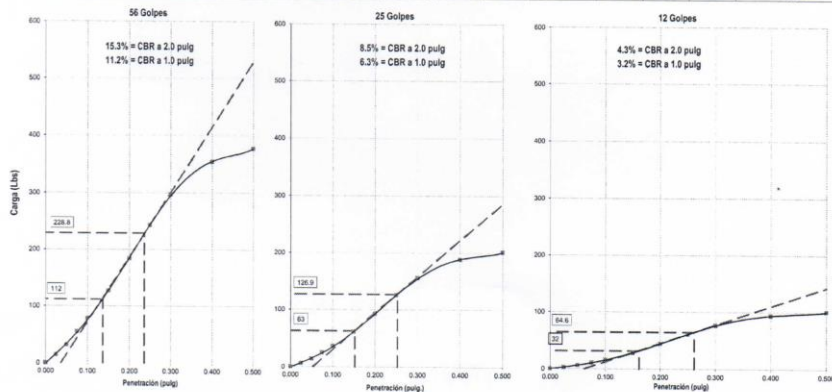
EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA DE RECEPCIÓN : miércoles, 5 de Junio de 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIA DE LA MUESTRA : Km 39+010
 IDENTIFICACIÓN :
 DESCRIPCIÓN : Suelo de Sub Rasante
 PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 30 kg aprox.

EQUIPO DE CBR :
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
 MARCA / MODELO : QTKF
 FACTOR DE CELDA : $Y = 0,8254x + 3,8614$
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² e 19.35cm²

**ASTM D 1883
 MTC E 132**
CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| DESCRIPCIÓN | COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES | | | | | | PENETRACION DE ESPECIMENES | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | M-49 | | M-42 | | M-53 | | M-49 | | M-42 | | M-53 | | |
| Moide Nº | 36 (5 Capas) | | 25 (5 Capas) | | 12 (5 Capas) | | Penetra. (pulg) | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² |
| Condición de la Muestra: | Seca | Saturada | Seca | Saturada | Seca | Saturada | 0.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Nº Golpes por Capa | 36 | 36 | 25 | 25 | 12 | 12 | 0.025 | 19.0 | 14.5 | 7.0 | 6.1 | 1.0 | 2.5 |
| Peso del Molde | 7030.3 | 7030.3 | 7021.7 | 7021.7 | 7036.9 | 7036.9 | 0.050 | 45.0 | 31.7 | 18.0 | 13.8 | 8.0 | 3.7 |
| Peso del Suelo Humedo | 4337.7 | 4366.7 | 4192.3 | 4287.3 | 4071.1 | 4107.1 | 0.075 | 79.0 | 54.9 | 35.0 | 24.9 | 14.0 | 10.8 |
| Volumen del Molde | 2103.9 | 2103.9 | 2096.8 | 2096.8 | 2099.6 | 2099.6 | 0.100 | 113.0 | 78.6 | 51.0 | 36.4 | 22.0 | 16.1 |
| Densidad Humeda | 2.062 | 2.090 | 1.999 | 2.045 | 1.939 | 1.999 | 0.150 | 184.0 | 128.7 | 88.0 | 61.4 | 39.0 | 28.3 |
| Densidad Seca | 1.852 | 1.852 | 1.797 | 1.796 | 1.741 | 1.741 | 0.200 | 268.0 | 183.6 | 134.0 | 92.8 | 63.0 | 44.3 |
| Tarso Nº | 356 | 141 | 52 | 240 | 428 | 563 | 0.250 | 355.0 | 242.8 | 182.0 | 125.6 | 88.0 | 61.1 |
| Tarso = Suelo Humedo | 524.1 | 493.3 | 453.6 | 459.3 | 530.7 | 567.4 | 0.300 | 434.0 | 296.6 | 227.0 | 155.7 | 111.0 | 76.7 |
| Tarso = Suelo Seco | 484.7 | 452.7 | 428.0 | 411.7 | 491.3 | 505.4 | 0.400 | 519.0 | 354.6 | 275.0 | 188.5 | 136.0 | 93.7 |
| Peso del Tarso | 136.4 | 136.1 | 112.5 | 87.9 | 145.6 | 87 | 0.500 | 553.0 | 377.6 | 294.0 | 201.6 | 146.0 | 100.5 |
| Contenido de Humedad | % | 11.3 | 12.8 | 11.3 | 13.8 | 11.4 | 14.8 | | | | | | |



COMENTARIO:
 - Capacidad de célula de prensa CBR: 5000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec: J.F.P.
 Rev: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km: 39+010."

EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA DE RECEPCIÓN : miércoles, 5 de Junio de 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

REFERENCIA DE LA MUESTRA :
 IDENTIFICACIÓN : Km 39+010
 DESCRIPCIÓN : Suelo de Sub Rasante
 PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 30 kg aprox.

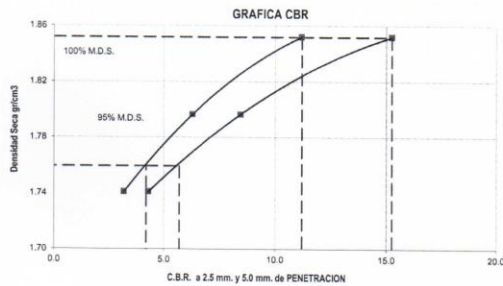
EQUIPO DE CBR :
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
 MARCA / MODELO : QTKF
 FACTOR DE CELDA : Y+ 0.0254x + 7.2814
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA | | | | EXPANSION | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pasante Tamiz #2 | 100.0% | Clasif. SUCS | CL | Horas | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| Pasante Tamiz #4 | 100.0% | Clasif. AASTHO | A-6 (7) | 00:00:00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Pasante Tamiz #8 | 100.0% | Metodo utilizado | "C" | 24:00:00 | 0.055 | 1.204 | 0.060 | 1.314 | 0.068 | 1.478 |
| Pasante Tamiz #4 | 100.0% | Maxima densidad seca (gr/cm ³) | 1.852 | 48:00:00 | 0.110 | 2.409 | 0.120 | 2.628 | 0.135 | 2.956 |
| Limite Liquido (%) | 27.8 | Óptimo contenido humedad (%) | 11.2 | 72:00:00 | 0.165 | 3.613 | 0.180 | 3.941 | 0.203 | 4.434 |
| Índice Plastico (%) | 14.1 | Expansion (%) | 4.82 | 96:00:00 | 0.220 | 4.817 | 0.240 | 5.255 | 0.270 | 5.912 |

| CBR | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 11.2 | 15.3 |
| 95% | 4.2 | 5.7 |



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjuí, Km. 39+010."

EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA DE RECEPCIÓN : miércoles, 5 de Junio de 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

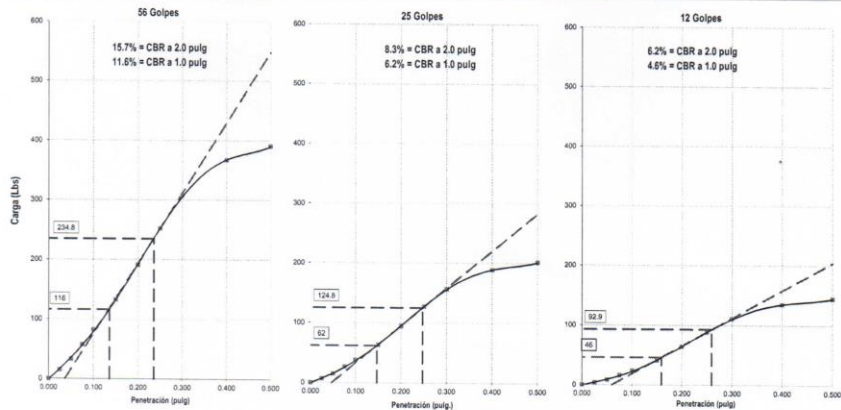
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 1
 DESCRIPCIÓN : 6% de Granalla y 94% Suelo Sub Rasante
 PRESENTACIÓN : -
 CANTIDAD : -

EQUIPO DE CBR
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
 MARCA / MODELO : QTKF
 FACTOR DE CELDA : $Y=0,9254x + 1,9814$
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

ASTM D 1883
 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| DESCRIPCIÓN | COMPACTACION DE ESPECIMENES | | | | | | PENETRACION DE ESPECIMENES | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | M-49 | | M-42 | | M-53 | | Molde Nº | M-49 | | M-42 | | M-53 | |
| Condición de la Muestra | Seca | Saturada | Seca | Saturada | Seca | Saturada | | Penetra (pulg) | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² | Lec. Dial (pulg 0.0001) |
| Nº Golpes por Capa | 56 (5 Capas) | | 25 (5 Capas) | | 12 (5 Capas) | | 0.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Peso Molde + Suelo Humedo | gr | 11508 | 11571 | 11305 | 11405 | 11150 | 11281 | 0.025 | 20.0 | 15.2 | 8.0 | 6.7 | 3.0 |
| Peso del Molde | gr | 7030.3 | 7030.3 | 7021.7 | 7021.7 | 7036.9 | 7036.9 | 0.050 | 47.0 | 33.3 | 20.0 | 14.8 | 10.0 |
| Peso del Suelo Humedo | gr | 4477.7 | 4540.7 | 4283.3 | 4383.3 | 4113.1 | 4244.1 | 0.075 | 82.0 | 57.4 | 37.0 | 28.4 | 21.0 |
| Volumen del Molde | cm ³ | 2103.9 | 2103.9 | 2096.8 | 2096.8 | 2099.6 | 2099.6 | 0.100 | 119.0 | 82.1 | 54.0 | 38.3 | 33.0 |
| Densidad Humeda | gr/cm ³ | 2.128 | 2.158 | 2.043 | 2.090 | 1.959 | 2.021 | 0.150 | 192.0 | 132.0 | 91.0 | 63.5 | 59.0 |
| Densidad Seca | gr/cm ³ | 1.905 | 1.905 | 1.829 | 1.829 | 1.753 | 1.753 | 0.200 | 279.0 | 190.9 | 137.0 | 94.6 | 82.0 |
| Tarro Nº | | 356 | 141 | 52 | 240 | 428 | 583 | 0.250 | 368.0 | 252.1 | 185.0 | 126.9 | 128.0 |
| Tarro + Suelo Humedo | gr | 525.5 | 494.8 | 464.8 | 461.0 | 532.0 | 569.6 | 0.300 | 450.0 | 307.5 | 228.0 | 156.6 | 160.0 |
| Tarro + Suelo Seco | gr | 484.7 | 452.7 | 428.0 | 411.7 | 491.3 | 505.4 | 0.400 | 538.0 | 367.4 | 275.0 | 188.8 | 196.0 |
| Peso del Tarro | gr | 136.4 | 136.1 | 112.5 | 67.9 | 145.6 | 87 | 0.500 | 573.0 | 391.0 | 294.0 | 201.6 | 210.0 |
| Contenido de Humedad | % | 11.7 | 13.3 | 11.7 | 14.3 | 11.8 | 15.3 | | | | | | |



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km: 39+010."

EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA DE RECEPCIÓN : miércoles, 5 de Junio de 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

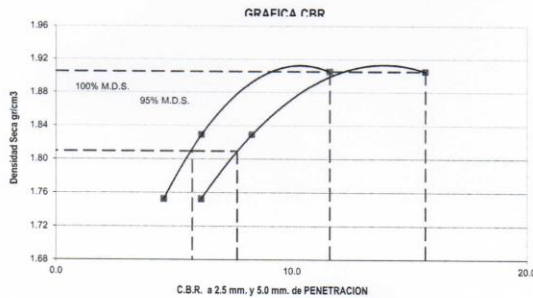
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 1
 DESCRIPCIÓN : 6% de Granalla y 94% Suelo Sub Rasante
 PRESENTACIÓN : -
 CANTIDAD : -

EQUIPO DE CBR
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
 MARCA / MODELO : QTKF
 FACTOR DE CELDA : $Y=0,9254x + 1,9814$
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2

| | |
|--------------------------|---|
| ASTM D 1883 MTC E 132 | CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) |
|--------------------------|---|

| CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA | | | | EXPANSION | | | | | | |
|------------------------------------|--------|-------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pasante Tamiz 2" | 100.0% | Clasif. SUCS | CL | Horas | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| Pasante Tamiz 3/4" | 100.0% | Clasif. AASTHO | A-6 (7) | 00:00:00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Pasante Tamiz 3/8" | 100.0% | Método utilizado | "C" | 24:00:00 | 0.050 | 1.095 | 0.058 | 1.259 | 0.063 | 1.369 |
| Pasante Tamiz Nº4 | 100.0% | Máxima densidad seca (gr/cm³) | 1.905 | 48:00:00 | 0.100 | 2.190 | 0.115 | 2.518 | 0.125 | 2.737 |
| Límite Líquido (%) | 27.8 | Óptimo contenido humedad (%) | 11.6 | 72:00:00 | 0.150 | 3.284 | 0.173 | 3.777 | 0.188 | 4.106 |
| Índice Plástico (%) | 14.1 | Expansion (%) | 4.38 | 96:00:00 | 0.200 | 4.379 | 0.230 | 5.036 | 0.250 | 5.474 |

| CBR | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 11.6 | 15.7 |
| 95% | 5.8 | 7.7 |



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Somos la universidad de los
 que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Toache - Juanjú, Km: 39+010."

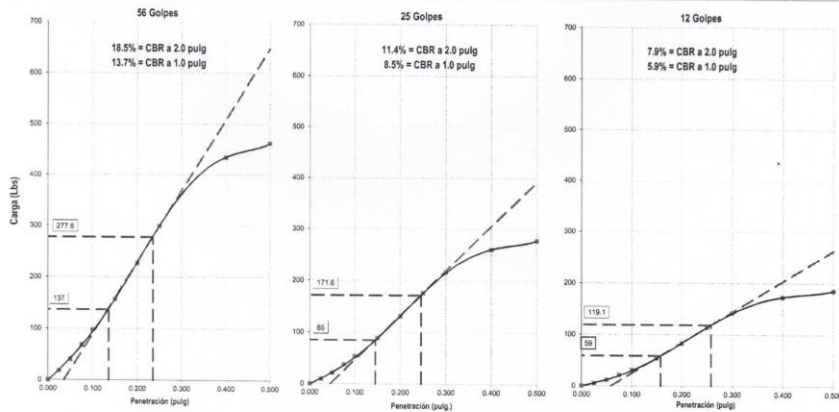
EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA DE RECEPCIÓN : miércoles, 5 de Junio de 2019
 UBICACIÓN : UCY Sede ATE

REFERENCIA DE LA MUESTRA :
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 2
 DESCRIPCIÓN : 8% de Granalla y 92% Suelo Sub Rasante
 PRESENTACIÓN :
 CANTIDAD :

EQUIPO DE CBR :
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
 MARCA / MODELO : QTKF
 FACTOR DE CELDA : $Y=0.9254x + 1.9814$
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

| | |
|--------------------------|---|
| ASTM D 1883 MTC E 132 | CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) |
|--------------------------|---|

| DESCRIPCIÓN | COMPACTACION DE ESPECIMENES | | | | | | PENETRACION DE ESPECIMENES | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | M-49 | | M-42 | | M-53 | | M-49 | | M-42 | | M-53 | | |
| Condición de la Muestra: | Seca | Saturada | Seca | Saturada | Seca | Saturada | Penetra (pulg) | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² | Lec. Dial (pulg 0.0001) | Carga Lb/pulg ² |
| Nº Golpes por Capa | 56 (5 Capas) | | 25 (5 Capas) | | 12 (5 Capas) | | 0.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Peso del Molde + Suelo Humedo | gr | 11520 | 11563 | 11361 | 11463 | 11161 | 11292 | 0.025 | 25.0 | 18.2 | 12.0 | 9.5 | 5.0 |
| Peso del Molde | gr | 7030.3 | 7030.3 | 7021.7 | 7036.9 | 7036.9 | 7036.9 | 0.050 | 56.0 | 39.8 | 29.0 | 21.1 | 15.0 |
| Peso del Suelo Humedo | gr | 4489.7 | 4532.7 | 4339.3 | 4441.3 | 4124.1 | 4255.1 | 0.075 | 99.0 | 68.5 | 53.0 | 37.2 | 29.0 |
| Volumen del Molde | cm ³ | 2103.9 | 2103.9 | 2096.8 | 2096.8 | 2099.6 | 2099.6 | 0.100 | 142.0 | 98.0 | 77.0 | 53.8 | 44.0 |
| Densidad Humeda | gr/cm ³ | 2.134 | 2.164 | 2.069 | 2.118 | 1.964 | 2.027 | 0.150 | 229.0 | 157.1 | 128.0 | 88.7 | 77.0 |
| Densidad Seca | gr/cm ³ | 1.910 | 1.910 | 1.853 | 1.853 | 1.757 | 1.757 | 0.200 | 331.0 | 226.6 | 191.0 | 131.4 | 120.0 |
| Tarro Nº | | 356 | 141 | 52 | 240 | 428 | 563 | 0.250 | 437.0 | 298.8 | 256.0 | 175.8 | 165.0 |
| Tarro + Suelo Humedo | gr | 525.5 | 494.8 | 464.8 | 461.0 | 532.0 | 569.6 | 0.300 | 533.0 | 364.2 | 316.0 | 216.5 | 207.0 |
| Tarro + Suelo Seco | gr | 484.7 | 452.7 | 428.0 | 411.7 | 491.3 | 505.4 | 0.400 | 637.0 | 434.7 | 381.0 | 280.5 | 252.0 |
| Peso del Tarro | gr | 136.4 | 136.1 | 112.5 | 67.9 | 145.6 | 87 | 0.500 | 678.0 | 462.5 | 407.0 | 278.0 | 271.0 |
| Contenido de Humedad | % | 11.7 | 13.3 | 11.7 | 14.3 | 11.8 | 15.3 | | | | | | |



COMENTARIO:
 - Capacidad de carga de prensa CBR: 5000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjui, Km: 39+010."

EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA DE RECEPCIÓN : miércoles, 5 de Junio de 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

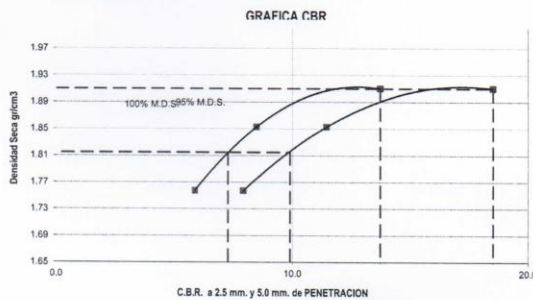
REFERENCIA DE LA MUESTRA :
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 2
 DESCRIPCIÓN : 8% de Granalla y 92% Suelo Sub Rasante
 PRESENTACIÓN : -
 CANTIDAD : -

EQUIPO DE CBR :
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
 MARCA / MODELO : QTKF
 FACTOR DE CELDA : $Y=0,9254x + 1,5814$
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

| | |
|--------------------------|---|
| ASTM D 1883 MTC E 132 | CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) |
|--------------------------|---|

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MUESTRA | | | | EXPANSION | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pasante Tamiz 2" | 100.0% | Clasif. SUCS | CL | Horas | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| Pasante Tamiz 3/4" | 100.0% | Clasif. AASTHO | A-6 (7) | 00:00:00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Pasante Tamiz 3/8" | 100.0% | Método utilizado | "C" | 24:00:00 | 0.045 | 0.985 | 0.053 | 1.150 | 0.058 | 1.259 |
| Pasante Tamiz N°4 | 100.0% | Maxima densidad seca (gr/cm ³) | 1.91 | 48:00:00 | 0.090 | 1.971 | 0.105 | 2.299 | 0.115 | 2.518 |
| Límite Líquido (%) | 27.8 | Optimo contenido humedad (%) | 11.6 | 72:00:00 | 0.135 | 2.956 | 0.158 | 3.449 | 0.173 | 3.777 |
| Índice Plástico (%) | 14.1 | Expansion (%) | 3.94 | 96:00:00 | 0.180 | 3.941 | 0.210 | 4.598 | 0.230 | 5.036 |

| CBR | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 13.7 | 18.5 |
| 95% | 7.3 | 9.9 |



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Somos la universidad de los
 que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe



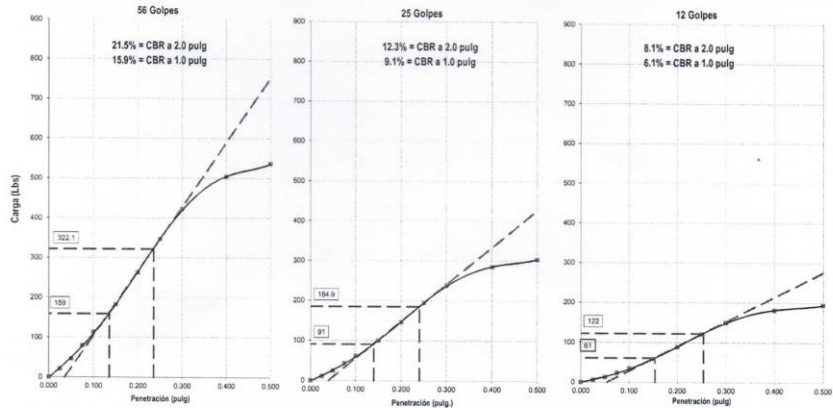
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodriguez
DIRECCIÓN :
PROYECTO : 'Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache - Juanjuí, Km. 39+010.'

REFERENCIA DE LA MUESTRA
IDENTIFICACION : Mezcla 3
DESCRIPCION : 10% de Granalla y 90% Suelo Sub Rasante
PRESENTACION :
CANTIDAD :
EQUIPO DE CBR
NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
MARCA / MODELO : JTKF
FACTOR DE CELDA : Y= 0.9254x + 1.9814
AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2

ASTM D 1883 MTC E 132 CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

Table with columns for DESCRIPCION, COMPACTACION DE ESPECIMENES (M-49, M-42, M-53), and PENETRACION DE ESPECIMENES (M-49, M-42, M-53). Rows include Molde N°, Condicion de la Muestra, N° Golpes por Capa, Peso Molde + Suelo Humedo, etc.



COMENTARIO:
- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 lb.
OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.P.
Rev.: B.C.S.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Proctor y CBR natural + 10%.xls

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Jose Antonio Mantilla Rodríguez
 DIRECCIÓN :
 PROYECTO : "Mejoramiento con Granalla Mineral en subrasante de Suelos Arcillosos en la Carretera Tocache – Juanjuí, Km: 39+010."

EXPEDIENTE : Desarrollo de Proyecto de Investigación
 FECHA DE RECEPCIÓN : miércoles, 5 de Junio de 2019
 UBICACIÓN : UCV Sede ATE

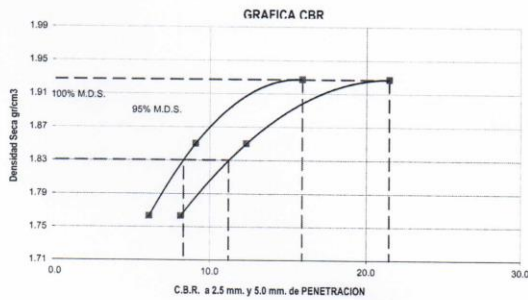
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Mezcla 3
 DESCRIPCIÓN : 10% de Granalla y 90% Suelo Sub Rasante
 PRESENTACIÓN :
 CANTIDAD :

EQUIPO DE CBR
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA CARGA MANUAL CBR
 MARCA / MODELO : QTKF
 FACTOR DE CELDA : $\gamma = 0.9254x + 1.9814$
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

| | |
|--------------------------|---|
| ASTM D 1883 MTC E 132 | CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) |
|--------------------------|---|

| CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA | | | | EXPANSION | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pasante Tamiz 2" | 100.0% | Clasif SUCS | CL | Horas | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| Pasante Tamiz 3/4" | 100.0% | Clasif AASTHO | A-6 (7) | 00:00:00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Pasante Tamiz 3/8" | 100.0% | Método utilizado | "C" | 24:00:00 | 0.040 | 0.876 | 0.048 | 1.040 | 0.055 | 1.204 |
| Pasante Tamiz N°4 | 100.0% | Máxima densidad seca (g/cm ³) | 1.927 | 48:00:00 | 0.080 | 1.752 | 0.095 | 2.080 | 0.110 | 2.409 |
| Limite Líquido (%) | 27.5 | Óptimo contenido humedad (%) | 11.2 | 72:00:00 | 0.120 | 2.628 | 0.143 | 3.120 | 0.165 | 3.613 |
| Índice Plástico (%) | 14.1 | Expansion (%) | 3.50 | 96:00:00 | 0.160 | 3.503 | 0.190 | 4.160 | 0.220 | 4.817 |

| CBR | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 15.9 | 21.5 |
| 95% | 8.3 | 11.2 |



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Fecha de emisión : Lima, 30 de Junio del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.P.
 Rev.: B.C.S.



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe