



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Uso de las cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-rasante en la  
Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 –  
3+880], Piura - Piura - Piura, 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Maluquis Perez Adelino (ORCID: 0000-0002-2185-0704)

Zegarra Juarez Jean Hayro Junior (ORCID: 0000-0002-2058-2568)

**ASESOR:**

Ing. Máximo Javier Zevallos Vílchez (ORCID: 0000-0003-0345-9901)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

Piura – Perú

2019

## **DEDICATORIA**

*Principalmente dedicamos esta investigación a Dios, por habernos dado la voluntad y la fuerza de haber permitido llegar hasta este momento de nuestra vida y con la voluntad de seguir avanzando para nuestra formación profesional. Así también de esta manera queremos dedicarlo a nuestros padres Matilde Juárez Villaseca & Manuel Zegarra Pereira - Dalila Pérez Coronel & Ruperto Maluquis Vázquez; que gracias a ellos por sus enseñanzas que nos han formado como personas, buenos hijos, con gran humildad y valores que nos han servido de mucho para salir adelante, ante cualquier problema de la vida. Les agradecemos por el apoyo a nuestra carrera que sin ellos a la vez no estuviéramos logrando nuestros objetivos.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Nuevamente agradecer a Dios por habernos permitido culminar este trabajo ya que sin su voluntad nada es posible y quedamos especialmente agradecidos. Así mismo, reconocemos y agradecemos el apoyo de los Ingenieros docentes de la escuela de Ingeniería Civil: Mgs Ing Rodolfo Ramal Montejo, Mg Ing Krissia Valdivieso Vásquez, Ing Christian León Panta, por los conocimientos impartidos para el logro de nuestro proyecto para una buena formación general como estudiantes y futuros ingenieros.*

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **MALUQUIS PEREZ ADELINO** y **ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO JUNIOR**, cuyo título es: **"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARIA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 - 3+880], PIURA - PIURA - PIURA, 2018"**

Reunido en fecha, escucho la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: .....14..... (número) .....Catorce..... (letras).

Piura.....18..... de .....Junio..... Del 2019



PRESIDENTE



SECRETARIO



VOCAL



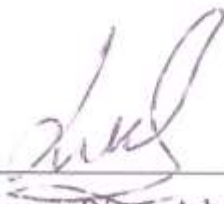
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, MALUQUIS PEREZ, ADELINO Y ZEGARRA JUÁREZ, JEAN HAYRO JUNIOR estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo Filial Piura, declaramos que el trabajo académico titulado: **“USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARÍA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA - PIURA - PIURA, 2018”**, presentado en 169 folios, para la obtención del título profesional de INGENIERO CIVIL, es de nuestra autoría. Por lo tanto, declaro lo siguiente:

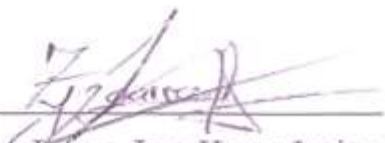
- La tesis es de nuestra autoría.
- Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas identificando todas las citas textuales o paráfrasis procedentes de otras fuentes de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajos académicos.
- Este proyecto de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto, los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada, de identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Piura, 18 de Junio del 2019.



Maluquis Pérez, Adelino

DNI N°: 74570704



Zegarra Juárez, Jean Hayro Junior

DNI N°: 48548848

## INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FOTOGRAFIAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
TRABAJOS PREVIOS.....	3
TEORÍAS RELACIONADAS.....	6
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	27
HIPÓTESIS.....	28
OBJETIVOS.....	29
II. METODO.....	30
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	30
VARIABLES Y OPERACIONALIZACION.....	32
POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	37
MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	40
ASPECTOS ÉTICOS.....	43
III. RESULTADOS.....	44
ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS, MECANICAS Y QUIMICAS DEL SUELO.....	44
PROPORCION DE LAS CENIZA VOLANTES CARBON.....	50
INFLUENCIA DE LAS CENIZAS VOLANTES CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS Y QUIMICAS DEL SUELO.....	54
RESISTENCIA DEL CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR).....	58

IV.	DISCUSIONES .....	59
V.	CONCLUSIONES.....	63
VI.	RECOMENDACIONES .....	64
VII.	BIBLIOGRÁFICAS.....	65
VIII.	ANEXOS.....	67
	ANEXO 01: ACTA DE ORIGINALIDAD .....	67
	ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	68
	ANEXO 03: INSTRUMENTOS DE FICHAS VALIDADAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMETOS DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.....	72
	ANEXO 04: VALIDACION .....	80
	CALICATA 02 MUESTRA 01: .....	85
	CALICATA 03 MUESTRA 01: .....	93
	CALICATA 03 MUESTRA 02 .....	95
	CALICATA 04 MUESTRA 01: .....	101
	CALICATA 02 MUESTRA 02: (5% CEMENTO Y 10% CENIZA) .....	106
	CALICATA 03 MUESTRA 02: (2% CEMENTO Y 15% CENIZA). .....	109
	ENSAYOS QUIMICOS, CALICATA 03.....	114
	ANEXO 05: METODO DE INGENIERIA .....	117
	EXPLORACIÓN DE CAMPO. ....	118
	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, CALICATA 1 Y 4.....	122
	ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, CALICATA (2Y 3). ....	127
	ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS. CALICATA 2 Y 3, ADICIONANDO 2% DE CEMENTO + 15% DE CENIZA VOLANTE DE CARBON + 83% DE SUELO NATURAL.....	134
	ESTUDIOS QUÍMICOS DE LA CALICATA 3 MUESTRA 02.....	141
	ESTUDIOS QUÍMICOS DE LA CALICATA 3 MUESTRA 02 CON 2% DE CEMENTO Y 15% DE CENIZA. .....	141
	FOTOGRAFIAS DE TABLAS PARA LAS BASES TEORICAS .....	142

EXPERIMENTO DE INVESTIGACION .....	145
------------------------------------	-----

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Operacionalizacion de Variables.</i> .....	33
<b>Tabla 2.</b> <i>Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.</i> .....	39
<b>Tabla 3.</b> <i>Matriz de Consistencia.</i> .....	68



## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. <i>Clasificación de Suelos por SUCS Y ASSTHO</i> .....	44
Cuadro 2. <i>Ensayo Granulométrico por Tamizado</i> .....	45
Cuadro 3. <i>Contenido de humedad promedio (%)</i> .....	46
Cuadro 4. <i>Ensayos de Limites de Atterberg</i> .....	47
Cuadro 5. <i>Ensayo Relación densidad / Humedad (Proctor Estándar)</i> .....	47
Cuadro 6. <i>Ensayo California Bearing Ratio</i> .....	48
Cuadro 7. <i>Ensayos químicos de la sub-rasante</i> .....	49
Cuadro 8. <i>Clasificación de Suelos por SUCS Y ASSTHO</i> .....	50
Cuadro 9. <i>Categorías de Sub-rasante del MTC-2013 cuadro 4.10</i> .....	51
Cuadro 10. <i>Muestra 2 Calicata 2 Diseños de Mezclas. (3+220)</i> .....	52
Cuadro 11. <i>Muestra 2 Calicata 3 Diseños de Mezclas. (3+540)</i> .....	53
Cuadro 12. <i>Ensayos Granulométricos</i> .....	54
Cuadro 13. <i>Ensayos de Limites de Atterbert</i> .....	55
Cuadro 14. <i>Clasificación de Suelos según su Índice de Plasticidad del MTC-2013 cuadro 4.6</i> .....	55
Cuadro 15. <i>Ensayo Relación densidad / Humedad (Proctor Estándar)</i> .....	56
Cuadro 16. <i>Ensayo California Bearing Ratio</i> .....	57
Cuadro 17. <i>Ensayo California Bearing Ratio</i> .....	58

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

<i>Fotografía 1.</i> Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	67
<i>Fotografía 2.</i> Ensayo de Análisis granulométrico. (MTC E 107-ASTM D422).....	72
<i>Fotografía 3.</i> Ensayo de Contenido de humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).....	73
<i>Fotografía 4.</i> Ensayos de Límite líquido. (MTC E 110–ASTM D4318) y Limite plástico (MTC E 111-ASTM D4318).....	74
<i>Fotografía 5.</i> Ensayo de Proctor estándar o modificado. (MTC E 115-ASTMD1557).....	75
<i>Fotografía 6.</i> Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883).....	76
<i>Fotografía 7.</i> Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883). Proporcionado por el laboratorio de suelos de la universidad cesar vallejo – Piura, 2018. ....	77
<i>Fotografía 8.</i> Presupuesto ensayos químicos de laboratorio de la Universidad Nacional de Piura, 2018. ....	78
<i>Fotografía 9.</i> Constancia de otorgamiento de la ceniza de la panadería.....	79
<i>Fotografía 10.</i> Análisis granulométrico por tamizado. ....	80
<i>Fotografía 11.</i> Contenido de humedad. ....	81
<i>Fotografía 12.</i> Relación Densidad Humedad (proctor).....	82
<i>Fotografía 13.</i> Relación de capacidad de soporte (CBR).....	83
<i>Fotografía 14.</i> Relación de Capacidad de soporte (CBR).....	84
<i>Fotografía 15.</i> Análisis Granulométrico por Tamizado. ....	85
<i>Fotografía 16.</i> Contenido de humedad. ....	86
<i>Fotografía 17.</i> Análisis Granulométrico por Tamizado. ....	87
<i>Fotografía 18.</i> Límites de Consistencia. ....	88
<i>Fotografía 19.</i> Contenido de Humedad.....	89
<i>Fotografía 20.</i> Ensayo de Relación Densidad/Humedad (Proctor).....	90
<i>Fotografía 21.</i> Ensayo de Relación de capacidad de soporte (CBR).....	91
<i>Fotografía 22.</i> Ensayo de Relación de capacidad de soporte (CBR).....	92
<i>Fotografía 23.</i> Análisis Granulométrico por Tamizado. ....	93
<i>Fotografía 24.</i> Contenido de Humedad.....	94
<i>Fotografía 25.</i> Análisis Granulométrico por Tamizado. ....	95
<i>Fotografía 26.</i> Límites de Consistencia. ....	96
<i>Fotografía 27.</i> Contenido de Humedad.....	97
<i>Fotografía 28.</i> Ensayo Relación/Densidad (Proctor).....	98
<i>Fotografía 29:</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	99
<i>Fotografía 30.</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	100
<i>Fotografía 31.</i> Análisis Granulométrico por Tamizado. ....	101
<i>Fotografía 32.</i> Contenido de Humedad.....	102
<i>Fotografía 33.</i> Relación Densidad/ Humedad (Proctor). ....	103
<i>Fotografía 34.</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	104
<i>Fotografía 35.</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	105
<i>Fotografía 36.</i> Relación Densidad/Humedad (Proctor). ....	106
<i>Fotografía 37.</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	107
<i>Fotografía 38.</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	108
<i>Fotografía 39.</i> Análisis Granulométrico por Tamizado. ....	109
<i>Fotografía 40.</i> Límites de Consistencia. ....	110
<i>Fotografía 41.</i> Relación Densidad/Humedad (Proctor). ....	111
<i>Fotografía 42.</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	112
<i>Fotografía 43.</i> Relación de Capacidad de Soporte (CBR).....	113
<i>Fotografía 44.</i> Estudio de Cloruros, Sulfatos y Sales Solubles. ....	114

<i>Fotografía 45.</i> Estudio de Cloruros Sulfatos y Sales Solubles. ....	115
<i>Fotografía 46.</i> Acta de autorización al repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. ....	116
<i>Fotografía 47.</i> Vista satélite en Software aplicativo Google MAPS. (Google. Inc.).....	119
<i>Fotografía 48.</i> Excavación de Calicatas.....	120
<i>Fotografía 49.</i> Obtención del material. ....	120
<i>Fotografía 50.</i> Obtención del material. ....	121
<i>Fotografía 51.</i> Calicata a 1.50 metros de Profundidad. ....	121
<i>Fotografía 52.</i> Análisis granulométrico por tamizado. ....	122
<i>Fotografía 53.</i> Pesado de la muestra en la balanza mecánica. ....	123
<i>Fotografía 54.</i> Porcentaje de agua ingresado a la muestra.....	124
<i>Fotografía 55.</i> Uso del pisón para compactar el material. ....	124
<i>Fotografía 56.</i> Uso de la regla para nivelar el material compactado. ....	125
<i>Fotografía 57.</i> Pesado del material compactado.....	125
<i>Fotografía 58.</i> Ingreso de los moldes (CBR) a la piscina por un tiempo de 4 días. ....	126
<i>Fotografía 59.</i> Lavado del material hasta que pierda impurezas. ....	127
<i>Fotografía 60.</i> Secado del material.....	128
<i>Fotografía 61.</i> Tamizado del Material Seco.....	128
<i>Fotografía 62.</i> Tamizado con la malla N° 40.....	129
<i>Fotografía 63.</i> Cantidad de material para límites. ....	130
<i>Fotografía 64.</i> Límite Plástico.....	130
<i>Fotografía 65.</i> Realizando el peso respectivo de las taras. ....	131
<i>Fotografía 66.</i> Ingreso de las taras al horno. ....	131
<i>Fotografía 67.</i> Realizando el ensayo de Proctor.....	132
<i>Fotografía 68.</i> Lectura con el Dial.....	133
<i>Fotografía 69.</i> Lavado de la muestra en la malla N° 200.....	134
<i>Fotografía 70.</i> Realización del ensayo de límite líquido.....	135
<i>Fotografía 71.</i> 15% de Ceniza + 2% de Cemento + 83% de Material.....	136
<i>Fotografía 72.</i> Mezcla 2% de Cemento + 15% de Ceniza Volante de Carbón + 83% de Suelo Natural.....	137
<i>Fotografía 73.</i> Adición de Agua al material de mezcla. ....	138
<i>Fotografía 74.</i> Compactación del Material con el Pisón.....	138
<i>Fotografía 75.</i> Lectura con el Dial. ....	139
<i>Fotografía 76.</i> Sumergiendo los moldes de CBR en agua. ....	139
<i>Fotografía 77.</i> Utilización de Prensa de Carga Mecánica de CBR Digital. ....	140
<i>Fotografía 78.</i> Colocación del molde a la Prensa de Carga Mecánica de CBR Digital.....	140
<i>Fotografía 79.</i> Categoría de la Sub-rasante según su CBR.....	142
<i>Fotografía 80.</i> Clasificación: American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO). ....	143
<i>Fotografía 81.</i> Clasificación: Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS). ....	144

## RESUMEN

Nuestro presente proyecto de investigación tubo un diseño experimental, de tipo aplicado de laboratorio con un enfoque cuantitativo, que consistió en determinar la influencia de las propiedades físicas, mecánicas y químicas usando cenizas volantes de carbón y cemento portland. Se realizaron cuatro calicatas de 1.50 mts con progresivas (2+880 – 3+22 – 3+540 – 3+88) en la zona de estudio. Para este proyecto se consideró la muestra 2 – calicata 3. La relación densidad / humedad (proctor estándar) obtuvo una densidad máxima seca de 1.932 gr/cm<sup>3</sup> en relación al contenido de humedad óptimo de 11.65%. Para el ensayo California Bearing Ratio se tomó por ser el más bajo el resultado al valor del C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1" igual a 1.69% de categoría sub-rasante inadecuada. Adicionándole a la nuestra muestra natural 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón para el mejoramiento de nuestra sub-rasante. La relación densidad / humedad cambio con el diseño de mezcla dando una densidad máxima seca de 1.840 gr/cm<sup>3</sup> en relación al contenido de humedad óptima de 14.61%. Y en el resultado del valor del C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1" aumento hasta 21.5% pasando a una sub-rasante muy buena.

**Palabras claves:** Sub-Rasante, Arcilla, Cemento Portland y Cenizas Volantes de Carbón.

## ABSTRACT

Our present research project tube An experimental, applied-type laboratory design with a quantitative approach, which consisted in determining the influence of physical, mechanical and chemical properties using coal and cement fly ash. Portland. Four pits of 1.50 MTS with progressive (2 880 – 3 22 – 3 540 – 3 88) were carried out. Sample 2 – Calicata 3 was considered for this project. The density/humidity ratio (Standard proctor) obtained a dry maximum density of 1,932 gr/cm<sup>3</sup> in relation to the optimum moisture content of 11.65%. For the test California bearing ratio was taken to be the lowest result to the value of C.B.R. to 95% of the M.D.S. to 0.1 "equal to 1.69% of sub-flush category inadequate. Adding to our natural sample 2% cement 15% coal fly ash for the improvement of our sub-flush. The density/humidity ratio changes with the mixing design giving a dry maximum density of 1,840 gr/cm<sup>3</sup> in relation to the optimum moisture content of 14.61%. And in the result of the value of C.B.R. to 95% of the M.D.S. to 0.1 "increase up to 21.5% passing to a very good sub-flush.

**Key words:** Sub-Flush, clay, Portland cement and coal fly ash.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Hoy en día muchos de los fenómenos que forman parte de los infinitos tipos de suelos son confusos y no siempre pueden ser reducidas a causas estrictamente mecánicas, sino que en muchos casos son interferidas diferentes factores (química), la cual provoca comportamientos únicos del suelo. En pocos suelos este tipo de factores mecánicos tiene importancias capitales y esto viene a ser prioridad de un estudio muy particular. Este grupo de suelos se le conoce generalmente como suelos particularmente inestables. Hay un fenómeno principal que este afecta a algunos tipos de suelos es el llamado colapso brusco de su granular estructura, haciéndose llamar así como suelos colapsables. En sus características comunes de los suelos colapsables presenta como Estructura macro porosa, como índice de hundimientos, entre un índice muy alto. Una granulometría que sea fina predominante con algunas fracciones de suelos limosos y arcillosos los cuales predominen. No es distribuido generalmente su tamaño de los granos y cuando hay granos mucho más grandes son muy pocas veces meteorizados. La cantidad de fracción en una mayoría tiene una influencia importantemente escasa en la estructura y comportamientos mecánicos de las estructuras intergranulares. Esta Estructura es acomodada, con partículas de un tamaño mayor separadas por unos espacios muy abiertos, y unidas entre sí por acumulación de puentes que son predominantes con material arcillosos. En diferentes casos existen cristales de sales solubles insertados en tales puentes o uniones arcillosas (Redolfi y Reginatto, 1977).

Desde hace mucho tiempo se viene nuevos materiales siendo investigados para estos que sean usados como aditivos en el mejoramiento o estabilización de suelos arcillosos, De tal manera de mejorar la calidad de la cimentación de la estructura de la carretera y sí puedan ser empleados en los diferentes procesos constructivos de carreteras. Estos materiales nos deben permitir aumentar la resistencia de los suelos de la sub-rasante en el desarrollo de la construcción, mejorando la calidad de vida y permitiendo unos ahorros económicos y cumplir con las especificaciones técnicas. En México y en muchos países se ha venido usando ya desde los años 80 el llamado producto Cenizas Volantes. Este tipo de cenizas no son un producto final, Sino este es un restante que se forma debido al transcurso de la elaboración de la combustión del carbón por parte de las plantas termoeléctricas o calderas, la Ceniza volante no genera un problema más bien sirve como estabilizante dando una mejora a nuestra sub-rasante del terreno natural (Pérez, Collantes, 2014).

En el Perú, el uso de la técnica de la estabilización de suelos arcillosos es una Técnica ya empleada con diferentes métodos de estabilización y han resultado que son efectivos para el mejoramiento de suelos de baja capacidad de soporte”. (Pérez, Collantes, 2014, p. 11).

En la región de Piura no cuenta con suelos estables o adecuados para la construcción de una estructura de pavimento ya que esto se ve reflejado en el hundimiento de pistas pavimentadas sin haber alcanzado su periodo de vida útil.

Nuestro proyecto de investigación comprende la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura. Que comprende una longitud de 1 kilómetro aproximadamente la cual presenta una superficie de rodadura no pavimentada, la sub-rasante de este tramo de estudio está conformado por suelos arenosos los cuales se pueden observar, Estos tipos de suelos de esta vía son regularmente transitables con dificultades por el mismo hecho que no se le da un mejoramiento adecuado a este tramo de vía, es por este tipo de problema, con el pasar del tiempo al no darle un mejoramiento se van formando desnivelaciones del terreno que dificultan el normal tránsito. Este proyecto pretende dar una mejora al tramo a estudiar mediante el empleo de estabilizante al usar las cenizas volantes de carbón al suelo de la sub-rasante.

Finalmente. Este proyecto de investigación solucionara la Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer, [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura. Dando una mejor transitabilidad la cual tendrá un beneficio de mejora a nivel de sub-rasante, dando un aporte de conocimientos que son necesarios para la evaluación de este tramo de estudio sino en la representación de diversos factores que afectan los cambios del suelo analizando su comportamiento con la ceniza volantes de carbón realizando los estudios necesarios en laboratorio la cual nos permita determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos con las cuales cuenta la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.

## **TRABAJOS PREVIOS**

### **Antecedentes Internacionales**

María Angélica Sánchez Albán, 2014). “Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua provincia de Manabí”, (tesis para su obtención de titulación de ingeniera civil) en la Pontificia Universidad Católica de Ecuador en la ciudad de Quito, cuyo objetivo principal se basa en “estabilizar los suelos expansivos a base de cal y cemento para poder reducir la expansión del suelo”. En su tesis concluye que el material in-situ cumple con los tipos necesarios para ser estabilizado con cal y cemento presentando el suelo un contenido orgánico de 0.22 % muy por debajo del 1% que es permitido. El suelo que se estabilizo con un 7% se logró reducir un 8.2% de limite líquido, en limite plástico aumento en un 10% y en índice de plasticidad se obtuvo una reducción de 11.5%, siendo este un porcentaje de mucha mayor disminución en el índice de plasticidad en la cual no se presenta cambios significativos en este indicador. Con un 9% de cemento se logró conseguir un menor índice plástico; este material se vio reducido en 36% en relación a su estado originario. El límite líquido crece en un 8% y el límite plástico aumenta en un 61%. Utilizando cal viva se logró bajar el porcentaje de expansión del suelo, con porcentaje del 3% esta seria 20%, con un 5% de cal el porcentaje bajaría a un 40% y al utilizar un 7% de estabilizante se llegara a una reducción de 57%. Al final recomienda que ese tipo de material antes de hacer obras de ingeniería necesita de un tratamiento.

(Denis Robín Ruano López, 2012). “Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva” – Guatemala (para obtener el título de ingeniero civil) en la Universidad San Carlos en la cual plantea como objetivo principal fue “realizar de un modo preciso y mecánico la investigación de estabilizar los suelos cohesivos con arena volcánica y cal, con muestras, ensayos en laboratorio de suelos y obtener resultados y comprobarlos”. En la cual concluyo que las mezclas propuestas van del 10%, 25%, y 50% de arena por encima del material a estabilizarlo obteniendo desde un valor de (CBR) de 52,6% a 91.5% lo que dio muchos valores en la cual lo permitió seleccionar según sea la utilidad que necesitaba aplicar, determino también que los lugares donde se encuentra la arenas posee una ubicación única ya que de Guatemala se encuentra a 26 kilómetros del lugar de arena sílice y a una distancia de 22 kilómetros de arena azul y los dos lugares se encuentra cerca de la pista que Conduce a agua caliente por la recorrido al atlántico. En sus recomendaciones da a conocer que tanto la arena azul como la arena sílice tenga un personal capacitado para



la obtención en los lugares adecuados ya que algunos suelen tener una capa de suelos orgánicos.

### **Antecedentes Nacionales**

(Carolina Alejandra Pérez Collantes, 2014). “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada” ( tesis para obtener título de ingeniero civil) de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima–Perú cuyo objetivo general trata sobre el “estudio de la conducta de la ceniza volante que se adquiere de la combustión del carbón en una central termo eléctrica para poder utilizarlo como un material estabilizador de suelos arcillosos y su función como una capa de sub-rasante de un pavimento” en conclusiones nos dice que la ceniza volante empleada es de tipo F , ya que la suma de sus porcentajes de sus constituyentes principales ( $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$ ) es mucho mayor a 70 por ciento. En el ensayo de CBR también concluye que la mezcla agranda su resistencia a una cantidad de 9 por ciento con una proporción de 20 por ciento de ceniza volante y 80 por ciento de arcilla, el valor de CBR al 100 por ciento de la MDS, creció en un rango de 8.3 por ciento a 17.3 por ciento adicionando la ceniza volante con una proporción de 20%. En la cual recomienda que esta alternativa de sub rasante a estabilizar es recomendable para carreteras de bajo volumen de tráfico.

(Roxana María Ugaz Palomino, 2006). “Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub-rasante” (tesis para obtener su título de ingeniero civil) en la Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú cuyo objetivo principal detalla “estudiar el comportamiento de diferentes estabilizantes químicos de suelos aplicados a distintos tipos de muestras en todo el país para su uso en vías de transporte”. En conclusión se pudo obtener que se debe utilizar cal hidratada en buenas condiciones y esta cubra con las especificaciones requeridas, la cal hidráulica que es un producto de piedras calizas con mucho más del 5% de suelos arcillosos, dan un material que cumple con las propiedades de aumentar su volumen al hidratarlos y además de resanas en lugares húmedos y por debajo del agua, siendo la cal una de las más resaltantes para estabilizar los suelos. También determino que existen limitaciones para la aplicación de cloruros la cual describe como más importantes que en el medio ambiente se tenga una humedad mucho mayor al 30%, que se tenga materiales que pasen la malla número 200 y que estos minerales reaccionen muy bien favorables con la sal. Al finalizar recomienda hacer una investigación de todos los aditivos que más resultados positivos han dado en todo el territorio peruano.

(Segura Romero Cesar diego, 2015). “Estabilización de suelos de alta plasticidad usando cemento portland en el departamento de Lambayeque”, (tesis para ser titulado de ingeniero civil) cuyo objetivo principal fue “estudio del cemento como un agente estabilizador adicionando proporciones de 7 por ciento, 10 por ciento, 13 por ciento, 16 por ciento, 19 por ciento, y 22 por ciento, para así poder encontrar resistencias y nos permitan compararlas con los suelos naturales”. En la cual concluyo que el estudio permitió establecer los rangos apropiados de cemento para así poder dar una mejora en sus características del suelo natural.

#### **Antecedentes Locales**

(Darko Nesterenko Cortes, 2018). “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”– Piura, (en su Tesis para optar por el Grado de Máster en Ingeniería Civil). Cuyo objetivo fue “determinar el procedimiento de construcción de estabilización de suelos por medio del uso de polímeros conforme a la realidad del Perú aplicando métodos propios del contexto que son los tipos de mecanismos de realización y rendimientos de construcción” en la cual concluyo que se pudo ver una ampliación de los MDD de los modelos de suelos afianzados a base del PAM frente a las muestras en su estado original, presentando un aumento del 2% en un promedio. Por lo tanto el PAM posee una capacidad de escarificar las capas granulares que se forma en parte del paquete de la estructura del pavimento, mejorando la vida útil de pavimento, también pudo ver el aumento del CBR al incorporar el PAM de las muestras en su estado original, en la cual presento un aumento de 70% en un promedio al 95% MMD y aumentos de 58% al promediarlo con 100% MMD la demostraba su mayor desempeño para muestra con un  $IP \geq 9$  que esta implica en aumentar su capacidad portante del pavimento la cual también aumenta su vida útil.

## **TEORÍAS RELACIONADAS**

### **Carretera**

Se caracteriza por ser una infraestructura rígida de transporte que se considera pavimentada o no pavimentada, y está destinada para la circulación del tránsito de vehículos compuesta de dos o más ejes, cuyas caracterización geométrica se describen en: pendiente transversal, pendiente longitudinal, sección transversal, superficie de rodadura y otros elementos que la conforman. El diseño para un proyecto de carretera, es la parte más importante ya que debido a sus características establece su estructuración, con la proyección de que la vía sea muy eficaz, cómoda, segura, estética y económica (Manual de Carreteras Diseño Geométrico, 2018, p. 10).

### **Clasificación de Carreteras**

La clasificación a la red vial, se viene dando por diversos factores eficaces, de demanda y geográficos, estos consienten concretar la clase y jerarquizar la red vial del Perú, con finalidad para aprobar el uso de caracteres precisos acorde a la conveniencia de la carretera en proyecto (Manual de carreteras, 2014).

#### **a) Clasificación de Carreteras por su Función**

- Las redes viales nacionales se encuentra establecido por las numerosas carreteras que enlazan las importantes localidades del país con puertos y límites fronterizas, cuyo funciones se encuentra a mando del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (García, 2015, p. 6).
- La red vial departamental está conformada por un sistema delimitada primordialmente de una zona departamental, cuyas autoridades están a mando de la asamblea transitoria del manejo regional (García, 2015, p. 6).
- La red vial vecinal o rural está conformado por carreteras de aspecto local, cuya funcionalidad es enlazar provincias con distritos y puntos poblados, dichos dirigentes están a mando las municipalidades (García, 2015, p. 6).

## **b) Clasificación de Carreteras Según su Demanda**

- Autopista de primera clase: Están dadas por aquellas autopistas por la cual transitan un índice medio diario anual mayor a 6 000 veh/día (Manual de carreteras diseño geométrico, 2018, p. 12).
- Autopista de segunda clase: Están dadas por aquellas autopistas por la cual transitan un índice medio diario anual entre 4001 y 6000 veh/día” (Manual de carreteras diseño geométrico, 2018, p. 12).
- Carreteras de primera clase: Están dadas por aquellas carreteras por la cual transitan un índice medio diario anual entre 2001 y 4000 veh/día” (Manual de carreteras diseño geométrico, 2018, p. 12).
- Carreteras de segunda clase: Están dadas por aquellas carreteras por la cual transitan un índice medio diario anual entre 400 y 2000 veh/día (Manual de Carreteras Diseño Geométrico, 2018, p. 12).
- Carreteras de tercera clase: Están dadas por aquellas carreteras por la cual transitan un índice medio diario anual menor a 400 veh/día (Manual de Carreteras Diseño Geométrico, 2018, p. 12).
- Trochas carrozables: Son caminos accesibles al tránsito, pero que no alcanzan tales características geométricas de una carretera, pero en la cual transita un índice medio diario anual por lo general es menor a 200 veh/día (Manual de carreteras diseño geométrico, 2018, p. 13).

## **Situación del Sistema Vial del Perú**

Las condiciones actuales a cerca de las redes viales en el Perú son un componente espontáneo que contribuye al precio del transbordo. Los pésimos ambientes que se dan en las carreteras forman ciertas dificultades como lo que son, un largo trayecto de recorrido, inmensos gastos en la compra de gasolina o petróleo y un exceso de mantenimiento vehicular, sobre la cual se viene dando depreciaciones de aumentos económicos. En la fotografía 2 se presentaran referencias sobre las particiones de las redes viales del país (Manual de Carreteras MTC, 2014).

## **Infraestructura Vial del Departamento de Piura**

Los documentos difundidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) el 31/12/16, la capital departamental de Piura se encontraba con una red vial de 10,821.9 Km, de lo cual 1,894.6 Km pertenece a la red nacional, 1,218.6 Km a la red departamental y a la red vecinal 7,708.6 Km. Cifras que se indican en la fotografía 3.

### **Carreteras no Pavimentadas**

La capa granular que presentan una carretera no pavimentada se conforma por una extensión de rodadura, el cual habitualmente pertenecen a los caminos de menor capacidad vehicular, consigo una cantidad de ejes equivalentes aproximadamente de 300 mil EE. Para el factor del diseño de una carretera no pavimentada es importante tener en cuenta el control de la presencia de polvo, debido a que el polvo de estas carreteras es desprendido y emitido al aire en partículas por los agregados finos. La cantidad de polvo que se desprende de una carretera no pavimentada es muy variable, depende del tráfico que soporta, de la zona (lluviosa o árida), también las condiciones del afirmado. El control de la polvareda, se logra con la irrigación de agua natural, irrigación aplicando aditivos, aplicando materiales asfálticos, cales, cemento o usar productos químicos (Manual para el diseño de Carreteras no Pavimentadas, 2008, p. 6).

### **Particularidades fundamentales en la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas**

- a) Los caminos están formados de terreno natural y renovados con grava condensada por zarandeo (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas, 2008, p. 8).
- b) Los caminos mejorados con material gravoso están compuestos por un recubrimiento de material duro, preparada manual o por zarandeo de magnitud máxima de 75 mm (Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas, 2008, p. 8).
- c) Los caminos con afirmados están compuestos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, piedra, arena y finos o arcilla, distribuidos por medios mecánicos (zarandeo) (Manual para el diseño de Carreteras no Pavimentadas, 2008, p. 8).
- d) Las superficies de rodadura de los caminos con afirmados se logran estabilizar con material industrial y se dividen en:

- Afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.
- Suelos in-situ estabilizados con material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros (Manual para el diseño de Carreteras no Pavimentadas, 2008, p. 8).

## **Pavimentos**

Estructura conformada por una o más capas (sub-base, base y carpeta), construidas sobre la sub-rasante del camino que actúan de forma conjunta para sostener las cargas y proporcionar resistencia a los esfuerzos destructivos ejercidos por el tráfico, el clima y el agua.

### **Componentes Estructurales del Pavimento**

La infraestructura del pavimento está conformada por una o más capas de agregados sobrepuestas horizontalmente, las cuales se proyectan técnicamente y se confeccionan con material adecuado y compactado (Montejo, 2002, p. 2).

En lo habitual está compuesto por una cobertura de rodadura, base y sub-base apoyada en conjunto sobre la sub-rasante o terreno de fundición, la función de este conjunto de capas es de valiosa consideración debido a que:

- Reparten dichas cargas que provienen de la rasante del pavimento disminuyéndolas hasta pequeños valores tolerables en la sub-rasante
- Convienen ser adecuadamente tenaces para ellas mismas con el fin de soportar cargas sin deformarse. Aquellos soportes la cual se encuentran sostenidas a una carretera convencional, la infraestructura del pavimento se encontrara compuesto de tres capas llamadas base, sub-base y sub-rasante, en todo caso si se encuentran caminos de leve transito no será recomendable edificar un pavimento, se construirá con algunas capas de material granular (Montejo, 2002, p. 2).

Partes de la infraestructura del pavimento se describen a continuación.

### **a) Sub-rasante**

Se designa sub-rasante al material de suelo natural ubicado en el interior estructural del pavimento, pues la primera capa se preparará y compactará como manta de fundación para el pavimento (Manual de carreteras, 2014).

La particularidad para esta primera capa es que dependerá la mayor parte para dimensional el espesor con la que se diseñará el pavimento. Para la medida de estimación para cuya capa lo aplica la capacidad de soporte (CBR).

Se tendrá que ser precavido con los suelos sensibles a la humedad. Se describe en fortaleza a las imprevistas alteraciones volumétricas (esponjamiento). La sub-rasante y sus cambios de volumen de tipo expansivo logran originar graves perjuicios en las estructuras que se sobre apoyan en éste, por esta debida razón al proceder al construir pavimentos encima de este tipo de materiales se tendrá que tomar la previsión de evitar los cambios humectantes del suelo, y después optar el uso de permeabilizantes en la estructura (Montejo, 2002, p. 9).

Aquellas categorías de la sub-rasante se detallan en la fotografía 4.

- **Clasificación de Suelos según ASSTHO y SUCS**

**Clasificación: Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO).**

Para esta clasificación se puede observar que los suelos se ordenan en 7 agrupaciones (A-1), (A-2), (A-3), (A-4), (A-5), (A-6), (A-7) correspondiendo a su granulometría y a su plasticidad. Estas agrupaciones pertenecen a 2 clases de suelo: suelo granular y suelos limo-arcillosos. Grupos incluidos según la fotografía 5 de AASTHO.

**Clasificación: Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS).**

En este sistema unificado los suelos se diferencian por un símbolo de dos letras: la primera letra considera el tipo de suelo y la segunda letra describe características de plasticidad. Como se puede apreciar en la fotografía 6 de SUCS.

- **Caracterización de la Sub-rasante**

Las propiedades física-mecánicas del terreno natural se realizan mediante exploraciones de perforaciones de calicatas de 1.5m de altura, para cantidad mínima de calicatas que se pueden realizar en un kilómetro se realizaran dependiendo el tipo de carretera. Como se observa en la fotografía 7. La calicatas se situaran a lo largo del camino y de una manera alterna, interiormente en la carretera en tramos aproximados similares (Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos, 2014, p. 26),

- **Registro de Excavaciones**

Las perforaciones hechas en cada calicata, se conseguirán muestrario respectivo. Estas muestras se describirán en una repisa en la que se describirá el número de muestra, la ubicación de la calicata y la profundidad, para luego ser colocadas en sacos negros para ser llevadas al laboratorio de suelos. Asimismo, durante la perforación la calicatas se tomara nota de los espesores para cada estrato hallados durante la exploración (Manual de carreteras sección suelos y pavimentos, 2014, p. 27).

La cantidad de estos ensayos dependerá del tipo de carretera tal como se muestra en la fotografía 8.

**b) Sub-base**

La sub-base está compuesta por un material preparado de un (CBR  $\geq$  40%) por encima de la sub-rasante diseñada con el fin de reducir el espesor de la base. Cuya finalidad es recibir y distribuir las cargas aplicadas por el tráfico vehicular de manera equivalente ala sub-rasante. Además ofrece un mejor drenaje del pavimento e impedir la penetración del agua, también evitando hinchamientos que se pueden producir (Manual de carreteras sección suelos y pavimentos, 2014, p. 113).

**c) Base**

La función estructural de la base tiene como función fundamental absorber todas las cargas recibidas por el flujo de vehículos, y transportar estas cargas hacia la sub-base y esta transmitir las a la sub-rasante. Esta parte estructural será preparada de material



granular la que obtendrá gran resistencia de un ( $CBR \geq 80\%$ ), (Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p. 114).

#### **d) Capa Granular**

La capa granular que conforma parte de la estructura del pavimento, será cuando en esta carretera no esté sometida a un tránsito excesivo, sabiendo que además esta capa será la encargada de recibir y dispersar debidamente las cargas originadas durante el flujo vehicular, de modo que no se originen deformidades exageradas. Esta capa granular se obtiene al prepararla con material in-situ o de préstamo, y para los casos que no cumplan con las requisitos previstas por el manual de carreteras se acude al uso de alguna técnica de estabilización (Manual de Carreteras no Pavimentadas, 2008).

#### **Estabilización de Suelos**

Se caracteriza a la mejora que se otorga a las propiedades física-mecánicas que se realizan por operaciones mecánicas y aplicando productos sintéticos, químicos y naturales. La estabilidad se realizan frecuentemente a los suelos de baja capacidad de soporte, Algunos estabilizadores comúnmente conocidas son estabilizadores de suelo asfalto, suelo con cales, suelo cemento entre otros (Manual de carreteras sección suelo y pavimentos, 2014, p. 92),

#### **Criterios Geotécnicos en la Estabilización de Suelos**

- Para el caso de las sub-rasantes que contienen una capacidad de soporte  $CBR \leq 6\%$  y que presentan condiciones desfavorables, presencian humedad o fueron material de relleno, se realizaran estudios más profundos para la mejora de este suelo, ya sea por algún tipo de estabilizador mecánico, reemplazar el suelo natural con material de préstamo o estabilizarlo con productos químicos (Manual de carreteras sección suelos y pavimentos, 2014, p. 93).
- Para aplicar algún estabilizador de suelos, el terreno a estudiar tendrá que mostrar un suelos como: limos, arcilla, arena limosa o arcillosa (Manual de carreteras, 2014, p. 94).

#### **Propiedades geotécnicas en la estabilización de suelos**

La estabilización de las propiedades para el mejoramiento del suelo son las que deben ser tenidas en cuenta por el ingeniero (Montejo, 2002, p. 77),

#### **a) Estabilidad Volumétrica**

Los problemas que presenta la esta estabilidad volumétrica se producen en suelos expansivos por los constantes alteraciones de humedad. Una manera de cambiar la masa de suelo expansivo en suelos rígidos, es tratarlo con algún aditivo para resistir presiones de expansión, (Montejo, 2002, p. 76).

#### **b) Resistencia**

Para darle un mejoramiento a las propiedades del suelo se recomienda usar estabilizaciones mecánicas y químicas que son necesariamente como la cal, cemento o cualquier otro aditivo. Se tendrá que observar y analizar la cantidad del material orgánico que obtenga el suelo, debido a que esta sustancia orgánica no facilitan correctas estabilizaciones de las sub-rasantes (Montejo, 2002, p. 77).

#### **c) Permeabilidad**

Se consideran permeable a aquella masas que contienen o presenta vacíos o espacios huecos en la que el agua es absorbida, donde estos espacios huecos se encuentran entrelazados de manera que determina caminos en la que el agua se logra filtrar con fluidez, si no ocurre esto, el volumen de espacios huecos es pequeñísima, entonces se puede decir que los suelos serán impermeables. Este elemento se logra mejorar por la compactación de acuerdo a las características del suelo, mientras que los suelos sean más finos más complejas serán las permeabilidades (Montejo, 2002, p. 79).

#### **d) Compresibilidad**

Es los estados que muestran las masas de los suelos al disminuir su tamaño bajo efectos de compactación cambiando las resistencias de los suelos. Si hablamos de textura gruesa del suelo (grava y arena), las compresibilidades serán mínimas, ya que están en contacto sus partículas. De manera que en los suelos de granos finos, como la arcilla y limo, si se comprimen unas masas húmedas de dichos suelos, en sus volúmenes se produce una disminución. Las compresibilidades llegan al máximo mientras los suelos presenten mayores cantidades de materias orgánicas (Montejo, 2002, p. 79).

## **Tipos de Estabilización**

Teniendo en cuenta las propiedades antes mencionadas para mejorar los suelos, vamos a enumerar dos tipos de estabilizadores.

- Las estabilizaciones mecánicas, comprenden a procesos de compactaciones del suelos para encontrar su resistencia (Márquez, 2005, p. 7),
- Las estabilizaciones químicas, se refiere a la mejora de las propiedades mecánicas y físicas de los suelos mediante las adiciones de productos químicos como los cementos, las cales, los cloruros de magnesio (Márquez, 2005, p. 7).

## **Estabilización con Productos Químicos**

- **Cal**

Al preparar la mezcla de la cal con el suelo, se originan unas reacciones rápidas de floculaciones e intercambios iónicos, seguidas de otras muy lentas de tipos puzolánicos, con nuevas formaciones de productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas de los suelo se combina con las cales en presencias de aguas para así formar silicato y aluminato cálcico insoluble. La cal y uno de sus efectos más importantes en el suelo, es el cambiar su plasticidad apreciablemente. Por ejemplo suelos de plasticidades con un  $IP < 15\%$ , aumentando tanto el limite liquido como también el limite plástico, y también muy rápidamente su índice de plasticidad; en cambio, con suelos de plasticidades con  $IP > 15\%$  baja el IP. Y también sube la humedades óptimas de compactaciones, lo que permite las densificaciones de suelos de elevadas humedades naturales, que de otros modos no permitiría la construcciones de las capas de rodaduras sobre ellos (Manual de carreteras y Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 116).

- **Cemento**

Los suelos más proporcionados para la estabilización con cemento son los granulares tipo (A-1), (A-2), (A-3), con finos de plasticidad baja o media ( $LL < 40$ ,  $IP < 18$ ). La resistencia del suelo-cemento incrementa con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al aplicar el cemento al comenzar el fraguado, su índice plástico ira disminuyendo, su límite liquido cambia levemente mientras su densidad máxima y su

humedad óptima disminuirá o incrementara levemente, según el tipo de suelo (Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2013, p. 118).

- **Escoria**

En caso de escasez de finos, se podrá efectuar una mezcla de escoria, arena fina y cal, no obstante, en este caso no se admitirá el uso de cal viva, porque podría causar expansión en el suelo. En los suelos estabilizados con escoria y cal el porcentaje estimado en peso de cal se encuentra en 1.5 y 3% y del escoria entre 35% - 45% en volumen (Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 119).

- **Cloruro de sodio**

La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de Na Cl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el Sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante (Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 120).

- **Cloruro de Calcio**

El cloruro de calcio utilizado para la estabilización de la vía, proviene de la reacción del cloro con el hidrógeno, dando como resultado un ácido clorhídrico de mayor pureza y por ende el cloruro de calcio es la reacción química del ácido con la caliza (carbonato de calcio); cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo (Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 297).

- **Cloruro de Magnesio**

El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de

magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad (Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, p. 122).

## **Cenizas Volantes de Carbón**

### **Naturaleza y Propiedades de las Cenizas Volantes**

Las cenizas volantes de carbón son polvos finos grises, producto de una combustión pulverizada de carbón es arrastrado por los gases, la cual es producida en las Centrales Térmicas como un subproducto. El cual se forma a partir de mecanismos incombustible de ce cenizas volantes de carbón, el carbón contiene a veces partículas como impurezas. La cual su tamaño varía de esas partículas entre 1.00 y 80.00 micras. Se observa por medio de microscopio las partículas bien finas en la cual se puede ver huecas esferas translucidas. Varía el tamaño de carbón entre 10.00 y 300.00 micras. Varía su composición de las cenizas volantes de carbón considerablemente. Está conformado por sílice más del 85.00 %; alúmina, óxido de hierro, magnesio y cal, con unas pequeñas proporciones de potasio y óxido de sodio y óxido de azufre (SO<sub>3</sub>). La fase vítrea en su diligencia cumple un papel fundamental, que es la cual es la activa. Suele variar el peso específico entre 2,20 y 2,50. Es gris su color típico. El color oscurecido suele ser relacionarse con un alto contenido de carbón. Las cenizas volantes, por su originalidad, suelen ser «inherentes», la cual quiere decir que son procedentes de componentes asociados con carbón estructuralmente, y suele ser «no inherentes», cuando los finos estratos de limo que frecuentemente atraviesan los estratos volantes de carbón, y en rocas marginales cuya fracción «no inherente» suelen ser separadas en lo económico hasta un 2.00 – 3.00 %, del producto terminado; sin embargo, la fracción «inherente» no se puede separar por mecanismos mecánicos (López, Materiales de construcción, 1967, p. 24).

### **La aplicación de las cenizas volantes se basa principalmente en las siguientes características:**

- a) En su reactividad con cal las actividades puzolanicas, (directamente esta sea añadida, En las reacciones de hidratación la esta sea procedente de los componentes del cemento portland), para ocasionar conglomerantes compuestos (López, Materiales de construcción, 1967, p. 25).

- b) En una demanda pequeña de agua unido a un fino grano de tamaño, que determinan su concentración en hormigones como árido fino de cemento portland y también asfálticos, ya que suele frecuentemente faltar este tamaño en las arenas silíceas (López, Materiales de construcción, 1967, p. 25).
- c) En los componentes geológicos que informan a los morteros, hormigones en especial si es escaso en ultra finos de granos. Estos componentes se debe a sus características esféricas y a su volumen coloidal de partículas, que baja su permeabilidad considerablemente en estado plástico de los sistemas (López, Materiales de construcción, 1967, p. 25).

Su reactividad de las cenizas volantes de carbón, a una ordinaria temperatura, con cal en agua, habita en vítrea fase. En la resistencia se forman silicatos principalmente con aluminatos de calcio hidratados, si bien se forman mezclados de magnesio. que se han identificado por medio de rayos X, en métodos fraguados, hidratos del conjunto de tabernerita (silicato de calcio hidratado), etringita (sulfoaluminato disuelto de calcio ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 30-32 \text{H}_2\text{O}$ )), y un sulfoaluminato con un contenido menor en  $\text{SO}_3$  ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12 - 13 \text{H}_2\text{O}$ ) (López, Materiales de construcción, 1967, p. 25).

Sin adición de cal la etringita tendrá lugar a su formación. Se le atribuyen a estas circunstancias las tendencias a endurecerse las cenizas volantes de carbón húmedas y apiladas. Se ha verificado que el óxido magnésico de las cales monohidratadas dolomíticas reaccionan también con cenizas volantes de carbón; de modo, que los carbonatos y los hidróxidos magnésicos y son por lo general son inactivos. En el siguiente orden de afinidad puzolánica se ha dado las cales:

- Dolomítica cal monohidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgO}$ ).
- alto contenido de cal en hidróxido calcico ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).
- Dolomítica Cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$ ).

Realizadas Experiencias con cenizas que procedan de lignitos han expuesto que el óxido cálcico la cual forman parte de sus composiciones pueden renovarse con la fase vítrea de agua en su presencia. La reacción tiene lugares con un alto aumento de maza, que cuando una vez que son fraguadas pueden ser peligrosas (López, Materiales de construcción, 1967, p. 25).

## **Especificaciones de las Cenizas Volantes**

El objetivo de las descripciones es asegurarse que existen los patrimonios deseados en determinados productos, que por lo general no se den diferencias perjudiciales o que asomen en un nivel pasadero para un fin alcanzado, y que la conducta y los patrimonios son iguales entre distintos lotes y en cada lote. Continuamente la respuesta de las descripciones es una responsabilidad entre la aspiración del cliente en afirmar que es satisfactorio el producto para su necesidad y tener el aspiración el creador sacar a la venta todo lo que produce (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

Las cenizas volantes tiene uno de sus inconvenientes mayores es que repetidamente presenta uniformidad. Sus composiciones químicas varían entre los diferentes ejes de elaboración y de vez en cuando en cada sede de producción. Esta circunstancia no es de extrañar, si consideran las discrepancias entre diferentes carbones y los diferentes contextos de combustión de una central hacia otras, y así se puede ver en una misma central. Y por una nueva parte, no se puede dejar de lado la gestión esencial de las Centrales Térmicas es producir u ocasionar la energía eléctrica. De lo cual se deriva la jerarquía y el problema de fabricar detalles para este producto de composición y características tan variadas (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

En la preparación de detalle para las cenizas volantes de carbón a modo se constituyen del cemento de los hormigones la cual se ha seguido criterios semis-empíricos, en el cual se ha considerado, juntamente, el desarrollo puzolánico de conjunto, varios programas de ensayos en los que se han estudiado las propiedades de los productos hechos con los distintos modelos analizados, y la práctica en realidad de las obras (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

Esto viene a ser que se estén continuamente mejorando los detalles se puede reconocer que tiene muchos puntos débiles las actuales; como por ejemplo, en los ensayos de composiciones químicas no se diferencia entre sílice inactiva e activa, o con cal combinada o libre. Favorablemente, los estudios de actividades puzolánicas y los estudios de expansiones y autoclaves, la cual se resuelve los problemas por medio de propiedades en cuestión de una medida directa (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

El contenido de carbón en las cenizas volantes, muy aparte de bajar su grado puzolánico del conjunto, la cual este tiene un porcentaje de filtración encima de los aireantes agentes del

hormigón, lo que exige a aumentar considerablemente su dosificación de los mismos, con el objetivo de lograr un definitivos contenidos de aires ocluidos. Se hace muy difícil el control al entrar de una pérdida al fuego gigante al 7% (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

Se debe tener una atención especial a la alta demanda de H<sub>2</sub>O (agua) en hormigones y morteros los cuales son hechos con cenizas volantes. La demanda de H<sub>2</sub>O puede ser variable entre un rango del 85% y el 115 % respecto del hormigón y mortero de control, y lleva una relación con el porcentaje de carbón. Los factores los cuales necesitan de una alta demanda de H<sub>2</sub>O son conocidos contraproducentes (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

ASTM, en sus especificaciones C350, contiene el requisito siguiente sobre igualdad de cenizas volantes de carbón: No deberá variar la superficie específica mayor del 15.00 %, ni debe variar el peso específico mayor del 5.00 %, de las procedentes 10 muestras, o son menos de 10 de todos los ensayos anteriores (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

**Las especificaciones y normas ASTM relativas a cenizas volantes, para su uso en hormigón, son las siguientes:**

- ASTM Nominación C 350: Determinaciones para cenizas volantes de carbón usadas como aditivos de mezclas de cemento portland».
- ASTM determinación C 311: Procedimiento de tomas de prototipo y de ensayos de las cenizas volantes utilizadas como agregado del hormigón de cemento portland».

Las determinaciones ASTM para cemento puzolánico hechos a base de cenizas volantes de carbón como constituyentes puzolánico, los cuales se pueden ver en la norma ASTM Designaciones C340: Determinaciones para tipos de cementos puzolánico (Tipos IP). En ello y entre otros escenarios, se puede ver lo que a continuación se detalla: El proveedor debe mantener en contacto por escrito, a pedido de los compradores, el principio, simetría y contextura de la puzolana asada en la obtención del agregado que es el cemento. En la cual también se detallan metas para la igualdad de composiciones, que se controlan por medio de la transición de los contenidos en (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO), de cemento (López, Materiales de construcción, 1967, p. 26).

Más normas ASTM en la cual habla sobre cenizas volantes de carbón las que a continuación se puede ver:



Designación C90: “Detalles para bloque hueco de cargas”

Designación C94: “Detalles sobre hormigones pre-mezclado”

Designación C270: “Detalles para mortero de albañilería”

Designación C387: “Detalles sobre materiales y el llenado, para morteros y hormigón seco pre-mezclados”

Designación C593: “Detalles de cenizas volantes y otras puzolanas para su aplicación en mezcla con cal”

Las primordiales consumidoras industrias de cenizas volantes en los EE.UU las usan como:

- 1.- Como componentes de hormigones de cementos portland y en inyección. La ceniza volante de carbón se logra agregar, bien en la planta de cementos, o bien en las hormigoneras.
- 2.- En las conglomeraciones de capa de estructuras de cimentaciones de base y sub base, de pista y carretera, y en la estabilidad de los suelos
- 3.- Como finos rellenos en hormigón asfáltico
- 4.- En la elaboración de árido rápidos para hormigones
- 5.- Como rellenos selectos en pistas, cimentación en general, etc.

Otros siguientes campos de consumo:

- a) Como aditivos de arena naturales de fundición.
- b) Como aditivos en muros de albañilerías.
- c) Como componentes de mezcla para las limpiezas de superficie metálica (chorro de arenas).
- d) En la elaboración de bloques acústicos.
- e) En cemento aislante.

Fuera de EE.UU (Estados Unidos) es de resaltar los altos consumos de ceniza volante: en el país de Inglaterra, en relleno estructural de autopista, aeropuerto, etc. en el país de Francia, como reemplazo de partes de los cementos portland; en el país de Holanda, en la elaboración

de ladrillo, y en el país de Alemania, en la elaboración de paneles y bloques de hormigones celulares (Materiales de construcción, 1967, p. 22).

### **Hormigón de Cenizas Volante en Carreteras**

Últimamente se está usando en EE.UU hormigones de cenizas volantes, cal de firmeza de suelos húmedos compactados, como una base de pavimento semiflexible de carretera, autopista, pista de aterrizaje y parqueos. Los materiales a usar son: Ceniza volante, cales apagadas, agua y áridos. Las proporciones de ceniza volante de carbón en las mezclas secas suelen ser variables entre 10.00 y 15.00 %. La correlación entre cal y cenizas volantes está universalmente percibida entre 1 y 3 - 1 y 6. Las composiciones y las humedades óptimas deben ser determinadas en casos a calcular. Si suponemos contenidos en ceniza volante de un 15.00 % en hormigones, con  $1 \times 10^6$ t de este sub-producto se pueden hacer una preparación  $7 \times 10^6$ t de hormigones puzolánico, en cantidades suficientemente para poder construirse 2.100 km de bases estructurales de carreteras, con unos espesores de bases de 20.00 centímetros. Los hormigones puzolánico se mezclan con amasadoras en estaciones dosificadoras y son transportadas a la obra en carros convencionales. Los hormigones, deben tener una humedad que se aproxime a la óptima de compactaciones, se colocara y se compactara con equipos normalmente empleados en ejecuciones de base de carreteras de pavimentos flexibles (Materiales de construcción, 1967, p. 22).

### **Ensayos de Laboratorio**

Para esta investigación se realizaran ensayos de laboratorios que son los siguientes:

- **Análisis Granulométrico**

Para el manual ensayos de materiales (MTC, 2016, p. 44). Esta Forma Operante detalla el procedimiento para establecer las proporciones de suelos los cuales pasan por distintos tamices a usar en los ensayos, hasta de 74 mm (N°200).

Para el manual ensayos de materiales (MTC, 2016, p. 45). Sean según los tipos de material fino de las muestras, el estudio se hace con tamices con la muestra entera, o puede ser con una parte ya una vez separado los finos después del lavado. Si la necesidad de lavar la muestra no se puede determinar por examen visual, se pone a secar en horno una porción de material húmeda luego se examina sus resistencias en material seco así rompiéndola entre nuestros dedos.

- **Contenido de Humedad**

Para el manual ensayos de materiales (MTC, 2016, p. 45). La humedad o contenido de humedad de una tierra es las relaciones, mencionada como %, del contenido del peso de H<sub>2</sub>O en cada masa de tierra, a su peso de partículas consistentes. Este encuentra el ensayo del peso del agua que se eliminó, haciendo secar la tierra húmeda hasta pesos constantes que son controladas por un horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . El peso de tierra que fue secado en el horno se usa para determinar el peso de las partículas sólidas. Y cuando se pierde el peso por el secado se considera el peso del agua.

- **Límites de Consistencia de Atterberg**

Para (Cubas Benavides, Kevin y Chávez Arroyo, José Carlos. 2016, p. 67). La idea es crear en la forma a alcanzar para establecer los términos de firmeza de un suelo. Tomar las medidas de límites de humedad y así reconocer su plasticidad de dichos suelos para su posterior categorización. Encontrar el % de humedad de los suelos que han producido cilindros cerca de 3mm de diámetros. En si los porcentaje o contenidos de aguas que limitan los estados plásticos de los estados resistentes semisólidos. Encontrar los contenidos de humedad por lo cual no presenta por debajo cambios muy adicionales en volúmenes de unas masas del suelo y así encontrar una respuesta cuantitativa del cambio en su totalidad que puede ocurrir.

- **Límite Líquido (LL)**

Para (Cubas Benavides, Kevin, Chávez Arroyo y José Carlos (2016, p. 67). Los contenidos de humedad por bajo de los cuales los suelos se comportan como unos materiales plásticos. A estos niveles de contenidos de humedad los suelos están en el punto de cambiar sus comportamientos al de unos fluidos viscosos. Los cuales se encuentran en el término entre el límite líquido y plástico.

- **Límite plástico (LP)**

Para (Cubas Benavides, Kevin, Chávez Arroyo y José Carlos, 2016, p. 67). El límite plástico es el contenido de humedad por bajo de los cuales se pueden considerar los

suelos como materiales no plásticos. Es los límites convencionales entre etapas semisólidas y plásticas. Se define como contenido de húmeda de los suelos a los cuales un cilindro se destroza o se agrieta, cuando este es enrollado a un diámetro de aproximado de 3mm.

- **Índice de Plasticidad (IP)**

Para (Cubas Benavides, Kevin, Chávez Arroyo y José Carlos, 2016, p. 67). Un Índice de baja plasticidad, como ejemplo de un 5.00%, representa que lo poco de incrementos en los contenidos de humedades de los suelos, lo transforman de semisólidos a las condiciones de líquidos, esto quiere decir que resulta sensible a cambios de humedades. Por lo siguiente unos índices de plasticidades altas, como un ejemplo de un 20.00%, indican que un suelo pueda pasar de un estado semisólido a líquido se le debe agregar grandes cantidades de agua.

• **Proctor Estándar**

Para (El manual de ensayos de materiales, 2016, p. 105). Este tipo de ensayo cubre los ordenamientos de compactaciones en los laboratorios que se usan para poder encontrar la relación entre contenidos de H<sub>2</sub>O y su peso unitario seco de las muestras de suelos - curva de compactación- compactado en moldes con unos diámetros de 101.6mm (12 400 pie-lbf/pie<sup>3</sup>).

• **Proctor Modificado**

Para (El Manual de ensayos de materiales, 2016, p. 105). Abarca este ensayo procedimientos usados a compactación en laboratorios, para poder determinar su relación que existe entre contenido de H<sub>2</sub>O y su peso seco unitario de suelos y -curva de compactación- compactado en un molde de 101.6 ó 152.4mm (de 4 ó 6 pulgadas) de diámetros con unos pisones de 44,5N(10 lbf) que este puede caer desde una altura de 457mm (18 pulgadas), y así ocasionando energía de compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pies-lbf/pie<sup>3</sup>).

- **California Bearing Ratio (CBR)**

Para (El Manual de ensayos de materiales, 2016, p. 145). Este ensayo trata sobre el procedimiento para así obtener un índice de resistencia de cualquier suelo, como CBR (California Bearing Ratio). Este ensayo se llevara a cabo con normalidad sobre el suelo ya preparado en el laboratorio de mecánica de suelos en condiciones de humedad determinadas y densidades; como también se puede hacer sobre unas muestras inalteradas que se toman del terreno.

Este método se lleva a cabo para poder determinar y evaluar la potencial resistencia de material de base, sub base y sub rasante.

## **Ensayos Químicos**

Para esta investigación se realizaran ensayos de laboratorios

- **Contenido de Sales Solubles Totales**

La norma técnica peruana instauro la elaboración de un extracto que tiene abundante agua para determinar el contenido de sal en los suelos, después esta técnica de ensayo es muy conocida para determinar solidos que pueden ser diluidos en agua, la cual se puede aplicar como una opción a muestras de agua en el subsuelo (NTP, 339.152, 2002, P. 1).

- **Determinación de Cloruros**

Este estudio se lleva a cabo sobre una alícuota de un extracto con abundante agua de los suelos o de los agregados que estas contienen cloruros y sales solubles. Un milímetro de crómato de potasio se agrega como indicador y esta se reconoce como nitrato de plata hasta un punto que lo blanco de cloruro de plata sea pintado de un color rojo debido a su precipitación de crómato de plata, la titulación en sus primeras etapas, estas se forman los cloruros de plata esto por lo que tiene un alto contenido de iones, llega a un punto de equivalencia que la concentración de estos iones de cloruro baja y su concentración de iones de plata sube y también llega a un punto exacto que los iones de plata y cloruro van a ser las mismas con la presencia de nitrato de plata esto es suficiente para que forme un nitrato de plata.

- **Determinación de Sulfatos**

Este método se basa en la precipitación de sulfatos que muy poco son solubles la cual el método consiste en poner poco a poco una medida diluida de cloruro de bario en una temperatura muy caliente de sulfato acidificado con ácido nítrico.

Este análisis se realiza en medio ácido para así impedir sales de bario en formación, también lo precipitado que se forma está compuesto por cristales mucho más grandes y esto es más fácil de filtrar y bajar la co-precipitación.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **Problema General**

- ¿De qué manera el uso de las cenizas volantes de carbón mejora la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.

### **Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el estudio de suelos del tramo de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.
- ¿Cuánto sería la proporción de cenizas volantes de carbón para la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.
- ¿Cuánto influye el uso de las cenizas volantes de carbón para la mejorar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.
- ¿Cuál sería la resistencia del California Bearing Ratio (CBR) con el uso de cenizas volantes de carbón para la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.

## **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

### **Justificación Teórica**

En esta investigación tiene una justificación de valor teórico, pues no contamos en la región Piura un estudio con el conocimiento de aplicar esta nueva manera de mejorar los suelos usando las cenizas de carbón, también nos profundizaremos en aplicar esta nueva técnica, analizando los resultados y verificando si la hipótesis será positiva o negativa, ya que se analizarán de una manera fructífera el fenómeno correspondiente.

### **Justificación Práctica**

Asimismo, tiene una relevancia social, ya que el presente proyecto ofrecerá a la comunidad servicios de calidad, y así poder brindar una mejor calidad de vida a los habitantes a través del flujo vehicular, también se justifica que los futuros resultados de este proyecto servirán de mucha relevancia para futuros proyectos de construcciones viales los cuales se ejecutan a nivel regional o local. De tal manera con este proyecto de investigación se buscara presentar a gobiernos tanto locales como regionales los cuales busquen poder implementar esta solución a su problemática. De esta manera poder buscar un desarrollo a nivel predominante al actual.

### **Justificación Social**

Asimismo, tiene una relevancia social, ya que el presente proyecto ofrecerá a la comunidad un buen servicio, de esta manera dar una mejor calidad de vida a los habitantes a través del flujo vehicular, también se sustenta en que los resultados de este proyecto de investigación serán de mucha utilidad para futuros proyectos de construcciones viales que se ejecutan a niveles locales o regionales. De igual manera, se podrá presentar a gobiernos locales que busquen implementar este tipo de soluciones a dichas problemáticas; de tal manera que busquen niveles de desarrollos predominantes a los actuales

### **Justificación Metodológica**

Además presentara una justificación de unidad metodológica, de manera compleja se estará utilizando la observación como técnicas de recolección de datos, exploración y análisis, para la obtención de datos, Se pondrá de manera directa la variable más importante del estudio, logrando mejorar en la forma de experimentación del uso de cenizas de carbón, para dar con el desarrollo de cada objetivo.



## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis General**

- El uso de las cenizas volantes de carbón podrá mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.

### **Hipótesis Específicas**

- La determinación del estudio de suelos tendrá relación con el uso de ceniza volantes de carbón de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.
- La proporción de las cenizas volantes de carbón podrá mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.
- La influencia del uso de las cenizas volantes de carbón podrá mejorar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.
- La obtención de la resistencia del California Bearing Ratio (CBR) con el uso de ceniza volantes de carbón podrá mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Usar las cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el estudio de suelos de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.
- Calcular la proporción de cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.
- Determinar la influencia del uso de las cenizas volantes de carbón en las propiedades físicas, mecánicas y químicas en la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.
- Obtener la resistencia del California Bearing Ratio (CBR) con el uso de cenizas volantes de carbón en la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.

## **II. METODO**

### **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **Diseño de Investigación**

El diseño metodológico que se empleara en este presente proyecto de investigación será experimental. Porque Según (Arias, 2012). Concluye que las investigaciones experimentales son unos procesos que consisten en someter a un grupo o a un objeto, a condiciones determinadas, tratamientos o estímulos (variables independientes), para llegar a ver efecto o reacción que se produce (variable dependiente). Finalmente, para este estudio se tomara una muestra de nuestra zona de estudio que será sometida a un factor de mejorar sus características con el uso de cenizas volantes.

#### **Tipo de investigación**

Este tipo de estudio es de tipo Aplicado pues toma el calificativo de una investigación empírica o práctica, que se le conoce y se caracteriza porque suele buscar la utilización o aplicación de conocimientos que se han adquirido, luego de sistematizar e implementarlas practicas basadas en el estudio. El resultado de este estudio y el uso de los conocimientos que nos da resultados de formas rigurosas, organizadas y sistemáticas de conocerse las realidades. De la misma manera, para este estudio se reconoció la realidad problemáticas de nuestra zona de estudio con el propósito de darle solución aplicando nuevas técnicas y los conocimientos adquiridos como nuestros manuales nacionales e internacionales.

#### **Enfoque de Investigación**

Este presente proyecto de estudio es de tipo cuantitativo. Según (Landeau, 2007). El tipo de investigación cuantitativa busca la verificar o comprobaren forma deductiva de propuestas impensadas echas fuera de contexto en el que se lleva a cabo el estudio, es por ello que se construye hipótesis entre las variables y después verificar las medidas de dichos efectos. Por lo tanto, para esta investigación de mejorar la sub-rasante de la Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer, establecimos teorías de investigación del uso de cenizas volantes de carbón, por medio de ello se formula las hipótesis. Calculamos en función de los indicadores las variables, y se evaluara estos cálculos para luego poder plantear conclusiones.

## **Nivel de Investigación**

Para Murillo (2008), la investigación exploratorio, ya que indaga desde una perspectiva innovadora ayuda a identificar conceptos promisorios; asimismo preparara el terreno atreves de estudios complementarios que aporten de manera macro a la utilización de nuevas tecnologías. (Sanpieri, 2010, p. 31).

## **VARIABLES Y OPERACIONALIZACION**

### **Variables**

#### **Variable Independiente**

- Uso de cenizas volantes de carbón

#### **Variable Dependiente**

- Mejorar la Sub-rasante

**Tabla 1.** Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Uso de las cenizas volantes de carbón	Según la Norma Española UNE-EN, "las cenizas volantes de carbón se definen como un polvo fino de partículas principalmente esféricas, cristalinas originadas por la combustión del carbón pulverizado que tiene propiedades puzolánicas, y que está compuesto fundamentalmente de SiO <sub>2</sub> y Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> "	Cantidad de cenizas volantes de carbón.	Para Misra (2000), "Las cenizas volantes de carbón se caracterizan por su contenido de cal y de sílice, por lo que se utilizan como estabilizador de suelos. El agente activador provee los compuestos puzolánicos, sílice y alúmina. Es así como las cenizas volantes pueden ser usadas para estabilizar suelos gruesos, finos o arcillosos".	Porcentaje (%) de cenizas volantes de carbón	Razón
		Diseño de mezcla con cenizas volantes de carbón	Para Laura Huanca (2006). "El proporciona miento de mezclas de cenizas volantes de carbón más común mente llamado diseño de mezclas en proceso, estas proporciones dependerán que de cada ingrediente en particular los cuales a su vez	Cemento portland (Tipo IV)	Razón
					Cantidad de finos
				Cantidad de gruesos	Razón

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
			dependerán del uso particular de la cenizas volantes de carbón".		
				Porcentaje de cenizas volantes de carbón	Razón
	Para el Manual de Carreteras MTC (2014), la "estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos".			Calicatas: Perforación de terreno (MTC, Manual de Suelos, Geotecnia, Geología y Pavimentos)	Razón
		Propiedades físicas de la sub-rasante usando cenizas volantes de carbón.	Para EL Ing. L. Rucks (2004), "La condición física de un suelo, determina la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la capacidad de drenaje y plasticidad", mejorándolo con el uso de cenizas volantes de carbón.	Análisis granulométrico. (MTC E 107-ASTM D422 )	Nominal
Mejorar la sub-rasante				Contenido de humedad. (MTC E 108-ASTM D2216)	Razón
				Limite líquido. (MTC E 110-ASTM D4318)	Razón
				Limite plástico.(MTC E 111-ASTM D4318)	Razón
		Propiedades mecánicas de la sub-rasante	Para Flores Delgadillo (2010), "La resistencia mecánica es una propiedad mecánica del suelo	Proctor estándar o modificado. (MTC E 115-ASTMD1557)	Razón

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
		usando cenizas volantes de carbón	que se utiliza en estudios de densidad, traficabilidad y compactación". Mejorándolo con el uso de cenizas de carbón.	California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883)	Razón
		Propiedades químicas de la sub-rasante usando cenizas volantes de carbón	Para Arguelles (2008), "Las propiedades químicas son aquellas que nos permiten reconocer las cualidades del suelo cuando se provocan cambios químicos o reacciones que alteran la composición y acción de los mismos", con el uso de cenizas volantes de carbón.	Contenido de cloruro solubles (AASTHO T291), usando cenizas volantes de carbón Contenido de sulfatos solubles (AASTHO T290), usando cenizas volante de carbón	Razón Razón
				Contenido de sales solubles totales (NTP 339.152), usando cenizas volante de carbón	Razón

Fuente: Elaboración propia, 2018.



## **POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **Población**

La población es toda la Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer, Piura-Piura.

### **Muestra**

La muestra es un tramo de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura-Piura.

## **TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

Para nuestro primero objetivo, nuestra fuente del estudio de mecánica de suelos se utilizaron las técnicas de observación y exploración de gabinete y campo, donde el análisis documental se obtuvo del Manual de Suelos, Geotecnia, Geología y Pavimentos; y del Manual de Ensayos de Materiales (Ministerio, Transporte y Comunicaciones, 2014), Y las normas AASHTO T291 (contenido de cloruros solubles), AASHTO T290 (contenido de sulfatos solubles) y la Norma Técnica Peruana (NTP, 339.152). Cuyas herramientas fueron fichas Excel y/o modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio, los cuales fueron validados por el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Piura, firmados y sellados por los siguientes ingenieros: Ing. Rodolfo Ramal Montejo, Ing. Krissia del F. Valdivieso Castillo y el Ing. Cristhian A. León Panta. Y también por el laboratorio de mecánica de suelos la Universidad Nacional de Piura con sello y firma del Dr. Ing. Luis Moran Yanez.

En el segundo objetivo con el uso de las cenizas volantes se determinó la proporción con la técnica exploración en laboratorio, cuyos instrumentos fueron fichas Excel y modelos para el proporcionalmente de datos, en donde los resultados fueron validados por el laboratorio de mecánica suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

Asimismo para nuestro tercer objetivo, se determinaron las propiedades mecánicas, físicas y químicas con el uso de cenizas volantes en la muestra natural. La técnica usada fue la exploración en laboratorio, donde el análisis documental se obtuvo del Manual de Ensayos de Materiales (Ministerio, Transporte y Comunicaciones, 2014). Y las normas AASHTO T291 (contenido de cloruros solubles), AASHTO T290 (contenido de sulfatos solubles) y la Norma Técnica Peruana (NTP, 339.152). Cuyas herramientas que se usaron son los formatos o fichas Excel y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio, los cuáles fueron validados por el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Piura, firmados y sellados por los siguientes ingenieros: Ing. Rodolfo Ramal Montejo, Ing. Krissia del F. Valdivieso Castillo y el Ing. Cristhian A. León Panta. Y también por el laboratorio de mecánica de suelos la Universidad Nacional de Piura con sello y firma del Dr. Ing. Luis Moran Yánez.

Finalmente para el cuarto objetivo para determinar la resistencia del California Bearing Ratio (CBR) se continuo con las mismas técnicas de observación y exploración de laboratorio, con

el análisis documental del Manual de Ensayos de Materiales (Ministerio, Transporte y Comunicaciones E132 – ASTM D1883, 2014), cuyas herramientas fueron fichas Excel y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio, los cuáles serán validados por el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Piura, y firmados y sellados por los siguientes ingenieros: Ing. Rodolfo Ramal Montejo, Ing. Krissia del F. Valdivieso Castillo y el Ing. Cristhian A. León Panta.

**Tabla 2.** *Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.*

<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>FUENTE</b>	<b>TECNICA</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>LOGRO</b>
Determinar el estudio de suelos de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Perforación de calicatas de la zona de estudio	Observación, exploración de gabinete - campo y análisis documental	Fichas y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Determinar los tipos de suelos según su estratigrafía.
Calcular la proporción de cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Uso de cenizas volantes de carbón.	Exploración en Laboratorio técnico y análisis documental	Fichas y modelos para el procedimiento de datos.	Determinar la proporción de cenizas volantes de carbón para elaboración de mezcla para mejorar la sub rasante.
Determinar la influencia del uso de las cenizas volantes de carbón en las propiedades físicas, mecánicas y químicas en la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Estudio de mecánica de suelos.	Exploración en Laboratorio técnico y análisis documental	Fichas y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la sub-rasante usando las cenizas volantes de carbón.
Obtener la resistencia del California Bearing Ratio (CBR) con el uso de cenizas volantes de carbón en la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Ensayo California Bearing Ratio (CBR.)	Observación, exploración de campo, laboratorio, gabinete y análisis documental	Fichas y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Determinar el California Bearing Ratio (CBR.) con la aplicación de la cenizas volantes de carbón

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

## MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para nuestro primer objetivo se llegó a la zona de investigación de la Avenida San Josemaría Escrivá Balaguer (Progresiva: 2+800 – 3+800). Piura – Piura – Piura, donde se realizó la observación y exploración de campo. Se recolectaron las muestras representativas de la superficie de las perforaciones o calicatas que se realizaron (1 cada 250 m.) de una profundidad de 1.50 el cual se determinaron los perfiles estratigráficos del suelo, las cuales las muestras se colocaron en recipientes o sacos negros y se colocaron dentro de ellas una identificación propia para cada muestra (número de calitas, progresivas y fecha). La muestra que se recogió y se llevó a laboratorio fue analizada para determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas. Para estos procesos realizamos una exploración en laboratorio en la que fueron necesarios los ensayos para el análisis documental de datos. En laboratorio se comenzó con el análisis granulométrico (MTC E 107-ASTM D 422) la cual se estableció el proceso donde se preparó las muestras en seco y/o húmedo, así como se obtuvieron en campo y que fueron analizadas en el ensayo granulométrico en la que se determinó las constantes del suelo, el volumen de muestra que se tomó para el ensayo se obtuvo por un cuarteo manual. El objetivo fue seleccionar cuantitativamente el porcentaje de los tamaños de las partículas del suelo/muestra que pasó por una serie de tamices con la muestra entera o parte de ella después de que se separó de los finos por lavado, la muestra al incluirse en la serie de tamizarse describió un análisis granulométrico la cual se compuso por dos fracciones: una que pasó por el tamiz de 4,760 mm (n° 4) y otra que fue retenida por el mismo tamiz, lo cual estas fracciones se ensayaron por separado. El peso de la muestra secado al aire fue más que suficiente de la cantidad que se requirió para el análisis mecánico. La fracción de la muestra que pasó por el tamiz 4,760 mm (n° 4) fue un aproximado de 65 gramos para suelos limosos y arcillosos y un 115 gramos para suelos arenosos. También se determinó el contenido de humedad (MTC E 108-ASTM D2216), con la finalidad de obtener un análisis documental de la relación de la muestra expresada en porcentajes del peso del agua dada en una muestra de suelo, al peso de las partículas sólidas. Así de esta manera se secó la muestra de suelo húmedo en un horno que estuvo a temperatura  $110 \pm 5$  °C, donde se determinó el peso del agua, mientras que la muestra permaneció en el horno siendo el peso de las partículas sólidas, por lo tanto la pérdida del peso de la muestra en el secado fue estimado como el peso del agua. Siguiendo con los ensayos determinamos los límites líquido (MTC E 110-ASTM D 4318) y límite plástico (MTC E 111-ASTM D 4318). El contenido de humedad fue expresado en porcentajes por lo cual se hallaron los límites constantes de la muestra en

líquidos y plásticos. Arbitrariamente se eligió como el contenido de húmeda en el surco al separar dos mitades de una pequeña masa de muestra que se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) y dejar caer la copa 25 desde una pequeña altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo. Se obtuvo una porción de la muestra total adecuada para aportar 150 gramos a 200 gramos de muestra que pasó por el tamiz 425 mm (n° 40). Las muestras cohesivas fueron combinadas en su totalidad en un recipiente con una cuchara y se obtuvo la porción representativa de la masa total la cual se extrajo dos veces con la cuchara. Así también para el límite plástico se seleccionó 20 gramos de la muestra que pasó por el tamiz 426 mm (n° 40), esta porción de muestra se amasó con una cantidad de agua destilada hasta haberse formado una esfera con la muestra, se tomó una porción de 1,5 gramos y 2,0 gramos de la esfera formada para el ensayo. Se obtuvo el análisis de los límites líquido y plásticos de las muestras con una operación de sustracción se obtuvo el resultado del índice de plasticidad. Para el siguiente ensayo en la compactación de suelos en el laboratorio se utilizó una energía modificada o “proctor modificado” (MTC E 115-ASTM D 1557). En este ensayo se determinó la relación que existe entre el contenido de agua y el peso unitario del suelo (curva de compactación), fue compactada en un molde de 101,6 o 152,4mm (4 o 6 pulg) de diámetro utilizando un pisón de 44,5 N (10 lbf) la cual se le dio una caída libre de la misma altura del pisón 457 mm (18 pulg), que producirá una energía de compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>). De la misma manera se seguirá el mismo procedimiento para el proctor estándar. Este último ensayo es el California Bearing Ratio “CBR” (MTC E 132-ASTM D 1883) con el cual se determinó la resistencia del suelo (Valor de relación de campo de soporte), la muestra se preparó en el laboratorio bajo las condiciones determinantes de humedad y densidad, en este ensayo se evaluó la resistencia potencial de la sub-rasante “CBR”. Los siguientes ensayos químicos se realizaron en el laboratorio químico de la Universidad Nacional de Piura, donde obtuvieron los contenidos de cloruros solubles (AASHTO T291), Contenido de sulfatos solubles (AASHTO T290), y los Contenido de sales solubles totales (NTP 339.152) de las muestras del suelo natural.

Para nuestro segundo objetivo se procedió a la exploración, de la técnica de preparación de las cenizas volantes de carbón, en donde obtuvo una gran cantidad de carbón en la cual se extrajo de un horno industrial de una panadería la cual llevó a un proceso de combustión mucho más rápida para haber obtener las cenizas volantes (CV) que resultara la porción más fina de la combustión.

Luego para nuestro tercer Objetivo, después de obtener las cenizas volantes se procedió a la exploración en laboratorio técnico y a la elaboración del análisis documental de la nueva mezcla, donde se determinó la cantidad necesaria o porcentaje de la cenizas volantes que se utilizó en la nueva mezcla, donde también determinamos las propiedades físicas, mecánicas y químicas, trabajando con los mismos ensayos antes mencionados.

Siendo el ensayo California Bearing Ratio (CBR) nuestro cuarto objetivo con el cual determinamos el índice de resistencia del suelo con la nueva muestra mejorada. Para el propósito de este proyecto de investigación se realizó la exploración y la observación del análisis documental la cual recolectamos muestras del campo en la que se realizaron los ensayos para el estudio de investigación el cual también realizamos la exploración en laboratorio técnico de suelos el cual se utilizamos herramientas, fichas y modelos para el procedimiento y/o formatos establecidos que se rigen a las normas técnicas peruanas.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

Se considerará que la elaboración de este proyecto de investigación, se basará en varios aspectos éticos, donde todos los resultados tendrán criterios necesarios para conseguir datos reales, sin ser alterados. Se han tomado como datos de bases teóricas científicas citadas de acuerdo al Manual\_ISO\_UCV\_690\_2, y normas debidamente confiables, en la cual nosotros como investigadores estaremos realizando los ensayos para encontrar el Límite líquido. (MTC E 110–ASTM D4318) y Limite plástico.(MTC E 111-ASTM D4318) del tramo de estudio, Ensayo de California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883) para poder encontrar la capacidad de soporte del tramo de estudio, ensayo de Análisis granulométrico. (MTC E 107-ASTM D422) en el cual se encontrara la granulometría del suelo de dicho tramo, Ensayo de Contenido de humedad. (MTC E 108-ASTM D2216) como su mismo nombre lo indica nos permitirá encontrar el contenido de humedad de los suelos del tramo de estudio, ensayo de Proctor estándar o modificado. (MTC E 115-ASTMD1557) este ensayo nos permitirá encontrar la relación entre humedad y densidad seca de los suelos; todos estos ensayos se realizaran en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad cesar vallejo con la aprobación del ingeniero encargado de dicho laboratorio y también contaremos con la aprobación de nuestro director de escuela de ingeniería civil el ingeniero Rodolfo Ramal Motejo, los ensayos de Contenido de cloruro solubles (AASHTO T291), Contenido de sulfatos solubles (AASHTO T290), Contenido de sales solubles totales (NTP 339.152), para su validación de estos ensayos serán firmados por el ingeniero a cargo del laboratorio de suelos de la universidad nacional de Piura. Esta investigación estará corroborada por los manuales utilizados vigentes para así conseguir datos reales sin haber sido alterados.



### III. RESULTADOS

#### ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, MECANICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.

El propósito para este desarrollo de investigación se realizó los estudios de mecánica de suelos para obtener los resultados de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la subsistente de la Avenida San Josémaría Escrivá de Balaguer. Se realizó un promedio de cuatro calicatas de 1.50 mts en un tramo de un kilómetro aproximadamente, ubicadas en las progresivas: [2+880 – 3+220 – 3+540 – 3+880 ], donde el perfil estratigráfico de la calicata 1 y 2 se encontró un solo tipo de muestra, mientras en las calicatas 2 y 3 se encontraron dos tipos de muestra. Las muestras que se obtuvieron del tramo de estudio fueron sometidas a pruebas y ensayos de laboratorio que fueron las siguientes: Análisis Granulometría, Contenido de Humedad, Límites Líquido, Límite Plástico, Proctor Estándar y California Bearing Ratio.

#### CLASIFICACION SEGÚN SUCS Y ASSTHO

**Cuadro 1.** *Clasificación de Suelos por SUCS Y ASSTHO*

CALICATAS	CLASIFICACION SEGÚN	
	SUCS	ASSTHO
CALICATA I (2+880) M1	SP - SM	A - 3 (0)
CALICATA II (3+220) M1	ML	A - 4 (3)
CALICATA II (3+220) M2	CL - ML	A - 4 (8)
CALICATA III (3+540) M1	SM	A - 4 (1)
CALICATA III (3+540) M2	CL	A - 6 (9)
CALICATA IV (3+880) M1	SP - SM	A - 3 (0)

Fuente: Elaboración propia. 2018

#### **Interpretación:**

Como se puede apreciar en el Cuadro 1, de las cuatro calicatas hechas. Se realizaron los ensayos granulométricos para cada muestra obtenidas de las 4 calicatas. En la calicata 1 y 4 se encontró un solo tipo de muestra, la clasificación según El Sistema Unificado de Clasificación del Suelos (SUCS) fueron SP (Arena pobremente graduada) – SM (Arena limosa) y la clasificación según La Asociación Americana de Autoridades Estatales de

Carreteras y Transporte (ASSTHO) fue A-3(0) (Arena fina). En la calicata 2 de su perfil estratigráfico se encontraron dos tipos de muestras. En la primera muestra, según El Sistema Unificado de Clasificación del Suelos (SUCS) se clasificó la muestra como ML (Limo) y en la clasificación, según La Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (ASSTHO) se clasificó como A-4 (3) (Suelos limosos). En la segunda muestra, su clasificación según El Sistema Unificado de Clasificación del Suelos (SUCS) se clasificó como CL (Arcilla) – ML (Limo) y su clasificación según La Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (ASSTHO) se clasificó como A-4 (8) (Suelos limosos). Para la calicata 3 se encontraron dos tipos de muestras. En la primera muestra, según El Sistema Unificado de Clasificación del Suelos (SUCS) se clasificó la muestra como SM (Arena Limosa) y en la clasificación, según La Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (ASSTHO) se clasificó como A-4 (1) (Suelos limosos). En la segunda muestra, su clasificación según El Sistema Unificado de Clasificación del Suelos (SUCS) se clasificó como CL (Arcilla) y su clasificación según La Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (ASSTHO) se clasificó como A-6 (9) (Suelos arcillosos).

## GRANULOMETRIA

**Cuadro 2.** *Ensayo Granulométrico por Tamizado.*

Descripción	Calicata 1 (2+880)		Calicata 2 (3+220)		Calicata 3 (3+540)		Calicata 4 (3+880)
	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	
Gravas	-	-	-	-	-	-	-
Arenas	94.70%	48.50%	17.60%	62.70%	18.10%	94.00%	
Finos	5.30%	51.50%	82.40%	37.30%	81.90%	6.00%	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Interpretación:

Para el ensayo granulométrico que se observa en el cuadro 2 se tomaron todas las muestras de las cuatro calicatas que se hicieron en la zona de estudio. Se tomaron porciones de las muestras las cuales fueron zarandeadas mediante los juegos de mallas: #4, #10, #30, #40, #100 y #200 (U.S. STD. Sieve) de la cual se obtuvieron las siguientes características y la cual el material se fue clasificando de acuerdo al tamaño de sus partículas retenidas o

pasantes de cada tamiz o malla, para el cual el porcentaje de GRAVAS fue 0% para todas las muestras. El porcentaje de ARENAS, para la calicata 1 muestra 1 fue mayor con un 94.70% de arenas por lo que la muestra fue clasificada como SP (Arena pobremente graduada) – SM (Arena limosa), mientras que en la calicata 2 muestra 2 fue menor con un 17.60% de arenas ya que la muestra fue clasificada como CL (Arcilla) – ML (Limo). Y para los porcentajes de FINOS, en la calicata 1 muestra 1 fue menor de un 5.30% de finos por lo mismo que la muestra fue SP y SM, mientras que en la calicata 2 muestra 2 el porcentaje de finos fue de 82.49% por lo mismo que la muestra fue CL y ML.

### CONTENIDO DE HUMEDAD

**Cuadro 3.** *Contenido de humedad promedio (%).*

Descripción	Calicata 1 (2+880)		Calicata 2 (3+220)		Calicata 3 (3+540)		Calicata 4 (3+880)
	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	
Contenido de humedad promedio %	2.50%	3.31%	14.16%	3.93%	14.21%	3.90%	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Interpretación:

Para el cuadro 3 se resume que: Se tomó una porción de 500 gramos de cada una de las muestras de las cuatro calicatas y se realizó el ensayo de contenido de humedad para cada uno. El contenido de humedad de la muestra 2 calicata 3 fue mayor en un 14.21% debido a que el tipo de muestra encontrado fue CL (arcillas) mientras que en la calicata 1 muestra 1 su contenido de humedad fue de 2.50% debido a que se encontraron SP (Arenas pobremente graduadas) y SM (Arenas limosas).

## LIMITES DE ATTERBERG

**Cuadro 4.** *Ensayos de Límites de Atterberg.*

Límites de Atterberg	Calicata 1 (2+880)		Calicata 2 (3+220)		Calicata 3 (3+540)		Calicata 4 (3+880)
	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	
Límite Líquido	NP	NP	26%	NP	27%	NP	
Límite Plástico	NP	NP	21%	NP	15%	NP	
Índice de Plasticidad	NP	NP	5%	NP	12%	NP	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Interpretación:

En el cuadro 4 se observa que en los límites de Atterberg que se realizaron en la muestra 1 de las calicatas 1 y 4 siendo SP (Arena pobremente graduada) – SM (Arena limosa) no se encontraron límites y se determinaron como no plásticos (NP). En la calicata 2 para la primera muestra siendo ML (limos) se determinó como no plástico (NP), mientras que en la segunda muestra siendo CL (arcillas) – ML (limos), se obtuvo el límite líquido en 26%, el límite plástico en 21% y el índice de plasticidad 5%. En la calicata 3 para la primera muestra siendo SM (arena limosa) se determinó como no plástico (NP), mientras que en la segunda muestra siendo CL (arcillas) se obtuvo el límite líquido en 27%, el límite plástico en 15% y el índice de plasticidad 12%.

## RELACION DENSIDAD / HUMEDAD (PROCTOR ESTÁNDAR)

**Cuadro 5.** *Ensayo Relación densidad / Humedad (Proctor Estándar).*

Proctor	Calicata 1 (2+880)		Calicata 2 (3+220)		Calicata 3 (3+540)		Calicata 4 (3+880)
	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.694	-	1.970	-	1.932	1.680	
Humedad Óptima (%)	12.50	-	11.32	-	11.65	12.30	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Interpretación:

Para el cuadro 5 se observa que para este ensayo se procedió a realizar el proctor estándar ya que los resultados de las muestras en los ensayos granulométricos determinaron el tipo de proctor ya que todas las muestras pasaron la malla número #4 quedando en su retención 0% de material, obteniendo e las siguientes mallas más porcentajes de material (arenas y finos). Para el ensayo proctor estándar se tomaron cuatro porciones de tres kilos de muestras, las cuales se les añadió las siguientes cantidades de agua para cada molde en 6ml, 9ml, 12ml y 15ml con un número determinado de 25 golpes, los cuales al promedio arrojaron los siguientes resultados para cada muestra para obtener las Densidades Máximas Secas (gr/cm<sup>3</sup>) y los Contenidos de humedad (%). Para la muestra 1 calicata 1 se obtuvo un 1.964 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca y un 12.50% de humedad óptima. Para la muestra 2 calicata 2 se obtuvo un 1.970 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca y un 11.32% de contenido de humedad. Para la muestra 2 calicata 3 se obtuvo un 1.932 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca y un 11.65% de contenido de humedad y para la muestra 1 calicata 4 se obtuvo un 1.680 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima seca y un 12.30% de humedad óptima.

### CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**Cuadro 6.** *Ensayo California Bearing Ratio.*

CBR	Calicata 1 (2+880)		Calicata 2 (3+220)		Calicata 3 (3+540)		Calicata 4 (3+880)
	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	21.90%	-	3.10%	-	3.20%	22.90%	
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	20.10%	-	1.70%	-	1.60%	19.4%	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	25.60%	-	3.90%	-	3.90%	28.40%	
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	25.00%	-	1.80%	-	1.90%	23.80%	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Interpretación:

Para este ensayo de California Bearing Ratio (CBR) se pesaron tres porciones de material para cada muestra de 6 kg agregando un porcentaje de agua (humedad óptima) obtenida de cada proctor realizado. Se hizo el procedimiento con 5 capas y un determinado número de golpes de 56, 25 y 12 para cada molde. De los valores obtenidos de los CBR siendo la calicata 1 muestra 1 se obtuvo mayor valor de 20.10% de C.B.R al 95% de la M.D.S al 0.1” siendo clasificado el material como SP (Arenas pobremente graduadas) y SM (Arenas limosas), y para la calicata 3 muestra 2 se obtuvo un menor valor de 1.60% de C.B.R al 95% de la M.D.S al 0.1” siendo clasificado el material como CL (arcillas). Véase en cuadro 6.

### ENSAYOS QUIMICOS DE LA SUB-RASANTE

**Cuadro 7.** *Ensayos químicos de la sub-rasante.*

Descripción	Calicata 1 (2+880)		Calicata 2 (3+220)		Calicata 3 (3+540)		Calicata 4 (3+880)
	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	
Cloruros (CL)	-	-	-	-	0.060%	-	
Sulfatos (SO4-2)	-	-	-	-	0.015%	-	
Sales Solubles (S.S)	-	-	-	-	0.087%	-	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Interpretación:

Para estos ensayos químicos se escogió la muestra 2 de las calicatas 1 y 2 ya que los valores de C.B.R al 95% de la M.D.S a 0.1” fueron 1.70% y 1.60%, asimismo, se consideran sub-rasantes inadecuadas menores al 3% por lo tanto al ser de menor CBR son las que se tomaron para esta investigación. La cual se llevaron porciones de muestras al “Laboratorio del Centro Productivo de Bienes y Servicios Departamento Académico de Ingeniería de la Universidad Nacional de Piura” (Laboratorio de Química). Donde se realizó y se obtuvieron los resultados de los siguientes ensayos químicos: muestra 2 calicata 2 en cloruros (CL) se obtuvo un 0.060%, en Sulfatos (SO4-2) un 0.015% y en Sales Solubles un 0.087%. En la muestra 2 calicata 3 en cloruros (CL) se obtuvo un 0.074%, en Sulfatos (SO4-2) un 0.019% y en Sales Solubles un 0.092%. Todos estos resultados fueron validados por el Ingeniero a cargo del laboratorio Ing. Hernán Dedios Fernández. Véase en el cuadro 7.

## PROPORCION DE LAS CENIZA VOLANTES CARBON

Después de desarrollar los estudios de laboratorio y haber obtenido todos los resultados de cada uno de los ensayos se procedió a conseguir las cenizas volantes de carbón la cual consto para el desarrollo de este proyecto de investigación. Las cenizas volantes de carbón se consiguieron de la panadería María Christina” ubicado en la 5ta etapa de los algarrobos manzana “J” lote 17 siendo propietario de la panadería de Juan Alberto Yarleque Moran que con su permiso se recolecto un saco de 10 kilos de ceniza y fue llevada al laboratorio de suelos de la universidad cesar vallejo filial Piura en el cual se procedió al desarrollo del proyecto de acuerdo a nuestros objetivos.

Para nuestro diseño de mezcla se comenzó a tamizar las cenizas volantes de carbón hasta conseguir las porciones con menos impurezas y finas pasantes por la malla número 40, después de haber hecho esta primera parte del desarrollo se procedió hacer nuestros diseños de mezcla.

Para nuestros diseños de mezclas de nuestras 4 calicatas se descartaron las calicatas 1 y 4 en las progresivas 2+880–3+880, debido a que al haberle realizado nuestros ensayos granulométricos por tamizado se arrojaron resultados del tipo de suelo dando así arenas SP (Arenas pobremente graduadas) y SM (Arenas limosas). Como se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Cuadro 8.** *Clasificación de Suelos por SUCS Y ASSTHO.*

<b>CALICATAS</b>	<b>CLASIFICACION SEGÚN SUCS</b>	<b>CLASIFICACION SEGÚN ASSTHO</b>
CALICATA I (2+880) M1	SP - SM	A - 3 (0)
CALICATA II (3+220) M1	ML	A - 4 (3)
CALICATA II (3+220) M2	CL - ML	A - 4 (8)
CALICATA III (3+540) M1	SM	A - 4 (1)
CALICATA III (3+540) M2	CL	A - 6 (9)
CALICATA IV (3+880) M1	SP - SM	A - 3 (0)

Fuente: Elaboración propia. 2018

### Interpretación:

Por lo tanto después de haberle aplicado el siguiente ensayo de CBR y arrojando los resultados para la calicata 1 muestra 1 el valor de C.B.R al 95% de la M.D.S. al 0.1” fue 20.1% y para la calicata 4 muestra 1 el valor de C.B.R al 95% de la M.D.S. al 0.1” fue 19.4% por lo tanto los valores de CRB obtenidos y de acuerdo al cuadro 4.10 del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos en la versión 2013 ubicado en la página 40 según las categorías de sub-rasante se consideran S<sub>3</sub>: sub-rasante buena (10% < CBR < 20%) y S<sub>4</sub>: sub-rasante muy buena (12% < CBR < 20%). Véase en el cuadro 8.

**Cuadro 9.** *Categorías de Sub-rasante del MTC-2013 cuadro 4.10.*

Categorías de Sub-rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub-rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub-rasante Pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub-rasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub-rasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub-rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub-rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013.

### Interpretación:

Para las calicatas 2 y 3 en las progresivas 3+220 – 3+540 en la muestra 2, se tomaron para el diseño de mezcla ya que los resultados de los ensayos granulométricos por tamizados fueron clasificados como CL (Arcillas) – ML (Limos) véase en el cuadro 8. Por lo tanto los resultados obtenidos de los CBR aplicadas para calicata 2 muestra 2 fue de un valor de C.B.R al 95% de la M.D.S. al 0.1” igual a 1.7% y para la calicata 3 muestra 2 fue de un valor de C.B.R al 95% de la M.D.S. al 0.1” igual a 1.6% siendo valores muy bajos y de acuerdo al del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013, cuadro 4.10 Categorías de Sub-rasantes se clasificaron como S<sub>0</sub>: sub-rasantes inadecuadas CBR < 3%. Véase en el cuadro 9.

Siguiendo con nuestro segundo objetivo específico, el cual consto de calcular la proporción de cenizas volantes de carbón en el diseño de mezcla para mejorar la sub-rasante de nuestra zona de estudio comenzamos a realizar nuestro diseño con la muestra 2 de la calicata 2 la



cual tomamos tres puntos o pilotos de diseños en proporciones de suelo de la su-rasante, cemento y cenizas volantes de carbón la cual se observaran y detallan el siguiente cuadro 10.

Para nuestros pilotos de diseño de la muestra 2 calicatas 2 y 3. Por lo mismo que nuestro proyecto de investigación es de tipo experimental, nosotros consideramos las siguientes proporciones de cenizas de carbón que se observan en el cuadro 10 y 11.

**Cuadro 10.** *Muestra 2 Calicata 2 Diseños de Mezclas. (3+220).*

Descripción	Unidad	Suelo In-situ	Cenizas Volantes de Carbón	Cemento Portland Tipo IV
Primer piloto de diseño	Kg	5.100	0.600	0.300
	%	85	10	5
Segundo piloto de diseño	Kg	4.800	0.900	0.300
	%	80	15	5
Tercer piloto de diseño	Kg	4.500	0.600	0.900
	%	75	10	15

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **Interpretación:**

Como se puede observar en el cuadro 10, fuimos probando porcentajes de mezclas esperando obtener resultados favorables a nuestro mejoramiento de sub-rasante. En el primer piloto de diseño se tomaron los siguientes porcentajes de 85% de muestra In-situ, 10% de cenizas volantes de carbón y 5% de cemento portland tipo IV en este diseño su mejoramiento aumento con un valor de C.B.R al 95% de la M.D.S al 0.1” igual 50.8%. Véase en la fotografía 33 página 125. De acuerdo a su valor de CBR se considera una sub-rasante excelente. Véase en el cuadro 10.

**Cuadro 11.** *Muestra 2 Calicata 3 Diseños de Mezclas. (3+540).*

Descripción	Unidad	Suelo In-situ	Cenizas Volantes de Carbón	Cemento Portland Tipo IV
Cuarto piloto de diseño	Kg	5.280	0.600	1.200
	%	88	10	2
Quinto piloto de diseño	Kg	4.980	0.900	1.200
	%	83	15	2
sexto piloto de diseño	Kg	5.220	0.600	1.800
	%	87	10	3

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Interpretación:**

En estos diseños de mezcla los porcentajes variaron, no en la ceniza volante de carbón sino en el cemento reduciendo su porcentaje ya que el cemento por ser un aglomerante se considera un buen estabilizador de suelos. Dando le mayor prioridad a la adición de cenizas volantes de carbón, por lo tanto para este proyecto de investigación la proporción que se va a considerar de los 6 pilotos analizados fue el quinto piloto de diseño que corresponde a 83% suelo In-situ + 15% de la cenizas volantes de carbón + 2% cemento portland tipo IV. Véase en el cuadro 11.

**INFLUENCIA DE LAS CENIZAS VOLANTES CARBÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO**  
**INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS**

**GRANULOMETRIA.**

La influencia en la granulometría se realizó del quinto piloto de diseño comparándola con la granulometría de la muestra 2 calicata 3 In-Situ.

**Cuadro 12.** *Ensayos Granulométricos.*

Descripción	Calicata 3 Muestra 2 (3+540)	
	Muestra 2 In-Situ	Muestra 2 Mezcla de Diseño (15% Ceniza + 2% Cemento)
Gravas	-	0.20%
Arenas	18.10%	22.80%
Finos	81.90%	77.00%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Interpretación:**

Se observó que en el cuadro 12 el porcentaje de gravas de la muestra 2 en su mezcla de diseño con 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón aumento en un 0.2% de 0% In-Situ, en las arenas aumento en un 22.8% de 18.10% In-Situ, mientras que en sus finos disminuyo en un 77% de 81.90% In-Situ cambiando la clasificación según SUCS de CL (arcillas) In-Situ a ML (limos) de la mezcla de diseño.

## LIMITES DE ATTERBERG

Los Límites de Atterbert se realizaron de la comparación de la muestra 2 calicata 3 In-Situ y del quinto piloto de diseño.

**Cuadro 13.** *Ensayos de Límites de Atterbert..*

Límites de Atterberg	Calicata 3 Muestra 2 (3+540)	
	Muestra 2 In-Situ	Muestra 2 Mezcla de Diseño
Límite Líquido	27%	17%
Límite Plástico	15%	17%
Índice de Plasticidad	12%	0%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Interpretación:

Como se puede apreciar en el cuadro 13, los ensayos de los Límites que se realizaron con material In-Situ se obtuvo 27% de límite líquido y 15% de límite plástico, dando como resultado 12% de Índice Plástico caracterizado como suelo arcilloso de plasticidad media. Mientras que en nuestro quinto piloto de diseño la influencia que se obtuvo de la dosificación de 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón se observó que el límite líquido disminuyó en un 17% y su límite plástico aumento a un 17% dando como resultado un índice de plasticidad de 0% considerado no plástico (NP) y suelos exentos de arcillas. Véase en cuadro 14.

**Cuadro 14.** *Clasificación de Suelos según su Índice de Plasticidad del MTC-2013 cuadro 4.6.*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$		
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcillas

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, 2013.

## INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS

### ENSAYO RELACION DENSIDAD / HUMEDAD (PROCTOR ESTÁNDAR).

El procedimiento del ensayo proctor estándar se realizó con el propósito de obtener la influencia entre la densidad máxima seca con relación al contenido de la humedad óptima, que se obtuvo de la compactación de la muestra In-Situ y con el diseño de mezcla 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón.

**Cuadro 15.** *Ensayo Relación densidad / Humedad (Proctor Estándar).*

Proctor Estándar	Calicata 3 Muestra 2 (3+540)	
	Muestra 2 In-Situ	Muestra 2 Diseño de Mezcla (15% Ceniza + 2% Cemento)
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.932	1.840
Humedad Óptima (%)	11.65	14.61

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### **Interpretación:**

Como se observa en el cuadro 15, a través de este ensayo se determinó la Densidad Máxima Seca en relación con su grado de humedad tanto en in-Situ como en el diseño de mezcla. Para la muestra 2 In-situ la máxima densidad seca fue de 1.932 gr/cm<sup>3</sup>, en relación con su contenido de humedad óptima de 11.65%. Y en el diseño de mezcla su máxima densidad seca fue de 1.840 gr/cm<sup>3</sup>, en relación con su contenido de humedad óptima de 14.61%.

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

El ensayo (CBR) se realizó para medir y evaluar la resistencia de capacidad de soporte del suelo In-Situ más nuestro diseño de mezcla 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón.

**Cuadro 16.** *Ensayo California Bearing Ratio.*

CBR	Calicata 3 Muestra 2 (3+540)	
	CBR Muestra 2 In-Situ	CBR muestra 2 Diseño de Mezcla (15% Ceniza + 2% Cemento)
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	3.2%	23.4%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	1.6%	21.5%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	3.9%	29.9%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	1.9%	27.50%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **Interpretación:**

Para el cuadro 16 se puede apreciar los valores del C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1 de la muestra 2 calicata 3 In-situ fue de 1.6% considerado como una sub-rasante inadecuada, en lo que en su mezcla de diseño con el contenido de 2% de cemento y 15% de cenizas volantes de carbón el Valor del C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1" se obtuvo un mejor resultado de 21.5% considerado como una sub-rasante muy buena.

## RESISTENCIA DEL CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Después de haber realizado todos los ensayos antes mencionados, y para haber llegado con nuestro ensayo y objetivo final de nuestro proyecto de investigación se realizaron los ensayos CBR para nuestra muestra de diseño considerada que se observa en el cuadro 17.

**Cuadro 17.** *Ensayo California Bearing Ratio.*

CBR	Calicata 3 Muestra 2 (3+540)	
	CBR Muestra 2 In-Situ	CBR muestra 2 Diseño de Mezcla (15% Ceniza + 2% Cemento)
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	3.2%	23.4%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	1.6%	21.5%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	3.9%	29.9%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	1.9%	27.50%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los cuatro resultados que se obtuvieron de la muestra In-Situ de los valores de C.B.R. de la M.D.S. de la muestra 2 calicata 3 fueron de catalogadas como sub-rasantes inadecuadas y pobres. En comparación con la mezcla del quinto piloto de diseño que fue de 15% de ceniza más 2% de cemento en sus cuatro resultados arrojaron valores de C.B.R. de la M.D.S. considerables catalogadas como sub-rasantes muy buenas. De estos cuatro resultados se consideró el valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1" = 21.5% por seguridad por ser el de menor valor del CBR, por normas del MTC y por criterio de los investigador porque este valor estará considerado para mejorar la su-rasante de un pavimentos.

#### IV. DISCUSIONES

Para María Angélica Sánchez Albán en su tesis de “Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua provincia de Manabí” en sus ensayos de laboratorios donde obtuvo las siguientes propiedades física en su muestra natural de la calicata 2 a un metro de profundidad. En su granulometría utilizo los tamices #4 (4.75mm), #10 (2.0mm), #40 (0.425mm) y #200 (0.074mm) obteniendo gravas en un 0%, arenas 1.7% y finos 98.3%, para nuestro proyecto de investigación de nuestra muestra 2 calicata 3 en el ensayo granulométrico se utilizaron los tamices #4 (4.75mm), #10 (2.0mm), #30 (0.60mm), #40 (0.425mm) y #200 (0.074mm) obteniendo un 0% de gravas, 18.1% de arenas y 81.9% de finos. El porcentaje de finos del ensayo granulométrico de María Sánchez fue mayor debido a que el tamaño de las partículas de casi toda su muestra fue menor a 0.005mm, por ende según SUCS lo clasifica como CH (arcillas de alta plasticidad) y AASTHO como A-7-6 (8) (suelos arcillosos) por lo tanto para nuestros porcentajes de finos fue menor y obteniendo a la vez un más porcentaje de arenas que según SUCS lo clasifico como CL (arcillas) y por AASTHO A-6 (9). (Suelos arcillosos). Los resultados para ambos casos tanto de los investigadores como la tesista María Sánchez las zonas de los proyectos de investigación fueron realizados en distintos países en la cual las características de las propiedades físicas para ambos casos son diferentes por consecuencia de factores de ubicación geológica, clima templado, napa freática muy elevada y otros. De su misma muestra In-situ calicata 2 en su ensayo de contenido de humedad obtuvo un 31.93% de agua, un porcentaje mayor que sus otras muestras por ser CH (arcillas de alta plasticidad) con una napa freática muy elevada. El porcentaje de nuestra muestra 2 calicata 3 In-situ obtuvimos un contenido de humedad al 14.21% clasificadas como CL (arcillas con menos contenido de agua en su napa freática. Los porcentajes de contenido de humedad de la zona de estudio de la tesista ubicados en su país natal de Ecuador son muy altos debido a que el clima es templado y húmedo afectando la composición del terreno. Para este mismo caso con la muestra natural en los límites de Atterberg, el limite liquido fue de 99.5%, el límite plástico de 31.83%, teniendo como resultado el su índice de plasticidad de 67.42% que según el cuadro 4.6 del MTC clasificación de suelos según índice de plasticidad con  $IP > 20$  lo clasifica como suelos muy arcillosos de alta plasticidad. En comparación de nuestros límites obtenidos de nuestra 2 calicata 3 In-situ se obtuvo un 27% de limite líquido, y un 15% de limite plástico, obteniendo el índice de plasticidad en 12% en su clasificación de  $IP \leq 20$ ,  $IP > 7$  como suelo arcilloso de media plasticidad. En las propiedades mecánicas que se realizaron con la muestra natural



para el ensayo proctor estándar en la tesis de María Sánchez en su calicata 2 de un metro de profundidad se realizaron seis ensayos proctor estándar solo para esta muestra obteniendo una densidad seca máxima promedio de 1.355 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptima promedio de 31.20%, en su curva de compactación se observó que en el proctor 5 y 6, mientras más contenido de humedad se le incorpora menos será la densidad máxima seca. Para nuestra muestra 2 calicata 3 la cual se realizaron 4 ensayos de proctor estándar en la cual se obtuvo el promedio de la densidad máxima seca en 1.932 gr/cm<sup>3</sup> y un promedio de contenido de humedad óptima en 11.65%. La densidad máxima seca ira disminuyendo a medida que el contenido de humedad aumenta.

En la tesis de estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub-rasante de Roxana Ugaz, en sus ensayos de CBR en su terreno natural según SUCS lo clasifiqué como CH (arcillas de alta plasticidad), sus resultados obtenidos al valor del CBR al 100% del MDS a 0.1" fue 3.1% con características de sub-rasante pobre. En nuestro proyecto de investigación en comparación con uno de nuestros cuatro resultados el valor del CBR al 100 % de la MDS a 0.1" fue de 3.2% siendo nuestro terreno natural clasificado según SUCS como CL (arcillas).

Para estabilizar suelos expansivos, María Sánchez en su proyecto de tesis utilizó la cal de acuerdo a la guía referencial para la selección del tipo de estabilizador del cuadro 9.1 del MTC, por ser clasificado su material natural como CH (arcillas de alta plasticidad). La cual las proporciones en la dosificación de su mezcla de diseño se tomaron entre 2 – 8% de cal considerando porcentajes de 3%, 5%, y 7%, de acuerdo a la guía complementaria referencial para la selección del tipo de estabilizador del cuadro 9.2 del MTC. Para nuestro proyecto de investigación con el material natural en el mejoramiento de la sub-rasante utilizamos en nuestra mezcla de diseño cemento y cenizas volantes de carbón siendo este último el principal objetivo para mejorar nuestra sub-rasante. Se tomaron proporciones de cemento de 2%, 3% y 5% entre 2 – 12% para suelos CL (arcillas) de acuerdo a las guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador de los cuadros 9.1 y 9.2 del MTC. Para los porcentajes de cenizas de carbón siendo nuestro proyecto de tipo experimental sin contar con guías normas que nos recomienden las proporciones considerables para este tipo de estabilizador, nosotros como investigadores tomamos porcentajes de 5%, 10% y 15%.

En la tesis de María Sánchez la influencia que se dio en el mejoramiento con 9% de Cal, su límite líquido bajo hasta un 89.85% y en su límite plástico aumento un 36% obteniendo en

su índice de plasticidad menor que en su muestra In-situ de 53.42% con un  $IP > 20$  lo clasifica como suelos muy arcillosos de alta plasticidad. Y en el mejoramiento usando el 15% de cenizas y 2% de cemento en su mezcla de diseño de nuestra muestra 2 calicata 3 se obtuvo en límite líquido 17% y en su límite plástico 17% obteniendo un índice de plasticidad de 0% en su clasificación de  $IP = 0$  como suelos exentos de arcilla no plásticos (NP). La influencia con 9% de cal su densidad máxima seca disminuye en 1.282 gr/cm<sup>3</sup> y el contenido de su humedad óptima aumenta en 33.40%, y para nuestro proyecto de investigación en el mejoramiento de esta misma con 15% de cenizas más 2% de cemento en nuestra mezcla de diseño en su densidad máxima seca se obtuvo 1.840 gr/cm<sup>3</sup> con relación a su contenido de humedad óptima en un 14.61%. La densidad máxima seca que logra obtener el suelo ir disminuyendo a consecuencia de que se incorpora ya sea el porcentaje de estabilizante aumentando también la humedad óptima de compactación, esto se debe a que el suelo in-situ y los estabilizantes son material muy fino que requieren de más contenido de agua para su hidratación, logrando bajar el porcentaje de plasticidad.

En la tesis de Roxana Ugaz la influencia de la estabilización del suelo natural CH (arcillas de alta plasticidad) en el ensayo de CBR realizó cinco mezclas de diseño, para el cual el último diseño de 5% RBI-grad 81 obtuvo resultados obtenidos al valor del CBR al 100% de la MDS a 0.1" fue 26.1% de 3.1% que se obtuvo de su muestra natural siendo un CBR mayor que el de la muestra natural, la cual mejoró constantemente hasta una sub-rasante muy buena. En nuestro proyecto de investigación teniendo como suelo natural CL (arcillas) en comparación con unos de nuestros cuatro resultados el valor del CBR al 100% del MDS a 0.1" fue de 23.4% de 3.2% de la muestra natural, el CBR aumentó considerablemente hasta llegar a una clasificación de sub-rasante muy buena. El estabilizador RBI-grad 81 tiene una reacción con el suelo natural ya que está compuesto de la mezcla de productos minerales inorgánicos que le brindan al producto características similares al cemento incrementando de manera evidente su resistencia y capacidad de carga.

En la tesis estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada de Carolina Alejandra los resultados de sus ensayos mejoraron aplicando solo las cenizas de carbón en 10%, 20%, 30% y 40% en su muestra natural aumentaron en

sus cuatro resultados de CBR. Se presentaron los resultados de Los valores de CBR al 100% de la MDS al 0.1” los cuales fueron 13.1%, 17.3, 12.7% y 20.8% aumentado su capacidad de soporte de CBR de 8.3% del suelo natural. Para nuestros ensayos de CBR en nuestro proyecto de investigación para mejorar nuestra sub-rasante utilizamos para nuestra mezcla de diseño porcentajes de cemento y cenizas volantes de carbón. La dosificación del cemento fue de 2% de acuerdo a la guía complementaria referencial para la selección del tipo de estabilizador, cuadro 9.2 del MTC, para suelos de tipo CL (arcillas), y la dosificación de cenizas por parte de nosotros como investigadores consideramos porcentajes de 5%, 10% y 15%, el cual consideramos para este proyecto de investigación las dosificaciones de 2% de cemento y 15% de cenizas volantes de carbón los cuales obtuvimos resultados más considerables para una sub-rasante mejorada, obteniendo valores de CBR al 100% de la MDS a 0.1” fue de 23.4% con categoría de sub-rasante muy buena. Las cenizas volantes de carbón influyen en la mejora de las propiedades mecánicas de resistencia en las arcillas funcionando como aditivo inhibidor en las propiedades expansivas del suelo.

## V. CONCLUSIONES

Los estudios de mecánicas de suelos realizados en nuestro tramo de estudio fueron desfavorables considerándolos suelos inestables debido a que en sus propiedades físicas y mecánicas se obtuvieron los siguientes resultados: según la clasificación SUCS obtuvimos CL (arcillas), en el ensayo del contenido de humedad se obtuvo un 14% de agua, y en los resultado de los límites líquido y plástico resulto con un Índice de Plasticidad media de 12%, en los ensayos de CBR se obtuvieron resultados menores del 3%, siendo el valor del CBR al 95% de la MDS al 0.1” de 1.6 siendo el más bajo. En sus propiedades químicas el contenido de sales, cloruros y sulfatos fueron muy altos. Requiriendo un mejoramiento en todas sus propiedades. En los ensayos químicos que se realizaron con la muestra extraída de nuestra zona de estudio se procedió a analizarla por cloruros (CL) 0.06%, Sulfatos (SO<sub>4</sub>-2) 0.015% y solubles (S,S) 0.087%, cuyos valores son aceptables y cumplen con las normas técnicas según American Society for Testing and Materials (ASTM D - 512 cloruros, D - 512 sulfatos, D - 219).

Después de haber realizado varios pilotos de diseño con diferentes proporciones de ceniza en su mezcla con cemento y muestra In-Situ se escogió el quinto piloto de diseño siendo este el que mayor porcentaje de cenizas se agregó en un 15% mejorando considerablemente sus propiedades. Por lo tanto nuestro diseño de mezcla es de 2% de cemento portland tipo IV + 15% de cenizas volantes + 83% de muestra in-situ.

La influencia del diseño de este proyecto de investigación adicionándole en la mezcla de diseño las proporciones de cemento 2% y cenizas 15% se determinó que las cenizas volantes de carbón contienen un mayor contenido de propiedades químicas, obteniendo en cloruros (CL) 0.18%, Sulfatos (SO<sub>4</sub>-2) 0.028% y solubles (S,S) 0.57)%. También se observa que en la densidad máxima seca en relación con la humedad óptima en el ensayo proctor estándar que mientras más contenido de agua menor será la MDS, así se observa que en la muestra natural la MDS es de 1.932 gr/cm<sup>3</sup> y el OCH es de 11.7%, y en el diseño de mezcla con 2% de cemento y 15% de cenizas volantes de carbón la MDS disminuye a 1.840 gr/cm<sup>3</sup> y en su contenido de humedad aumenta a 14.6% debido a que el cemento y la cenizas volantes de carbón absorben más cantidad de agua. Las cenizas volantes de carbón influyen como aditivo en las propiedades expansivas y cohesión de las arcillas reduciendo su índice de plasticidad, aumentando también la resistencia de su valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. al 0.1” en un 19.9%. El valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. al 0.1” aumento favorablemente de 1.6% a

21.5% considerándola una sub-rasante muy buena con una proporción de 15% de cenizas volantes de carbón + 2% de cemento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para este proyecto de investigación se recomienda a futuras investigadores aumentar la proporción de cenizas volantes de carbón en sus diseños para mejorar sub-rasantes arcillosas o que puedan mejorar la sub-bases o bases de un pavimento, y así mismo adicionar un aditivo que controle sus propiedades químicas.

Se recomienda para este proyecto de investigación profundizar estudios sobre la utilización de cenizas volantes de carbón en mejoras de la sub-rasante con otros tipos de suelos.

Para este proyecto de investigación se recomienda utilizar cenizas volantes de carbón de una planta procesadora de carbón por el mismo echo que sus partículas son más limpias y no cuentan con impurezas.

## VII. BIBLIOGRÁFICAS

CARRILLO, Gil. Geotecnia de los suelos peruanos casos de cimentaciones especiales. Perú: 2005. 17 pp.

CUBAS, Kevin. Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas. Pimentel: Universidad Señor de Sipan, 2016. 219 pp.

DEL RIO, Antonelli. Optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el sector Curva del Sum – Campiña de Moche, con concreto reciclado para pavimentación. La libertad: universidad cesar vallejo Chimbote, 2017. 199 pp.

FLORES, Lourdes y ALCALA, Jorge. Manual de procedimientos analíticos. México: universidad nacional autónoma de México, 2010. 56 pp.

GARCÍA, Anabelen. Determinación de la resistencia de la sub-rasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa. Cajamarca: universidad privada del norte, 2015. 103 pp.

HERNANDEZ, Sampieri. Metodología de la investigación, escuela superior del comercio y administración instituto politécnico nacional. 1997, 497 pp.

Indecopi. Norma técnica peruana 339.152. Perú: 2002, 13 pp.

Instituto nacional de vías. Normas de ensayo de materiales para carreteras. Perú: 2012. 798 pp.

LAURA, Samuel. Diseño de mezclas de concreto. Perú: Universidad nacional del Altiplano puno, 2006. 19 pp.

MARTÍNEZ, Alberto. Investigación del conglomerado especial en la ciudad de Tacna. Tacna: universidad nacional de ingeniería Perú, 2012. 82 pp.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” (EG – 2013). Perú: MTC, 2013.

PEREZ, Roció. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada y/o sub base de pavimentos. Perú: Universidad Nacional de ingeniería de lima, 2012. 89 pp.

REDOLFI, Emilio. Suelos colapsables. Argentina: universidad nacional de córdoba, 2007. 36 pp.

Referencias estilo ISO 690 y 690-2. Piura: Universidad cesar vallejo, 2017, 34 pp.

THENOUX, Guillermo y CARRILLO, Héctor. Estudio para la utilización de cenizas provenientes de la caldera cogeneradora petropower en la estabilización de suelos. Chile: pontificia Universidad Católica de Chile, 2006. 16 pp.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 01: ACTA DE ORIGINALIDAD

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, **MAXIMO JAVIER ZEVALLOS VILCHEZ** docente de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo- Piura, revisor (a) de la tesis titulada:

**"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARIA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA – PIURA – PIURA, 2018"** de los estudiantes **MALUQUIS PEREZ ADELINO y ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO JUNIOR**, Constató que la investigación tiene un índice de similitud de 27 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 27 Setiembre 2019

  
.....  
Firma

MAXIMO JAVIER ZEVALLOS VILCHEZ

DNI: 03839229



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Fotografía 1. Acta de aprobación de originalidad de tesis.



## ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 3.** *Matriz de Consistencia.*

<b>PROBLEMA DE LA INVESTIGACION</b>	<b>HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION</b>	<b>OBJETIVO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>VARIABLES / DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>POBLACION Y MUESTRA</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>POBLACION</b>
¿De qué manera el uso de las cenizas volantes de carbón mejora la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.	El uso de las cenizas volantes de carbón podrá mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Usar las cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Uso de cenizas volantes del carbón.	Este proyecto de investigación ha sido considerada de diseño experimental	La población es toda la Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer.
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>DIMENSIONES:</b>	<b>NIVEL DE INVESTIGACION</b>	<b>MUESTRA</b>

<b>PROBLEMA DE LA INVESTIGACION</b>	<b>HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION</b>	<b>OBJETIVO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>VARIABLES / DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>POBLACION Y MUESTRA</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>POBLACION</b>
¿Cuál es el estudio de suelos del tramo de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.	La determinación del estudio de suelos tendrá relación con el uso de ceniza volantes de carbón de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Determinar el estudio de suelos de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la sub- rasante.	Es de nivel exploratorio	La muestra es un tramo de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura, 2018.
¿Cuánto sería la proporción de cenizas volantes de carbón para la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.	La proporción de las cenizas volantes de carbón podrá mejorar la sub-rasante de la Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer entre la Av. Prolongación Chulucanas y la Av. Los claveles Piura?.	Calcular la proporción de cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Cantidad de cenizas volantes de carbón.		

<b>PROBLEMA DE LA INVESTIGACION</b>	<b>HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION</b>	<b>OBJETIVO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>VARIABLES / DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>POBLACION Y MUESTRA</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>POBLACION</b>
¿Cuánto influye el uso de las cenizas volantes de carbón en las propiedades físicas, mecánicas y químicas para la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.	La determinación de la influencia del uso de cenizas volantes de carbón en las propiedades físicas, mecánicas y químicas podrá mejorar las propiedades de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Determinar la influencia del uso de las cenizas volantes de carbón en las propiedades físicas, mecánicas y químicas en la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la sub-rasante. Usando cenizas volantes de carbón.		

<b>PROBLEMA DE LA INVESTIGACION</b>	<b>HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION</b>	<b>OBJETIVO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>VARIABLES / DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>POBLACION Y MUESTRA</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>POBLACION</b>
¿Cuál sería la resistencia del CBR (California Bearing Ratio) con el uso de cenizas volantes de carbón para la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018?.	La obtención de la resistencia del CBR (California Bearing Ratio) con el uso de ceniza volantes de carbón podrá mejorar la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.	Obtener la resistencia del CBR (California Bearing Ratio) con el uso de cenizas volantes de carbón en la mejora de la sub-rasante de la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 - 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.		Diseño de mezcla con cenizas volantes de carbón.	

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**ANEXO 03: INSTRUMENTOS DE FICHAS VALIDADAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMETOS DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-46)							
PROYECTO							
CALICATA							
MUESTRA							
PROFUNDIDAD							
COORDENADAS							
LADO							
COLOR							
SOLICITA							
ING. RESP. TÉCNICO FECHA							
Tamizaje ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material en Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	76.200						Peso Fracción Fina Para Laxar (g)
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						2. Características
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo
1"	25.400						Tamaño Máximo Nominal
3/4"	19.000						Grava (%)
1/2"	12.500						Arena (%)
3/8"	9.500						Fino (%)
1/4"	6.300						Módulo de Fino (%)
Nº 4	4.750						3. Clasificación
Nº 8	2.380						Límite Líquido (%)
Nº 10	2.000						Límite Plástico (%)
Nº 15	1.180						Índice de Plasticidad (%)
Nº 20	0.850						Clasificación SUCS
Nº 30	0.600						Clasificación AASHTO
Nº 40	0.425						
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150						
Nº 200	0.075						
Residuo							



Fotografía 2. Ensayo de Análisis granulométrico. (MTC E 107-ASTM D422).

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(MTC E-108 / ASTM D-2216)	
PROYECTO	
CALICATA	
MUESTRA	ING. RESP.
PROFUNDIDAD	TECNICO
COORDENADAS	FECHA
LADO	
COLOR	
SOLICITA	

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

  
 Kenia del R. Velázquez Ceballos  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 108587

  
 Roberto Ríos  
 INGENIERO CIVIL

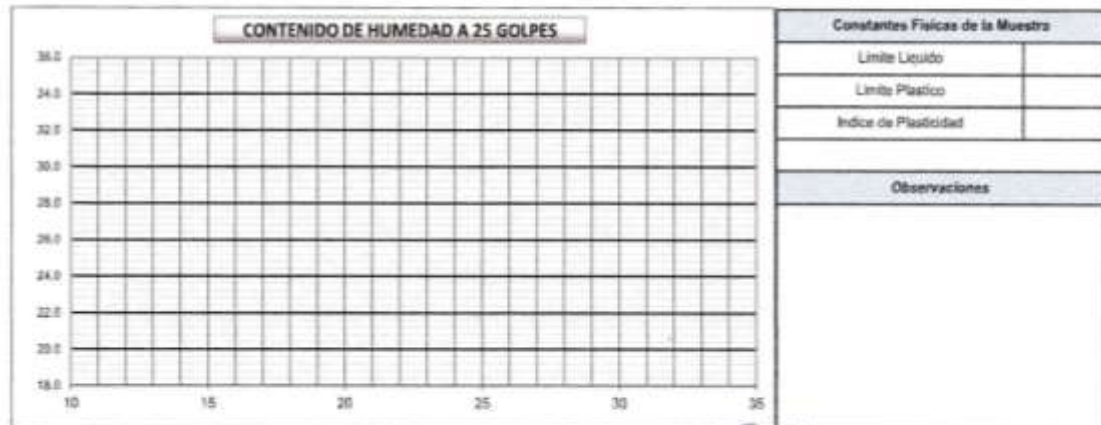
  
 Cristian Alexander León  
 INGENIERO CIVIL

Fotografía 3. Ensayo de Contenido de humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-99, T-98)	
PROYECTO	
CALICATA	
MUESTRA	ING. RESP.
PROFUNDIDAD	TECNICO
COORDENADAS	FECHA
LADO	
COLOR	
SOLICITA	

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.				Limite Liquido
Contenido de Humedad	%				
Numero de Golpes					

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%				



  
**Ingeniero del F. Valdivia Castillo**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIR. N° 108597



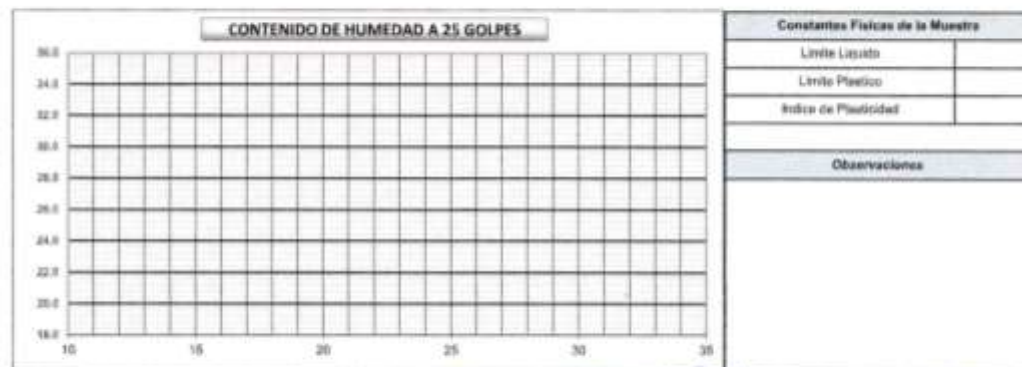
  
**Ing. Cristian Aguilar**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIR. 175581

Fotografía 4. Ensayos de Límite líquido. (MTC E 110–ASTM D4318) y Limite plástico (MTC E 111-ASTM D4318).

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
(MTC E-115,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-99, T-99)	
PROYECTO	
CALICATA	
MUESTRA	
PROFUNDIDAD	
COORDENADAS	
LADO	
COLOR	
SOLICITA	
	ING. RESP. TECNICO FECHA

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tamo					
Peso de Tamo + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tamo + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tamo	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.				Limite Liquido
Contenido de Humedad	%				
Número de Golpes					

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tamo					
Peso de Tamo + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tamo + Suelo seco	gr.				
Peso de Tamo	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%				





Arturo del P. Valdivia Castillo  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 100587





ING. CRISTIAN GARCIA CASOLINI  
INGENIERO CIVIL  
CIP 120089

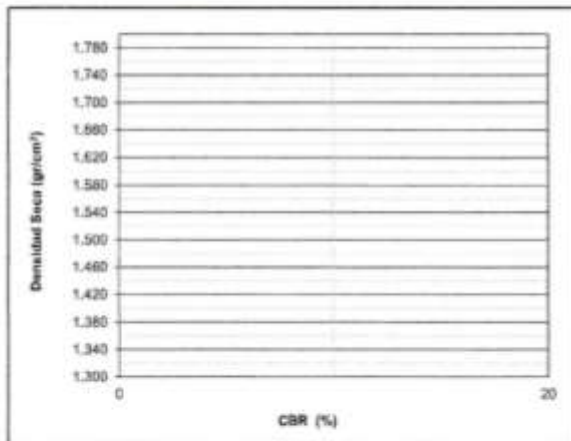
Fotografía 5. Ensayo de Proctor estándar o modificado. (MTC E 115-ASTMD1557).



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR**  
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	
CALICATA	
MUESTRA	ING. RESP.
PROFUNDIDAD	TECNICO
COORDENADAS	FECHA
LADO	
COLOR	
SOLICITA	

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



METODO DE COMPACTACION	AASHTO T-190
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	=
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	=
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	=
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	=

**OBSERVACIONES:**

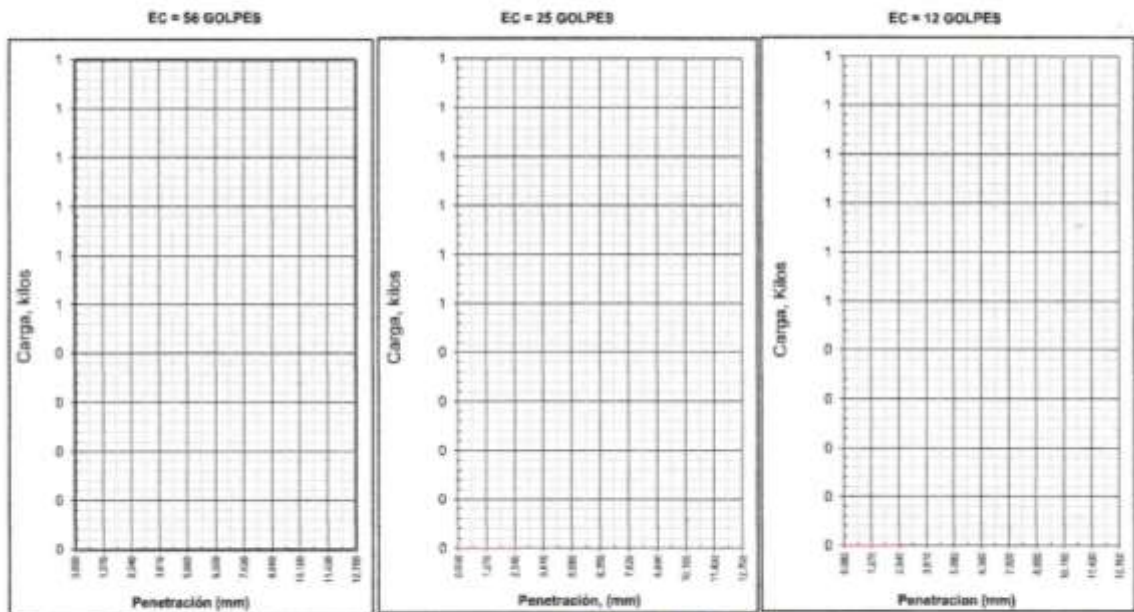
---



---



---



*[Signature]*  
**Ing. E. Natividad Carrillo**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIR. N° 108587

*[Signature]*

*[Signature]*  
**Ing. Carlos Antonio**  
INGENIERO CIVIL  
CIR. 1208

Fotografía 6. Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883).





**COTIZACION N° 015-2018-CPCYC-FIC-UNP**

**ATENCION:**

**DETALLE DEL SERVICIO:**

N°	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (S./.)
1	Contenido de Sulfatos	Unidad	80.00
1	Contenido de Sales	Unidad	80.00
1	Contenido de Cloruros	Unidad	80.00

Piura, 04 de julio del 2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
✓  
DR. ING. JOHNS MORAN YANEZ  
REG. CIP. N° 31818  
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Fotografía 8. Presupuesto ensayos químicos de laboratorio de la Universidad Nacional de Piura, 2018.

**PANADERIA "MARIA CHRISTINA"**

**CONSTANCIA DE MATERIAL**

Yo, *Juan Alberto Yacigua Marín*.....  
identificado(a) con DNI N° *7.420.2585.4*....., dueño legítimo de la **PANADERÍA**  
**MARÍA CHRISTINA** ubicada en los AA.HH. Los Algarrobos Manzana J lote 17 - 5ta  
Etapa.

**HAGO CONSTAR. -**

Que se le otorgo el material "CENIZAS DE CARBÓN", producido del horno industrial de nuestra panadería a los jóvenes estudiantes Sr. MALUQUIS PÉREZ ADELINO con DNI N°: 74570704 y al Sr. ZEGARRA JUÁREZ JEAN HAYRO JUNIOR con DNI N°: 4854884; de la FACULTA DE INGENIERÍA de la ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FILIAL PIURA. Con el propósito del cumplimiento de los objetivos propuestos en el Desarrollo del Proyecto de Investigación titulado: "USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARÍA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA - PIURA - PIURA, 2018".

Para que conste donde sea oportuno firmo la presente.

*05* de *Diciembre* del 2018.

Atentamente:

*Juan Alberto Yacigua Marín*  
\_\_\_\_\_  
Sr. *Juan Alberto Yacigua Marín*  
DNI N°: *72025854*

Fotografía 9. Constancia de otorgamiento de la ceniza de la panadería.

## ANEXO 04: VALIDACION

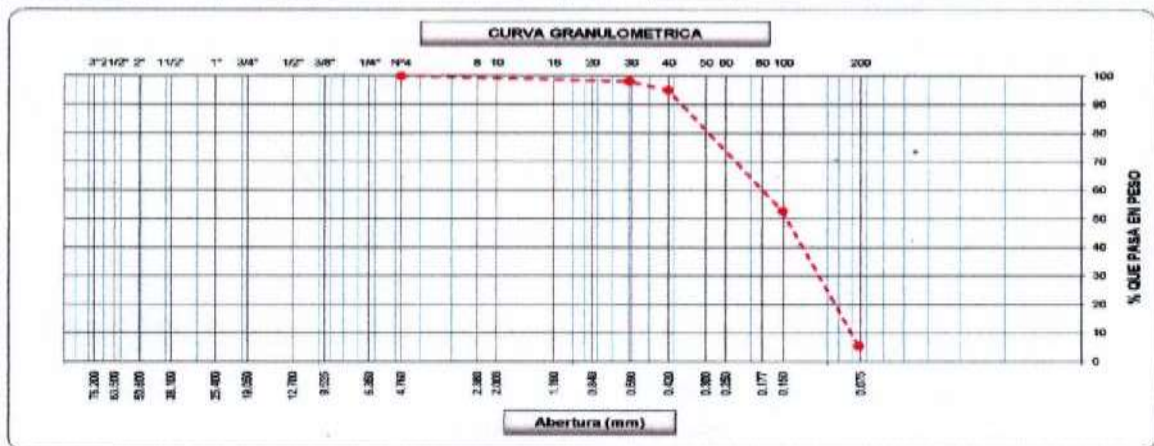
### PROPIEDADES FISICAS, MECANICAS Y QUIMICAS DE LA SUBRASANTE CALICATA 01 MUESTRA 01:

Análisis Granulométrico por Tamizado. (MTC E 107-ASTM D422).

UCV		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				LMS	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+600 - 3+800), PIURA-PIURA-PIURA, 2018						
<b>CALICATA</b>	N°1						
<b>MUESTRA</b>	N°1						
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.00 - 1.50 mts						
<b>COORDENADAS</b>	X= 539044.83 - Y= 942906.14						
<b>LADO</b>	DERECHA						
<b>COLOR</b>	BEIS CLARO						
<b>SOLICITA</b>	MALUQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR						
<b>ING. RESP.</b>	PAUL QUINTANA GUTIERREZ						
<b>TECNICO</b>	PAUL QUINTANA GUTIERREZ						
<b>FECHA</b>	24/10/2018						

Tamizos ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) = 500
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) = 500.0
2 1/2"	60.300						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Máximo = N° 4
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal = N° 30
<	25.400						Grava (%) = 0
3/8"	16.000						Arena (%) = 94.7
1/2"	12.700						Finos (%) = 5.3
3/8"	9.520						Modulo de Fineza (%) = 0
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4.750				100.0		Limite Líquido (%) = NP
N° 8	2.360						Limite Plástico (%) = NP
N° 10	2.000						Índice de Plasticidad (%) = NP
N° 16	1.180						Clasificación SUCS = GP-5M
N° 20	0.850						Clasificación AASHTO = A-3 (0)
N° 30	0.600	0.1	1.8	1.8	98.2		
N° 40	0.420	16.3	3.3	5.1	94.9		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	211.1	42.2	47.3	52.7		
N° 200	0.075	236.8	47.4	64.7	35.3		
Pasante		26.7	5.3	100.0			



*Paul Quintana*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108587

*Krisia del F. Valdiviezo Castillo*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108587

*Cristian Alexander León Parra*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108587

Fotografía 10. Análisis granulométrico por tamizado.

Contenido de Humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> (MTC E-108 / ASTM D-2216)	
<b>PROYECTO</b>	"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALACUER (PROGRESIVA: 2+880 - 3+080), PURA-PURA-PURA, 2018"	
<b>CALCATA</b>	N°1	
<b>MUESTRA</b>	N°1	
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.00 - 1.50 mts	
<b>COORDENADAS</b>	X= 026044.83 - Y= 9429056.14	
<b>LADO</b>	DERECHA	
<b>COLOR</b>	BEIS CLARO	
<b>SOLICITA</b>	MALLUCLAS PÉREZ, ADELINO ZEGARRA JUÁREZ, JEAN HAYRO JUNIOR	
	<b>ING. RESP.</b>	
	<b>TECNICO</b>	PALI QUINTANA GUTIERREZ
	<b>FECHA</b>	24/10/2018

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Description	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	800.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	488.0	
Peso del agua contenida (gr)	12.0	
Peso de la muestra seca (gr)	488.0	
Contenido de Humedad (%)	2.6	
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>2.6</b>	




Arissia del F. Valdivieso Cantillo,  
INGENIERO CIVIL,  
REG. CP? N° 108587







Ing. Cristian Alexander León Pantoja  
INGENIERO CIVIL  
CIP 108587

Fotografía 11. Contenido de humedad.



Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

UCV		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				LMS									
		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR													
		(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)													
PROYECTO	USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE														
	BALAGUER (PROGRESIVA: 2+850 - 3+850), PUURA-PUURA-PUURA, 2018														
CALICATA	N°1														
MUESTRA	N°1														
PROFUNDIDAD	0.00 - 1.50 mm														
COORDENADAS	X= 539044.83 - Y= 9429056.14														
LADO	DERECHA														
COLOR	MARRON CLARO														
SOLICITA	MALUCUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR														
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
Molde N°	1		2		3										
Capas N°	5		5		5										
Dolpes por capa N°	55		55		55										
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11250		11033		10995										
Peso de molde (g)	7226		7231		7222										
Peso del suelo húmedo (g)	4022		3772		3673										
Volumen del molde (cm³)	2111		2111		2111										
Densidad húmeda (g/cm³)	1.905		1.787		1.748										
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0										
Peso suelo seco + tara (g)	444.5		448.0		444.0										
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	55.5		52.0		56.0										
Peso de suelo seco (g)	444.5		448.0		444.0										
Contenido de humedad (%)	12.5		11.6		12.6										
Densidad seca (g/cm³)	1.894		1.801		1.848										
<b>EXPANSION</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
<b>NO EXPANSIVO</b>															
<b>PENETRACION</b>															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	puhg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.035	0.025		43	40			38	41			33	29			
1.270	0.080		110	115			100	105			80	85			
1.805	0.075		202	205			175	178			150	153			
2.540	0.100	76.486	296	299	-	21.8	286	271	-	19.7	230	233	-	16.9	
3.810	0.180		490	493			420	423			385	388			
5.080	0.300	109.88	824	827	-	35.8	505	506	-	24.7	450	453	-	22.0	
6.350	0.260		544	547			510	521			460	463			
7.620	0.300		544	547			518	521			480	483			
10.160	0.400		544	547			518	521			480	483			
12.700	0.500														
OBSERVACIONES : Anillo:															
  															
 <b>Inp. Christian Alexander León Parra</b> INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 108587															

Fotografía 13. Relación de capacidad de soporte (CBR)



Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

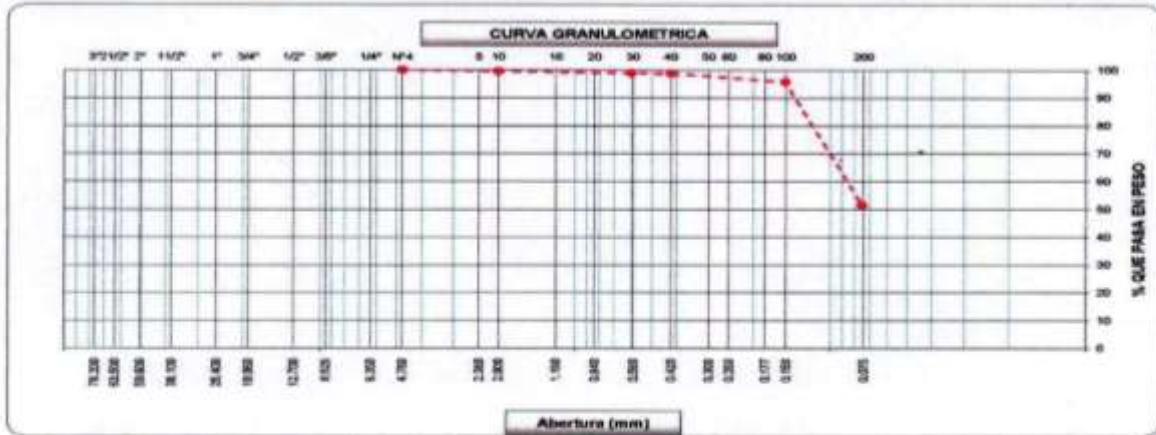


Fotografía 14. Relación de Capacidad de soporte (CBR)

**CALICATA 02 MUESTRA 01:**

Análisis Granulométrico por Tamizado. (MTC E 107-ASTM D422).

 <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAS CENZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+800 - 3+800), PLURA-PLURA-PLURA, 2018						
<b>CALICATA</b>	N°2						
<b>MUESTRA</b>	N°1			<b>ING. RESP.</b>			
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.00 - 0.50 mts			<b>TECNICO</b> : PAUL QUINTANA GUTIERREZ			
<b>COORDENADAS</b>	X= 539414.78 - Y= 942540.15			<b>FECHA</b> : 24/10/2018			
<b>LADO</b>	DQUERDO						
<b>COLOR</b>	MARRÓN CLARO						
<b>SOLOCITA</b>	MALUQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUANREZ, JUAN HAYRO JUNIOR						
Tamices ASTM	Apertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>1000</u>
3"	76.200						Peso Fracción Fina Para Lávar (gr) <u>500.0</u>
2 1/2"	63.500						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Máximo <u>N° 4</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>N° 8</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>        </u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>48.3</u>
1/2"	12.500						Finos (%) <u>51.3</u>
3/8"	9.520						Modulo de Finosa (%) <u>        </u>
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4.750				100.0		Límite Líquido (%) <u>NP</u>
N° 8	2.360						Límite Plástico (%) <u>NP</u>
N° 10	2.000	2.2	0.4	0.4	99.56		Índice de Plasticidad (%) <u>NP</u>
N° 16	1.180						Clasificación SUCS <u>ML</u>
N° 20	0.850						Clasificación AASHTO <u>A-4 (5)</u>
N° 30	0.600	3.3	0.7	1.1	98.9		
N° 40	0.420	6.5	0.1	1.3	98.0		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	15.1	3.0	4.2	95.8		
N° 200	0.075	221.6	44.3	48.5	51.5		
<b>Pesarlo</b>		<b>257.3</b>	<b>51.5</b>	<b>100.0</b>			



  
 Krissia del F. Valdivieso Castillo  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 100587

  
 Ing. Christian Alejandro León Parra  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 120554

Fotografía 15. Análisis Granulométrico por Tamizado.

Contenido de Humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> (MTC E-108 / ASTM D-2216)	
<b>PROYECTO</b>	TUBO DE LAS CENZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA 2+880 - 3+880), PURA-PURA-PURA, 2018	
<b>CALICATA</b>	: N°2	
<b>MUESTRA</b>	: N°1	
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.00 - 0.80 mts	
<b>COORDENADAS</b>	: X= 639414.78 - Y= 942543.15	
<b>LADO</b>	: (IZQUIERDO)	
<b>COLOR</b>	: BRUNO CLARO	
<b>SOLICITA</b>	: MALLQUI PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR	
	<b>ING. RESP. :</b>	
	<b>TECNICO :</b>	PAUL QUINTANA OUTIERREZ
	<b>FECHA :</b>	24/10/2018

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral:**

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	506.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	494.0	
Peso del agua contenido (gr)	16.0	
Peso de la muestra seca (gr)	484.0	
Contenido de Humedad (%)	3.3	
Contenido de Humedad Promedio (%)	3.31	




Arsenio del F. Valdivieso Castillo  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 108587

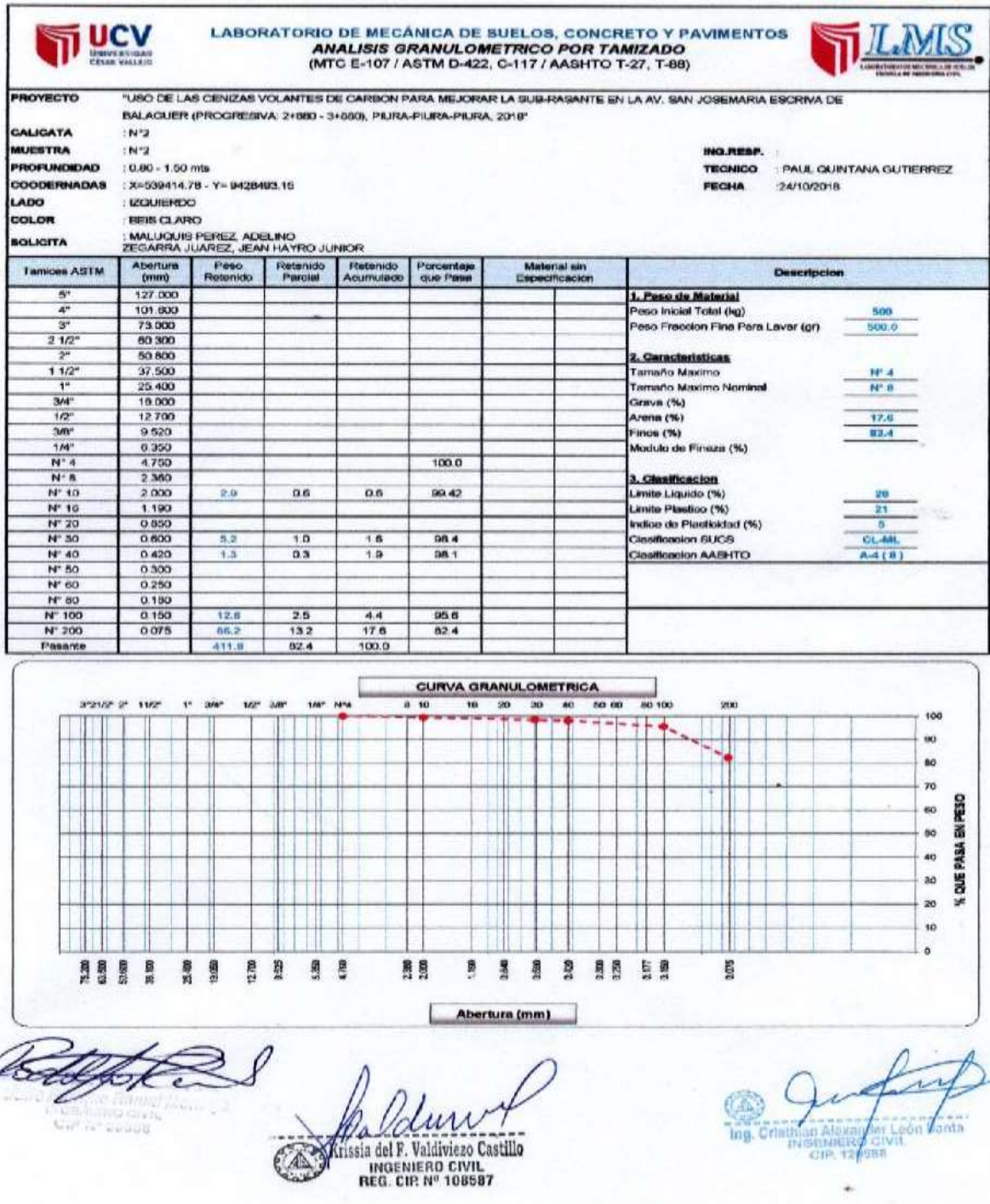


Ing. Cristian Alexander León Costa  
INGENIERO CIVIL  
CIP 175587

Fotografía 16. Contenido de humedad.

**CALICATA 02 MUESTRA 02:**

Análisis Granulométrico por Tamizado. (MTC E 107-ASTM D422).



Fotografía 17. Análisis Granulométrico por Tamizado.

Ensayos de Límite líquido. (MTC E 110–ASTM D4318) y Limite plástico. (MTC E 111-ASTM D4318).

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-99)			
<b>PROYECTO</b> USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSE MARIA ESCRIVA DE BALACUER (PROGRESIVA 2+800 - 3+800), PURA-PURA, 2018			
<b>CALICRATA</b>	: N°2		
<b>MUESTRA</b>	: N°2	<b>ING. RESP.</b> :	
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.80 - 1.50 mts	<b>TECNICO</b> : PAUL QUINTANA GUTIERREZ	
<b>COORDENADAS</b>	: X=535414.75 - Y= 9425493.15	<b>FECHA</b> : 24/10/2018	
<b>LADO</b>	: IZQUIERDO		
<b>COLOR</b>	: BEIS CLARO		
<b>SOLICITA</b>	: MALLQUIB PEREZ, ADELINO ZEGARRA JURREZ, JEAN MAYRO JUNIOR		

N° de Tazo		1	2	3	
Peso de Tazo + Suelo Humedo	gr.	37.80	37.40	39.80	
Peso de Tazo + Suelo Seco	gr.	34.10	34.50	35.20	
Peso de Tazo	gr.	21.20	20.80	21.00	
Peso de Agua	gr.	3.90	3.40	3.90	
Peso del Suelo Seco	gr.	12.90	13.10	14.20	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	27.13	26.95	25.35	<b>26</b>
Número de Golpes		18	27	30	

N° de Tazo		4	5	
Peso de Tazo + Suelo Humedo	gr.	31.80	32.00	
Peso de Tazo + Suelo seco	gr.	29.70	30.15	
Peso de Tazo	gr.	20.80	21.00	
Peso de Agua	gr.	1.80	1.80	
Peso de Suelo seco	gr.	5.90	6.10	<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	30.22	30.00	<b>21</b>

Límite Líquido	26
Límite Plástico	21
Índice de Plasticidad	5
<b>Observaciones</b>	
Pasante Tamiz N° 40	



  

**Cristian del F. Valtivieno Castillo**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP: N° 108587

**Ing. Cristian Alexander Luchi Parra**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 11202

Fotografía 18. Límites de Consistencia.

Contenido de Humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> (MTC E-108 / ASTM D-2216)	
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAS CENZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+600 - 3+600), PUNTA-PUNTA-PUNTA, 2018*	
<b>CALCATA</b>	: N°2	
<b>MUESTRA</b>	: N°2	
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.80 - 1.50 mts	
<b>COORDENADAS</b>	: X=539414.76 - Y= 9426493.15	
<b>LADO</b>	: IZQUIERDO	
<b>COLOR</b>	: BEBE CLARO	
<b>SOLICITA</b>	: MALLQUIB PEREZ, ADELINO ZEGARRA AJAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR	
	<b>ING. RESP.</b>	:
	<b>TECNICO</b>	: PAUL QUINTANA GUTIERREZ
	<b>FECHA</b>	: 24/10/2018

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral:**

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	438.0	
Peso del agua contenida (gr)	62.0	
Peso de la muestra seca (gr)	438.0	
Contenido de Humedad (%)	14.2	
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>14.18</b>	



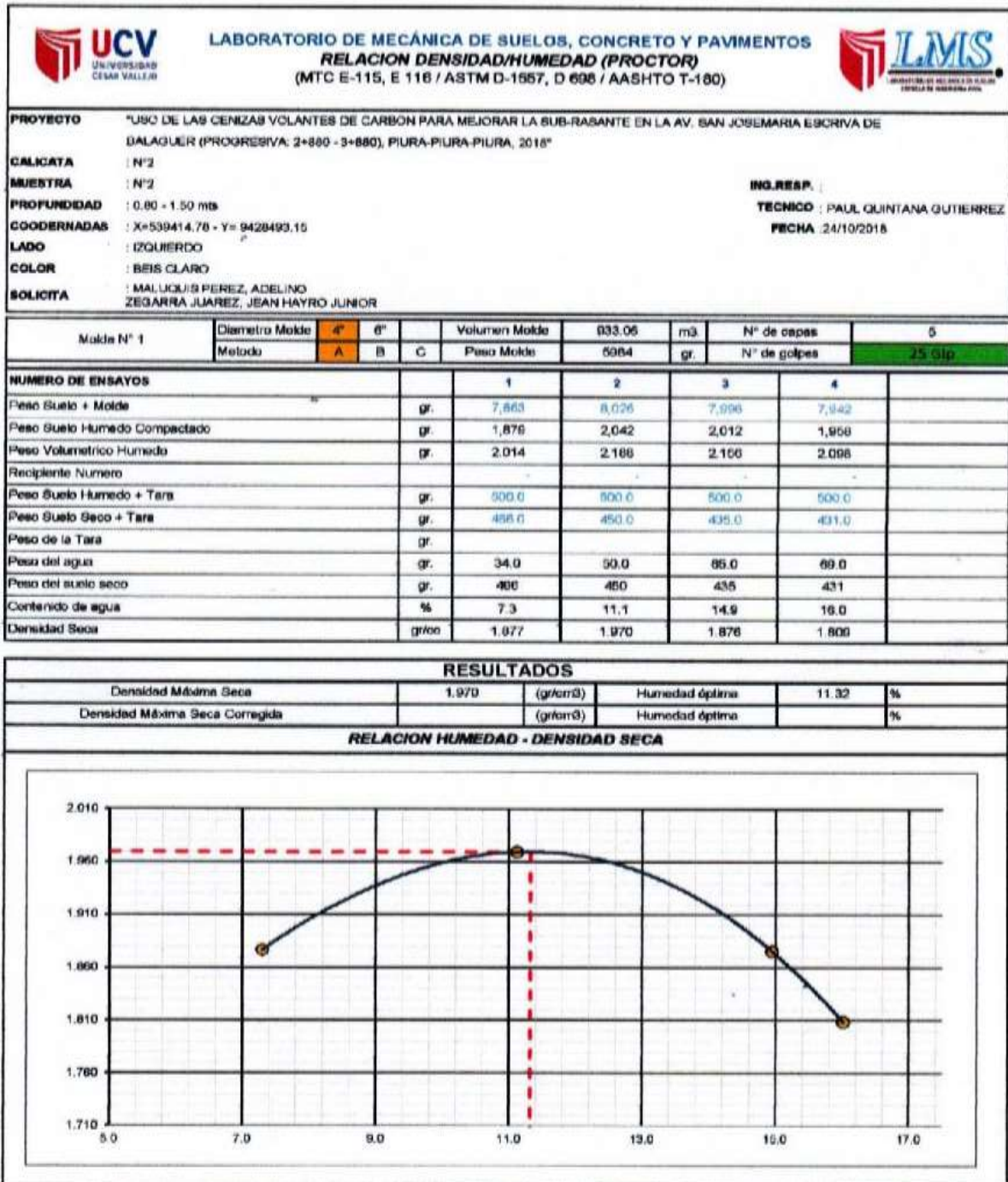



**Cristian del F. Valdiviezo Castillo**  
**INGENIERO CIVIL**  
**REG. CIP: N° 108537**


**Ing. Cristian Alexander León Pando**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP: 128558**

Fotografía 19. Contenido de Humedad.

Ensayo de Proctor Estándar. (MTC E 115-ASTMD1557).



*[Signature]*

*[Signature]*  
 Krissia del F. Valdiviezo Castil  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

*[Signature]*  
 Ing. Christian Alexander León Pantoja  
 INGENIERO CIVIL

Fotografía 20. Ensayo de Relación Densidad/Humedad (Proctor).

Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

UCV		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				LMS									
		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR													
		(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)													
<b>PROYECTO</b> : USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+660 - 3+660), PIURA-PIURA-PIURA, 2018*															
<b>CALICATA</b> : N°2															
<b>MUESTRA</b> : N°2															
<b>PROFUNDIDAD</b> : 0.80 - 1.50 m															
<b>COORDENADAS</b> : X=639414.78 - Y= 9428493.16															
<b>LADO</b> : IZQUIERDO															
<b>COLOR</b> : BEIG CLARO															
<b>SOLICITA</b> : MALUQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR															
<b>ING.RESP. :</b>															
<b>TECNICO</b> : PAUL QUINTANA GUTIERREZ															
<b>FECHA</b> : 24/10/2018															
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	1		2		3										
Capas N°	5		5		5										
Golpes por capa N°	56		25		12										
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11650		11656		11338										
Peso de molde (g)	7228		7231		7222										
Peso del suelo húmedo (g)	4627		4425		4116										
Volumen del molde (cm³)	2111		2111		2111										
Densidad húmeda (g/cm³)	2.192		2.096		1.949										
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0										
Peso suelo seco + tara (g)	449.4		449.0		452.0										
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	50.6		51.0		48.0										
Peso de suelo seco (g)	449.4		449.0		452.0										
Contenido de humedad (%)	11.3		11.4		10.6										
Densidad seca (g/cm³)	1.970		1.982		1.782										
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
17/10/18	01:12	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
18/10/18	01:12	24	18.4	0.467	0.408	58.6	1.488	1.294	58.4	1.453	1.290				
19/10/18	01:12	48	77.8	1.978	1.718	112.8	2.860	2.407	88.1	1.579	1.400				
20/10/18	01:12	72	109	2.769	2.407	146.3	3.716	3.231	230	5.842	5.080				
21/10/18	01:12	96	207.8	5.278	4.590	229.1	5.810	5.080	279.4	7.097	6.171				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	pu/g.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.835	0.025		12	18			7	9			2	5			
1.270	0.050		21	24			10	13			5	10			
1.805	0.075		30	33			17	20			11	14			
2.540	0.100	76.455	39	42	-	3.0	21	24	-	1.7	14	17	-	1.2	
3.810	0.150		57	60			29	32			20	23			
5.090	0.200	105.68	78	78	-	3.8	36	36	-	1.8	28	29	-	1.4	
6.350	0.250		93	96			42	45			30	33			
7.620	0.300		111	113			50	53			35	38			
10.180	0.400		146	148			64	67			40	43			
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo:

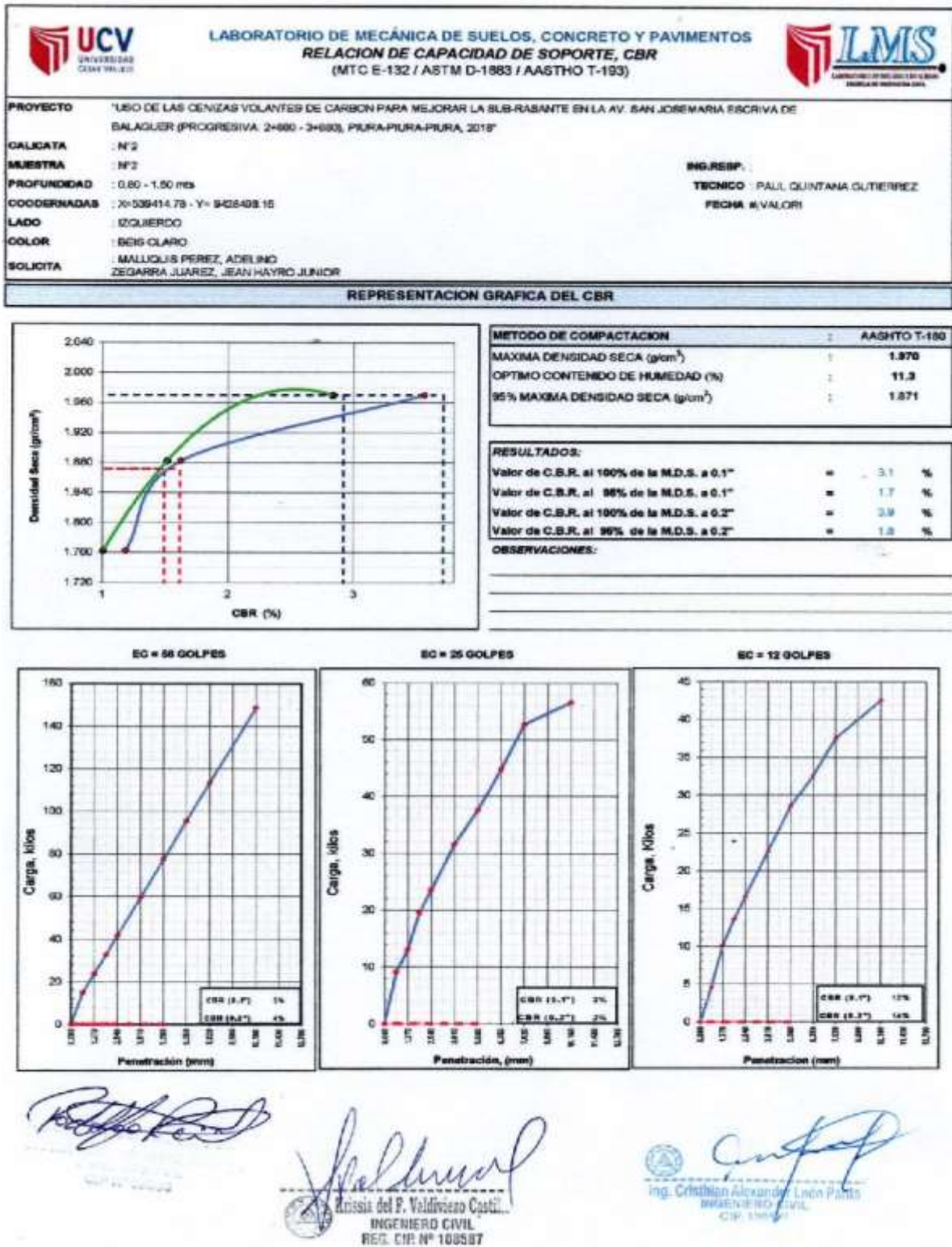
Krissia del F. Valdiviezo Castillo  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

Ing. Christian Alexander León Pantoja  
 INGENIERO CIVIL

Fotografía 21. Ensayo de Relación de capacidad de soporte (CBR).





Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

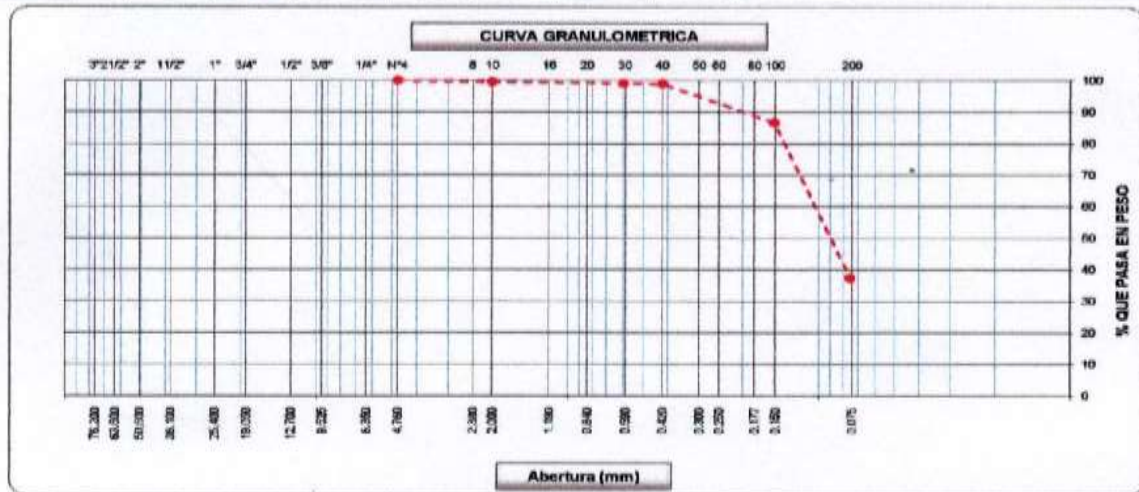


Fotografía 22. Ensayo de Relación de capacidad de soporte (CBR)

### CALICATA 03 MUESTRA 01:

Análisis Granulométrico por Tamizado. (MTC E 107-ASTM D422)

 <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
<b>PROYECTO</b>	"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+980 - 3+080), PIURA-PIURA-PIURA, 2018"						
<b>CALICATA</b>	N°3						
<b>MUESTRA</b>	N°1						
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.00 - 0.60 mts			<b>ING. RESP.</b>			
<b>COORDENADAS</b>	X= 539709.22 - Y= 9428057.74			<b>TECNICO</b> PAUL QUINTANA GUTIERREZ			
<b>LADO</b>	DERECHA			<b>FECHA</b> 24/10/2018			
<b>COLOR</b>	BEIS CLARO						
<b>SOLICITA</b>	MALUQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR						
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>500</u>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <u>500.0</u>
2 1/2"	60.300						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Máximo <u>N° 4</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>N° 8</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>02.7</u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>37.3</u>
1/2"	12.700						Finos (%) <u>62.7</u>
3/8"	9.500						Modulo de Fineza (%) <u>62.7</u>
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4.750				100.0		Limite Liquido (%) <u>NP</u>
N° 8	2.360						Limite Plastico (%) <u>NP</u>
N° 10	2.000	3.8	0.5	0.5	99.48		Indice de Plasticidad (%) <u>NP</u>
N° 16	1.180						Clasificación SUCS <u>SM</u>
N° 20	0.850						Clasificación AASHTO <u>A-4 (1)</u>
N° 30	0.600	2.2	0.4	1.0	99.0		
N° 40	0.420	0.4	0.1	1.0	99.0		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	61.8	12.4	13.4	86.6		
N° 200	0.075	246.3	48.3	62.7	37.3		
Pasante		186.7	37.3	100.0			





*[Signature]*  
 Ing. Cristian Alexander León Pan  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

*[Signature]*  
 Krissia del F. Valdiviezo Castillo  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

*[Signature]*  
 Ing. Cristian Alexander León Pan  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

Fotografía 23. Análisis Granulométrico por Tamizado.

Contenido de Humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CARRAS VALLES	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> (MTC E-108 / ASTM D-2216)	 <b>LMS</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA 2-800 - 3-800), PURA-PURA-PURA, 2010"	
<b>CALCATA</b>	: N°3	
<b>MUESTRA</b>	: N°1	
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.00 - 0.80 mts	
<b>COORDENADAS</b>	: X= 539709.22 - Y= 9429057.74	
<b>LADO</b>	: DERECHA	
<b>COLOR</b>	: BEIS CLARO	
<b>SOLICITA</b>	: MALLIGAS PEREZ, ACELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR	
	<b>ING. RESP.</b>	:
	<b>TECNICO</b>	: PAUL QUINTANA GUTIERREZ
	<b>FECHA</b>	: 24/10/2018

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral:**

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	506.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	481.1	
Peso del agua contenida (gr)	19.9	
Peso de la muestra seca (gr)	481.1	
Contenido de Humedad (%)	3.9	
Contenido de Humedad Promedio (%)	<b>3.95</b>	



ING. JUAN CARLOS...



Kristina del F. Valdiviazo Castillo  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108537




Ing. Cristian Alexander Lopez Pantoja  
INGENIERO CIVIL

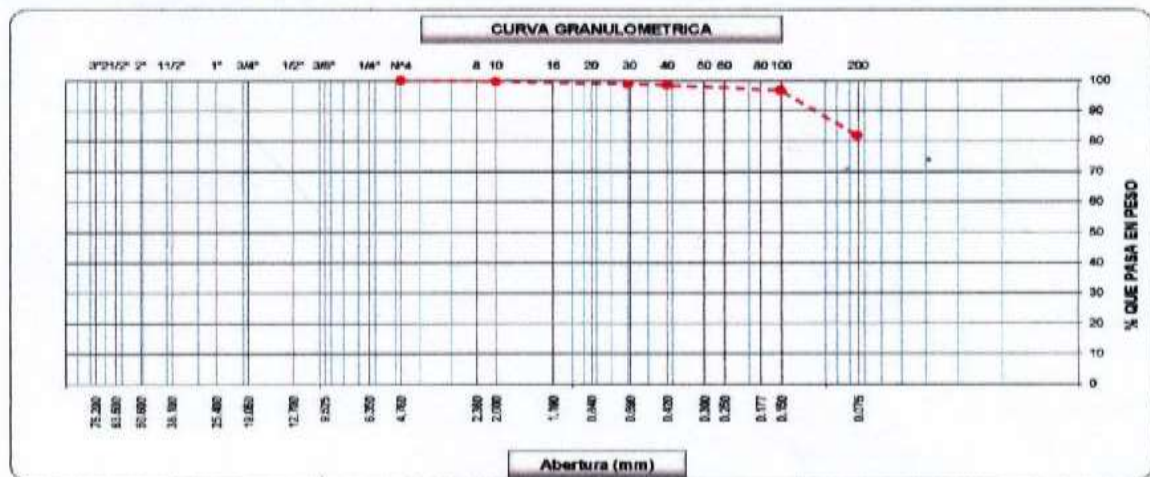
Fotografía 24. Contenido de Humedad.

## CALICATA 03 MUESTRA 02

Análisis Granulométrico por Tamizado. (MTC E 107-ASTM D422).

 <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)			
<b>PROYECTO</b> : "USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-PASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA 2+900 - 3+650), PIURA-PIURA-PIURA, 2018"			
<b>CALICATA</b>	: N°3	<b>ING. RESP.</b>	
<b>MUESTRA</b>	: N°2	<b>TÉCNICO</b>	: PAUL GUINTANA GUTIERREZ
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.80 - 1.50 mts	<b>FECHA</b>	: 24/10/2018
<b>COORDENADAS</b>	: X= 539709.22 - Y= 9428057.74		
<b>LADO</b>	: IZQUIERDO		
<b>COLOR</b>	: TRIS CLARO		
<b>SOLICITA</b>	: MALUQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR		

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Materia</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>500</u>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Levear (gr) <u>500.0</u>
2 1/2"	60.300						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Máximo <u>N° 4</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>N° 8</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>18.1</u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>81.9</u>
1/2"	12.700						Finos (%) <u>91.9</u>
3/8"	9.520						Modulo de Finezza (%) <u>100.0</u>
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4.750				100.0		Limite Líquido (%) <u>27</u>
N° 8	2.360						Limite Plástico (%) <u>19</u>
N° 10	2.000	2.0	0.4	0.4	99.60		Índice de Plasticidad (%) <u>12</u>
N° 16	1.190						Clasificación EUCS <u>CL</u>
N° 20	0.850						Clasificación AASHTO <u>A-6 (9)</u>
N° 30	0.600	4.2	0.8	1.2	98.8		
N° 40	0.420	1.3	0.3	1.5	98.5		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	9.0	1.8	3.3	96.7		
N° 200	0.075	74.0	14.8	18.1	81.0		
Pesante		409.5	81.9	100.0			



*[Signature]*

*[Signature]*  
**Krissia del F. Valdiviezo Castili.**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108597

*[Signature]*  
**Ing. Cristóbal Alexander León Pant**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 120884

Fotografía 25. Análisis Granulométrico por Tamizado.

Ensayos de Límite líquido. (MTC E 110–ASTM D4318) y Limite plástico. (MTC E 111-ASTM D4318).

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)	
<b>PROYECTO</b> : USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSE MARÍA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 3+880 - 3+890), PUNTA-PUNTA-PUNTA, 2012		
<b>CALICATA</b> : N°3		
<b>MUESTRA</b> : N°2		<b>ING. RESP.</b> :
<b>PROFUNDIDAD</b> : 0.80 - 1.50 mts		<b>TÉCNICO</b> : PAUL QUINTANA GUTIERREZ
<b>COORDENADAS</b> : X= 526709.22 - Y= 942907.74		<b>FECHA</b> : 24/10/2018
<b>LADO</b> : SEQUERDO		
<b>COLOR</b> : BEIS CLARO		
<b>SOLICITA</b> : MALLQUIS PEREZ, ADOLFO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR		

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		1	2	3	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	31.90	34.70	36.40	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	29.80	31.80	33.40	
Peso de Tarro	gr.	20.90	20.70	20.00	
Peso de Agua	gr.	2.40	2.90	3.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.70	11.10	11.80	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	27.60	26.13	25.66	<b>27</b>
Número de Golpes		19	26	26	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		4	5	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	27.40	34.30	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	28.30	34.00	
Peso de Tarro	gr.	21.00	21.00	
Peso de Agua	gr.	1.10	0.30	
Peso de Suelo seco	gr.	8.30	3.00	<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	20.75	10.00	<b>18</b>



Constantes Plásticas de la Muestra	
Límite Líquido	27
Límite Plástico	18
Índice de Plasticidad	12
<b>Observaciones</b>	
Pasante Tamiz N° 40	

*[Firma manuscrita]*

*[Firma manuscrita]*  
Krisnia del F. Valdivieso Castañ.   
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108587

*[Firma manuscrita]*  
Ing. Carlos Alberto León Parra  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 172782

Fotografía 26. Límites de Consistencia.

Contenido de Humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).

 <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> (MTC E-108 / ASTM D-2216)			
<b>PROYECTO</b>	"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+880 - 3+880), PIURA-PIURA-PIURA, 2018"		
<b>CALCATA</b>	: N°3		
<b>MUESTRA</b>	: N°2		<b>ING. RESP.</b> :
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.60 - 1.50 mts		<b>TECNICO</b> : PAUL QUINTANA GUTIERREZ
<b>COORDENADAS</b>	: X= 538708.22 - Y= 8488057.74		<b>FECHA</b> : 24/10/2018
<b>LADO</b>	: DERECHO		
<b>COLOR</b>	: BEIS CLARO		
<b>SOLICITA</b>	MALLQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR		

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	437.8	
Peso del agua contenida (gr)	62.2	
Peso de la muestra seca (gr)	437.8	
Contenido de Humedad (%)	14.2	
Contenido de Humedad Promedio (%)	14.21	

  
  
 Krissia del F. Valdiviezo Castilla  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP: N° 108587

  
  
 Ing. Cristian Alexander León Parodi  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 126588

Fotografía 27. Contenido de Humedad.

Ensayo de Proctor Estándar. (MTC E 115-ASTMD1557).

Molde N° 1		Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde	933.06	m <sup>3</sup>	N° de capas	5		
		Metodo	A	B	C	Peso Molde	5984	gr	N° de golpes		
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)</b> (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)											
<b>PROYECTO</b>		"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-BASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+880 + 3+880), PIURA-PIURA-PIURA, 2018"									
<b>CALICATA</b>	N°3										
<b>MUESTRA</b>	N°2										
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.80 - 1.50 mts										
<b>COORDENADAS</b>	X= 538708.22 - Y= 8428057.74										
<b>LADO</b>	IZQUIERDO										
<b>OLOR</b>	BEIS CLARO										
<b>SOLICITA</b>	MALQUIB PÉREZ, ADELINO ZEGARRA JUÁREZ, JEAN HAYRO JUNIOR										
<b>ING. RESP.</b>		TECNICO : PAUL QUINTANA GUTIERREZ FECHA : 24/10/2018									
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>											
				1		2		3		4	
Peso Suelo + Molde		gr		7,850		7,644		6,018		7,990	
Peso Suelo Humedo Compactado		gr		1,866		1,960		2,032		2,006	
Peso Volumetrico Humedo		gr		2,000		2,101		2,178		2,150	
Recipiente Numero											
Peso Suelo Humedo + Tara		gr		500.0		500.0		500.0		500.0	
Peso Suelo Seco + Tara		gr		468.8		456.0		441.0		429.0	
Peso de la Tara		gr									
Peso del agua		gr		34.6		44.0		59.0		70.4	
Peso del suelo seco		gr		469		458		441		430	
Contenido de agua		%		7.4		9.6		13.4		16.4	
Densidad Seca		gr/cm <sup>3</sup>		1.862		1.916		1.921		1.847	
<b>RESULTADOS</b>											
Densidad Máxima Seca		1.932		(gr/cm <sup>3</sup> )		Humedad óptima		11.05		%	
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm <sup>3</sup> )		Humedad óptima				%	
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>											


Fotografía 28. Ensayo Relación/Densidad (Proctor).

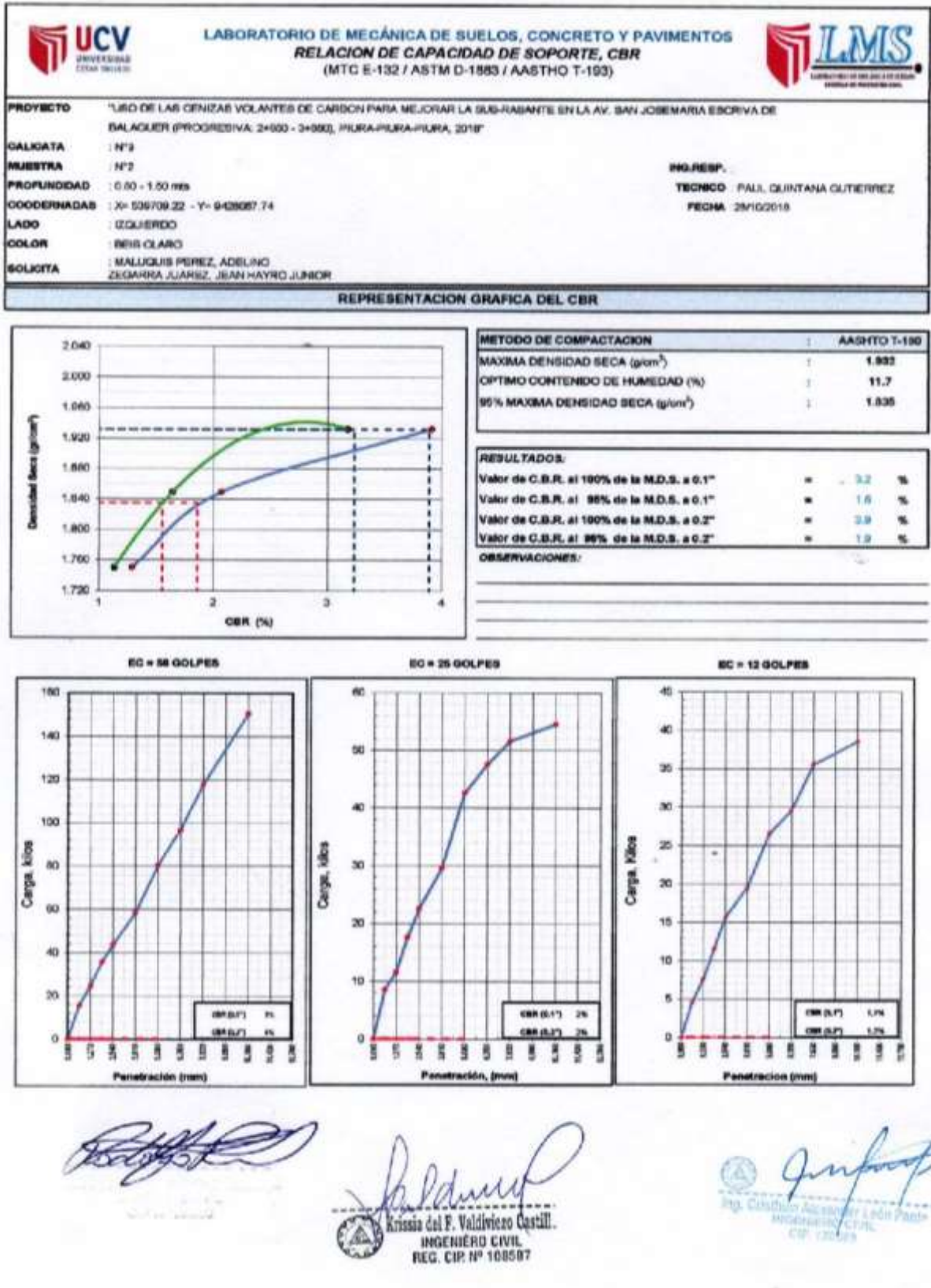
Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

UCV		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				LMS								
LIBERACIONE ENDA VALLEJO		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR				INGENIERO CIVIL								
		(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)												
PROYECTO	USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 3+880 - 3+880), PIURA-PIURA-PIURA, 2018													
CALICATA	N°3													
MUESTRA	N°2													
PROFUNDIDAD	0.80 - 1.50 ms													
COORDENADAS	X= 939709.22 - Y= 942807.74													
LADO	IZQUIERDO													
COLOR	BEIS CLARO													
SOLICITA	MALUGUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR													
<b>CALCULO DEL CBR</b>														
Molde N°	1		2		3									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por capa N°	66		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11763		11503		11328									
Peso de molde (g)	7228		7231		7222									
Peso del suelo húmedo (g)	4535		4272		4106									
Volumen del molde (cm³)	2111		2111		2111									
Densidad húmeda (g/cm³)	2.157		2.061		1.945									
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0									
Peso suelo seco + tara (g)	447.8		446.5		450.0									
Peso de tara (g)														
Peso de agua (g)	52.2		53.5		50.0									
Peso de suelo seco (g)	447.8		446.5		450.0									
Contenido de humedad (%)	11.7		11.8		11.1									
Densidad seca (g/cm³)	1.932		1.848		1.789									
<b>EXPANSION</b>														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
17/10/18	01:12	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
18/10/18	01:12	24	32.5	0.572	0.497	48.3	1.227	1.067	76.1	1.984	1.725			
18/10/18	01:12	48	96.3	2.446	2.127	111.4	2.830	2.460	112.6	2.860	2.487			
20/10/18	01:12	72	128.7	3.209	2.843	150.4	3.820	3.322	196.8	4.996	4.347			
21/10/18	01:12	96	231.8	6.883	5.115	217.8	5.632	4.811	249.4	6.335	5.500			
<b>PENETRACION</b>														
PENETRACION		CARGA STAND.	MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
			CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
mm	porlg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		13	16			0	9			2	5		
1.270	0.050		22	25			9	12			5	8		
1.905	0.075		33	36			15	16			8	12		
2.540	0.100	70.485	41	44	-	3.2	20	23	-	1.0	13	10	-	1.1
3.810	0.150		59	59			27	30			17	20		
5.080	0.200	105.88	78	81	-	3.8	40	43	-	2.1	24	27	-	1.3
6.350	0.250		94	97			45	48			27	30		
7.620	0.300		115	119			49	52			33	36		
10.160	0.400		148	151			62	65			35	38		
12.700	0.600													
OBSERVACIONES :														
Anillo:														

Fotografía 29: Relación de Capacidad de Soporte (CBR).



Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883).

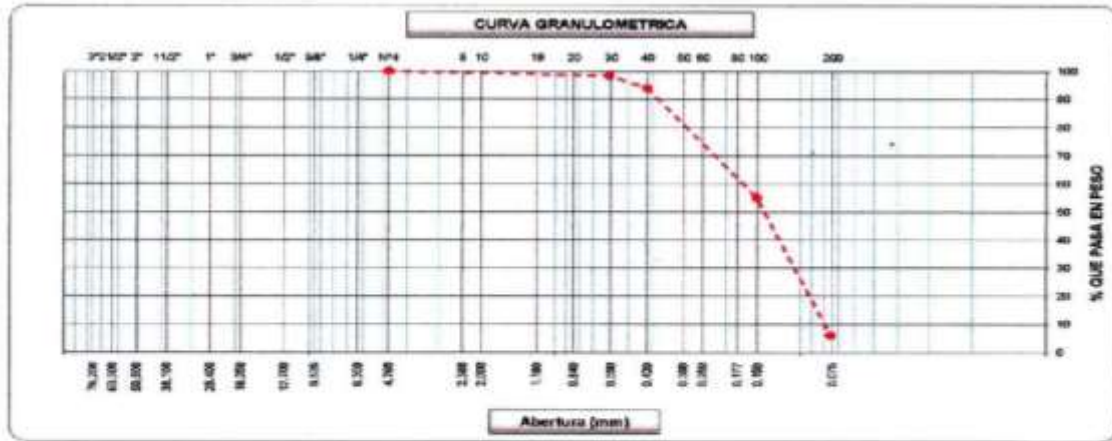


Fotografía 30. Relación de Capacidad de Soporte (CBR).

**CALICATA 04 MUESTRA 01:**

Análisis Granulométrico por Tamizado. (MTC E 107-ASTM D422).

 <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-58)							
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAS CENizas VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSÉ MARÍA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA 3+800 - 3+850), PUJA-PUJA-PUJA, 2018						
<b>CALICATA</b>	N°4						
<b>MUESTRA</b>	N°1						
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.00 - 1.50 mts			<b>ING. RESP.:</b>			
<b>COORDENADAS</b>	X= 539050.62 - Y= 947735.21			<b>TÉCNICO:</b> PAUL QUINTANA GUTIERREZ			
<b>LADO</b>	DERECHA			<b>FECHA:</b> 24/10/2018			
<b>COLOR</b>	DE S CLARO						
<b>SOLICITA</b>	MALUQUIS PÉREZ, ADELINO ZEGARRA JUÁREZ, JEAN HAYRO JUNIOR						
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material en Especificación	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Muestra</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>500</u>
3"	76.200						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) <u>500.0</u>
2 1/2"	63.500						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Mínimo <u>N° 4</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>N° 30</u>
<	25.400						Grava (%) <u>94.0</u>
3/4"	19.000						arena (%) <u>5.0</u>
1/2"	12.500						Modulo de Finesa (%) <u>100.0</u>
N° 4	4.750				100.0		<b>3. Clasificación</b>
N° 8	2.360						Límite Líquido (%) <u>NP</u>
N° 10	2.000						Límite Plástico (%) <u>NP</u>
N° 18	1.180						Índice de Plasticidad (%) <u>NP</u>
N° 30	0.850						Clasificación SUCS <u>SP-4.8</u>
N° 30	0.850	8.3	1.7	1.7	96.3		Clasificación AASHTO <u>A-3 (II)</u>
N° 40	0.425	21.4	4.3	5.9	94.1		
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	194.7	95.9	44.9	55.1		
N° 200	0.075	245.4	48.1	94.0	5.0		
Pasado		38.3	8.0	100.0			



*[Signature]*  
 Ing. Cristian Remal  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 100587

*[Signature]*  
 Krissia del F. Valdiviezo Castilla  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 100587

*[Signature]*  
 Ing. Cristian Alexander León Parra  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 100587

Fotografía 31. Análisis Granulométrico por Tamizado.

Contenido de Humedad. (MTC E 108-ASTM D2216).

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> (MTC E-108 / ASTM D-2216)	
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+680 - 3+680), PIURA-PIURA-PIURA, 2018	
<b>CALICATA</b>	: N°4	
<b>MUESTRA</b>	: N°1	
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 0.00 - 1.50 mts	
<b>COORDENADAS</b>	: X= 538636.82 - Y= 8427736.81	
<b>LADO</b>	: DERECHA	
<b>COLOR</b>	: BEIS CLARO	
<b>SOLICITA</b>	: MALLQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR	
	<b>ING.RESP.</b>	:
	<b>TECNICO</b>	: PAUL QUINTANA GUTIERREZ
	<b>FECHA</b>	: 24/10/2018

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	481.4	
Peso del agua contenida (gr)	18.6	
Peso de la muestra seca (gr)	481.4	
Contenido de Humedad (%)	3.9	
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>3.9</b>	

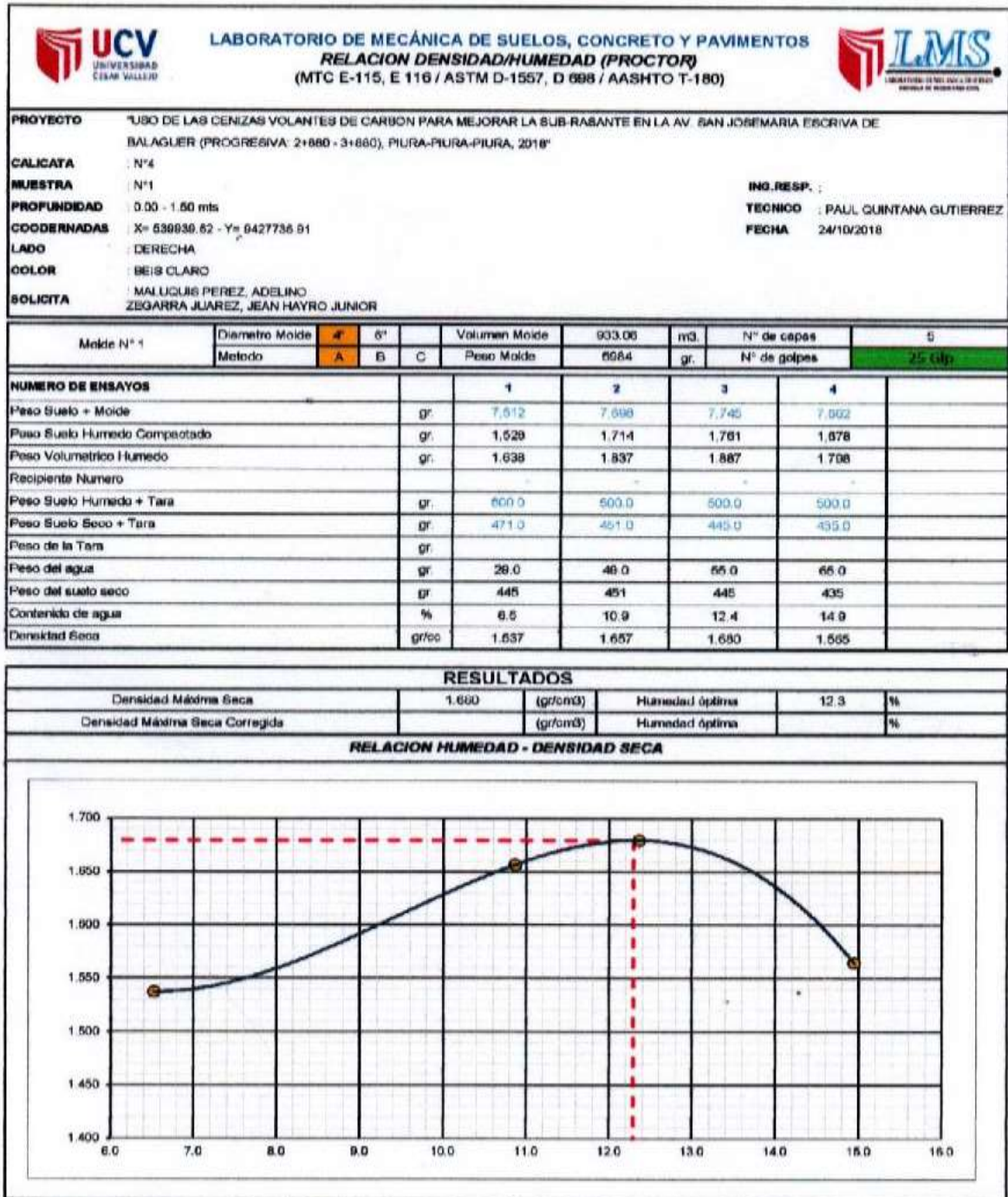
  
Adolfo Enrique Ramal Montijo  
INGENIERO CIVIL

  
Krissia del F. Valdiviezo Castilla  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108587

  
Ing. Cristian Alexander Lora Pantoja  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 108587

Fotografía 32. Contenido de Humedad.

Ensayo de Proctor Estándar. (MTC E 115-ASTMD1557).



*[Signature]*  
de Ramal Mon...  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108587

*[Signature]*  
Krisia del F. Valdiviezo Castillo  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108587


*[Signature]*  
Ing. Christian Alexander León  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 108587

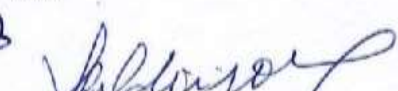
Fotografía 33. Relación Densidad/ Humedad (Proctor).


Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

UCV		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)				LMS									
<b>PROYECTO</b> : USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RADANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+850 - 3+850), PIURA-PIURA-PIURA, 2016															
<b>CALICATA</b> : N°4 <b>MUESTRA</b> : N°1 <b>PROFUNDIDAD</b> : 0.00 - 1.50 mb <b>COORDENADAS</b> : X= 539939.62 - Y= 9427736.91 <b>LADO</b> : DERECHA <b>COLOR</b> : BEBE CLARO <b>SOLICITA</b> : MALQUIES PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR															
<b>ING. RESP.</b> : <b>TECNICO</b> : PAUL GUINTANA GUTIERREZ <b>FECHA</b> : 24/10/2018															
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	1		2		3										
Capas N°	5		5		5										
Golpes por capa N°	56		25		12										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO									
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11212		11026		10784										
Peso de molde (g)	7228		7231		7222										
Peso del suelo húmedo (g)	3984		3794		3562										
Volumen del molde (cm³)	2111		2111		2111										
Densidad húmeda (g/cm³)	1.887		1.787		1.673										
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0										
Peso suelo seco + tara (g)	445.2		443.8		444.0										
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	54.8		56.4		56.0										
Peso de suelo seco (g)	445.2		443.8		444.0										
Contenido de humedad (%)	12.3		12.7		12.6										
Densidad seca (g/cm³)	1.880		1.894		1.889										
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
NO EXPANSIVO															
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		58	81			35	38			10	22			
1.270	0.050		123	126			94	97			74	77			
1.905	0.075		217	220			173	170			140	149			
2.540	0.100	76.455	310	313	-	22.9	281	264	-	18.2	222	226	-	16.4	
3.175	0.150		453	455			415	418			378	381			
3.810	0.200	185.68	597	590	-	28.6	496	493	-	23.9	419	421	-	20.4	
4.445	0.250		820	823			490	493			418	421			
5.080	0.300		820	823			490	493			418	421			
5.715	0.400		820	823			490	493			418	421			
6.350	0.500		820	823			490	493			418	421			

OBSERVACIONES : Anillo:


  
 Ramal M...  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

  
 Krissia del F. Valdiviezo Castillo  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

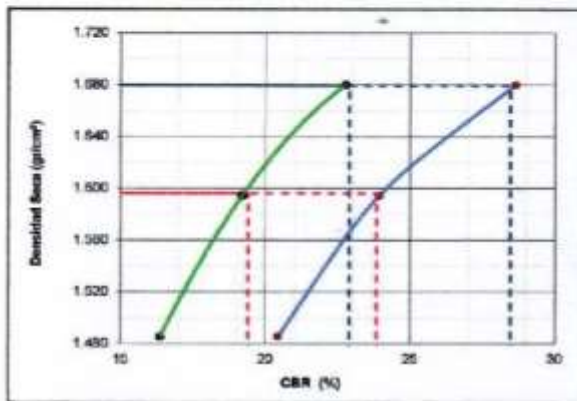
  
 Ing. Christian Alexander León  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 108587

Fotografía 34. Relación de Capacidad de Soporte (CBR).

Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883).

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CINCUENTA Y SEIS	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b> (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	 <b>LMS</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CINCUENTA Y SEIS
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAS CINZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIBA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+880 - 3+880), PUNTAPIURA-PUNTA, 2018*	
<b>CALICATA</b>	N°4	
<b>MUESTRA</b>	N°1	
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.00 - 1.50 mts	
<b>COORDENADAS</b>	X= 509608.62 - Y= 1427720.91	
<b>LADO</b>	DERECHA	
<b>COLOR</b>	BEIS CLARO	
<b>SOLICITA</b>	MALLQUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR	
	<b>ING. RESP. :</b>	
	<b>TECNICO :</b> PAUL QUINTANA GUTIERREZ	
	<b>FECHA :</b> 27/10/2018	

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-160
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 1.580
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 12.3
<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	: 1.506

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 22.9 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 18.4 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 28.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 23.8 %

**OBSERVACIONES:**

---

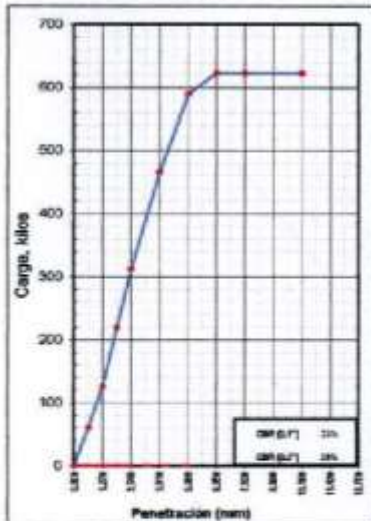


---

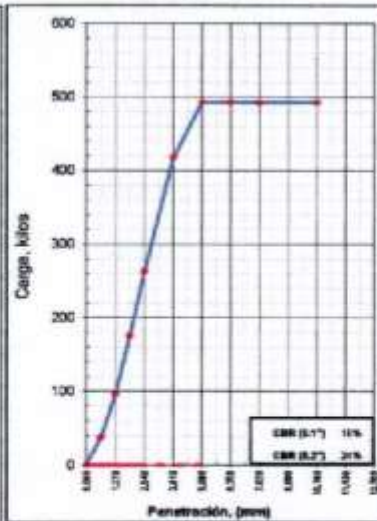


---

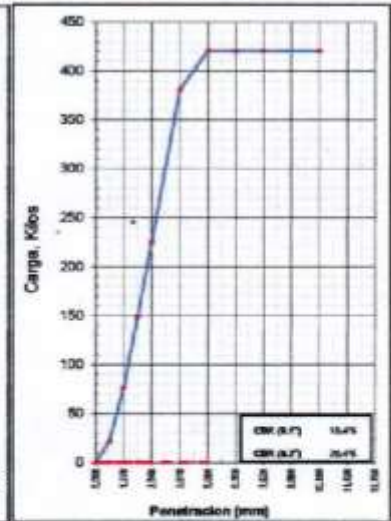
**EC = 96 GOLPES**



**EC = 26 GOLPES**



**EC = 12 GOLPES**



  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 20056

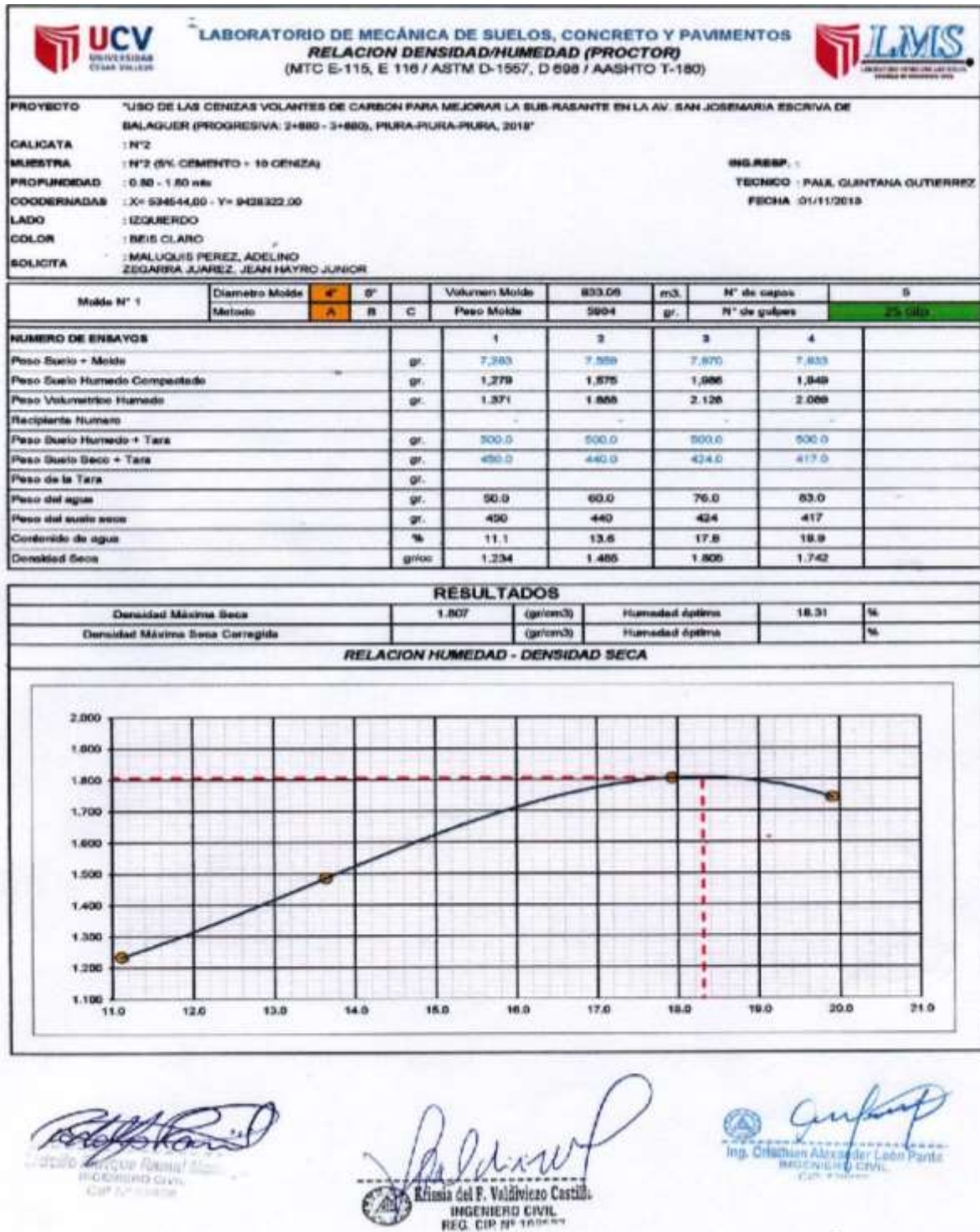
  
  
**Krisia del F. Valdivieso Castilla**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 100587

  
  
**Ing. Cristian Alexander Leon Parra**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 179531

Fotografía 35. Relación de Capacidad de Soporte (CBR).

## CALICATA 02 MUESTRA 02: (5% CEMENTO Y 10% CENIZA)

Ensayo de Proctor Estándar. (MTC E 115-ASTMD1557).



Fotografía 36. Relación Densidad/Humedad (Proctor).

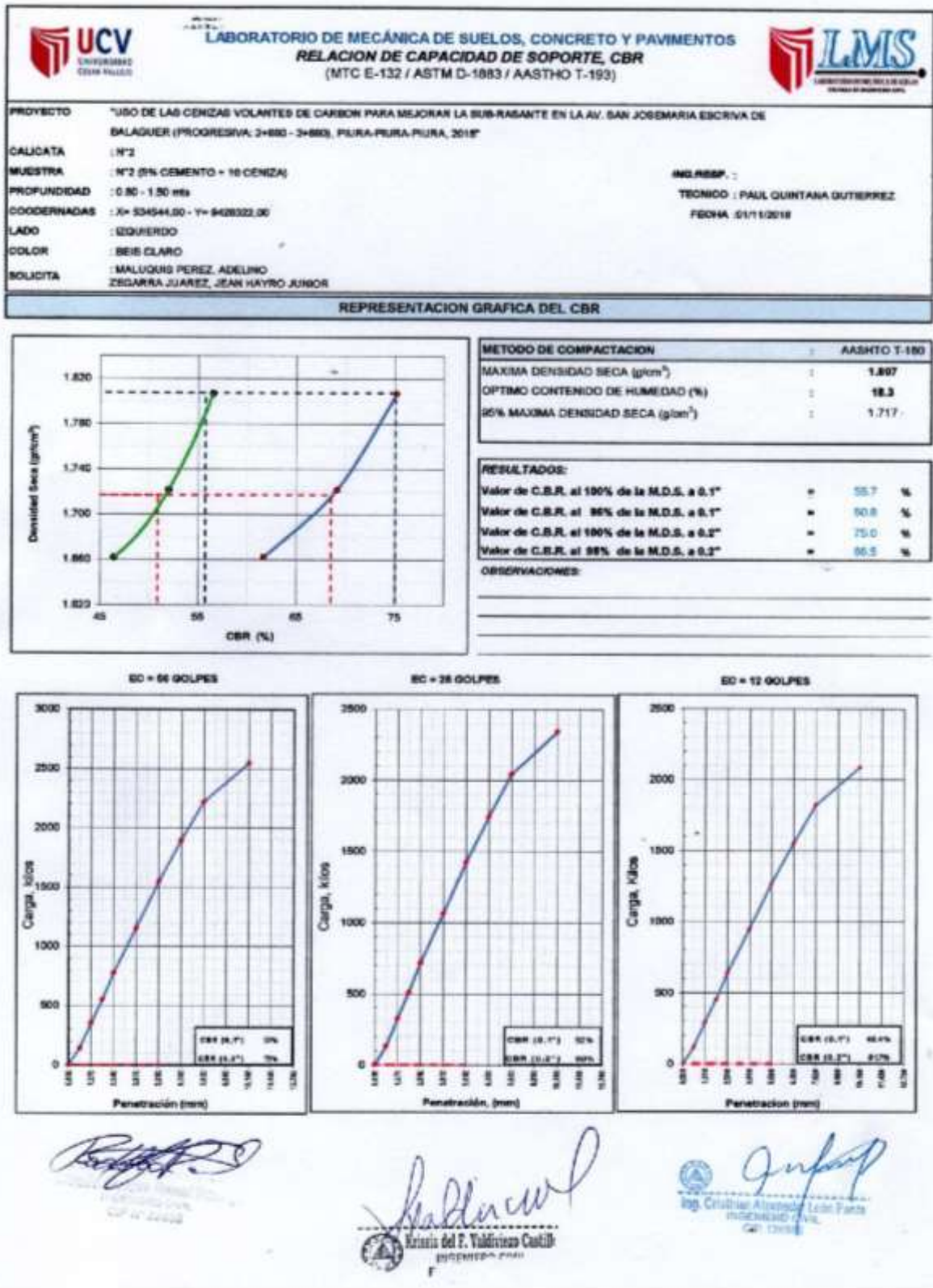
Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

UCV		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				LMS									
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
<b>PROYECTO:</b> TURNO DE LAS CENEDAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-RANANTE EN LA AV. SAN JOSE MARIA ESCOBINA DE															
<b>CALCATA:</b> BALAOJER (PROGRESIVA: 2+980 - 3+980), PUELA-PUELA PUELA, 2014 <sup>o</sup>															
<b>MUESTRA:</b> 1:1/2 (5% CEMENTO + 10 CENIZA)															
<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 - 1.30 mts															
<b>COORDENADAS:</b> X= 545644.00 - Y= 9426322.00															
<b>LADO:</b> 120x120															
<b>COLORE:</b> SEUS CLARO															
<b>SOLICITA:</b> MALLQUIB PEREZ, ADELINO, ZEGARRA JIMENEZ, JEAN HAYRO JUNIOR															
<b>INGENIERO:</b>															
<b>TECNICO:</b> PAUL QUINTANA GUTIERREZ															
<b>FECHA:</b> 07/11/2018															
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	1		2		3										
Capas N°	8		5		8										
Golpes por capa N°	86		38		12										
Corrección de la muestra															
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO									
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12385		12190		12022										
Peso de molde (g)	7837		7837		7837										
Peso del suelo húmedo (g)	4531		4343		4185										
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2118		2118		2118										
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.138		2.060		1.974										
Tara (PF)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0										
Peso suelo seco + tara (g)	422.5		420.0		421.0										
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	77.5		80.0		79.0										
Peso de suelo seco (g)	422.5		420.0		421.0										
Contenido de humedad (%)	18.3		19.0		18.8										
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.867		1.723		1.682										
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
01/11/18	01:12	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
02/11/18	01:12	24	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.1	0.003	0.002				
03/11/18	01:12	48	0.1	0.003	0.002	0.3	0.008	0.007	0.4	0.010	0.009				
04/11/18	01:12	72	0.1	0.003	0.002	0.3	0.008	0.007	0.4	0.010	0.009				
05/11/18	01:12	96	0.1	0.003	0.002	0.4	0.010	0.009	0.5	0.013	0.011				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	plg	kgf/cm <sup>2</sup>	Dial (dBv)	kg	kg	%	Dial (dBv)	kg	kg	%	Dial (dBv)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		139	143			128	131			114	117			
1.270	0.090		383	388			324	337			289	293			
1.905	0.075		540	567			505	508			452	453			
2.540	0.100	76.488	772	776	-	56.5	711	714	-	82.0	834	837	-	61.4	
3.175	0.150		1152	1150			1081	1084			945	948			
5.080	0.200	186.88	1540	1545	-	79.2	1421	1424	-	86.2	1267	1270	-	61.7	
6.350	0.250		1883	1886			1743	1745			1652	1655			
7.620	0.300		2218	2221			2041	2044			1819	1822			
10.160	0.400		2544	2547			2349	2343			2088	2086			
12.700	0.500														
<b>OBSERVACIONES:</b> Anillo:															
Cristian Alexander Leon Parot INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 120150				Krisia del P. Valdiviazo Castell INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 106587				Cristian Alexander Leon Parot INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 120150							

Fotografía 37. Relación de Capacidad de Soporte (CBR).



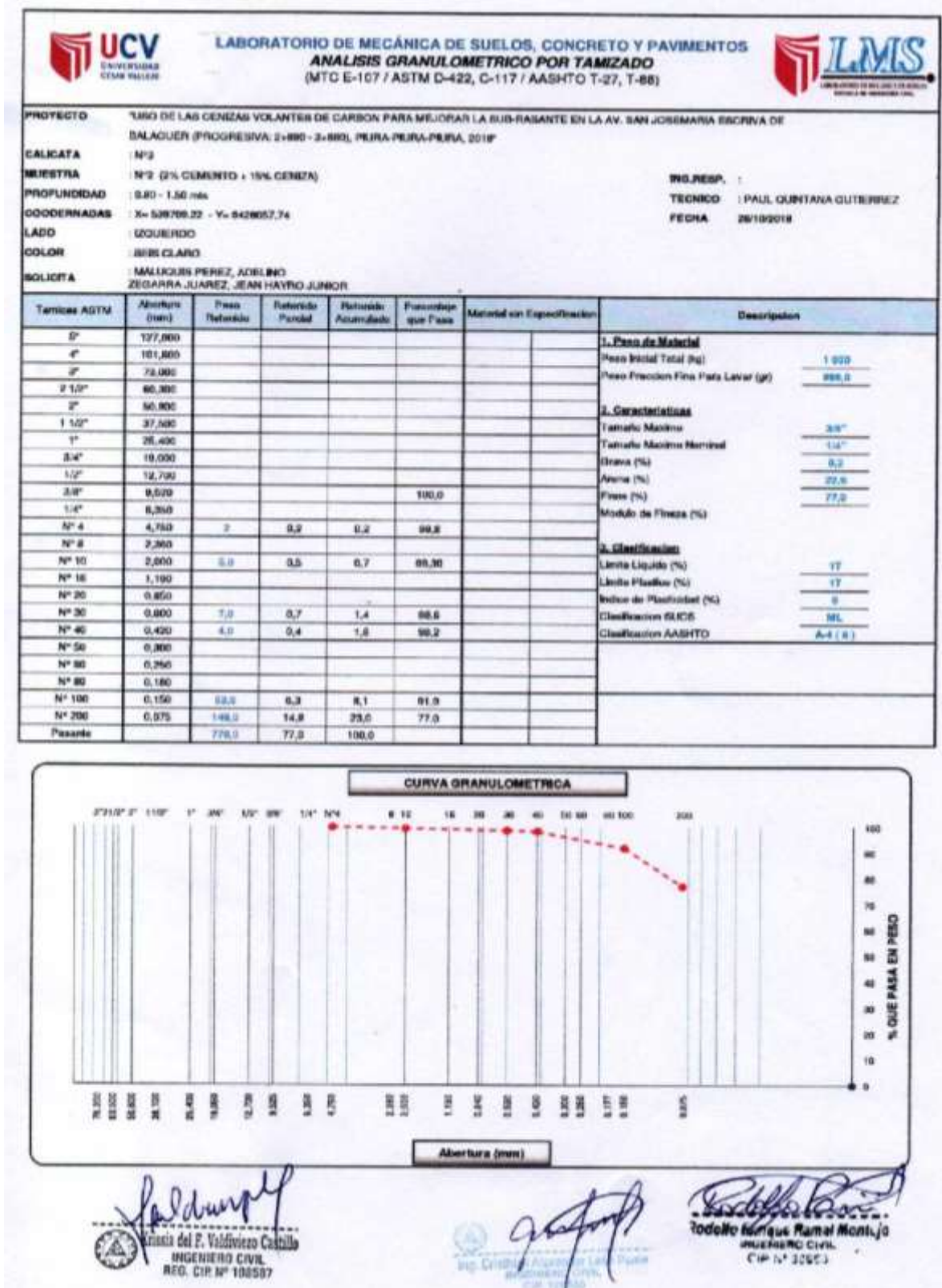
Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132–ASTM D1883).



Fotografía 38. Relación de Capacidad de Soporte (CBR).

**CALICATA 03 MUESTRA 02: (2% CEMENTO Y 15% CENIZA).**

Análisis Granulométrico por Tamizado. (MTC E 107-ASTM D422).



Fotografía 39. Análisis Granulométrico por Tamizado.

Ensayos de Límite líquido. (MTC E 110–ASTM D4318) y Limite plástico. (MTC E 111-ASTM D4318).

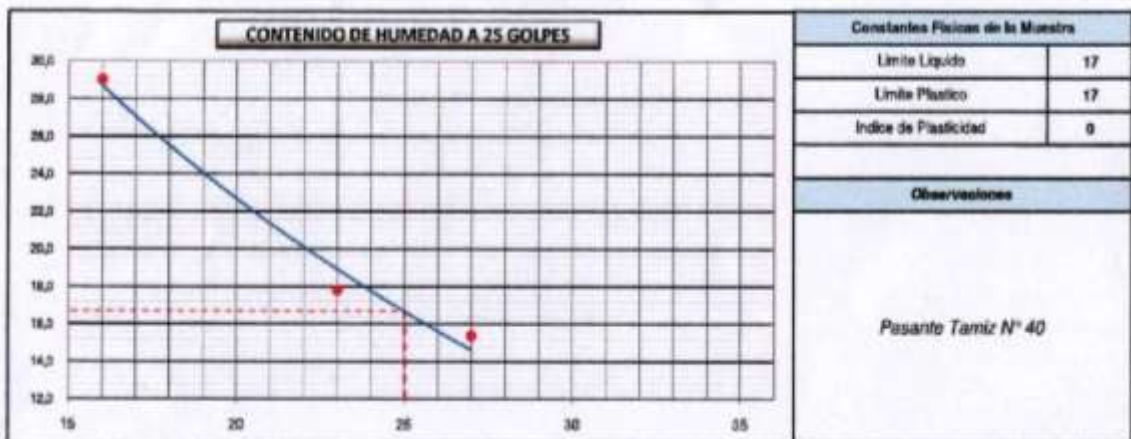
	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-99)	
<b>PROYECTO</b> : "USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCOBINA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2-880 - 3-880), PIURA-PIURA-PIURA, 2016"		
<b>CALCATA</b> : N°3		
<b>MUESTRA</b> : N°2 (2% CEMENTO + 15% CENIZA)		<b>ING. RESP.</b> :
<b>PROFUNDIDAD</b> : 0.80 - 1.50 ms		<b>TECNICO</b> : PAULI QUINTANA GUTIERREZ
<b>COORDENADAS</b> : X- 32970822 - Y- 942867.74		<b>FECHA</b> : 28/10/2018
<b>LADO</b> : IZQUIERDO		
<b>COLOR</b> : BEBÉ CLARO		
<b>SOLICITA</b> : MALLQUIUS PEREZ, ADELINO ZIGARRIA JIAFEZ, JEAN HAYRO JUNIOR		

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tazo		1	2	3	
Peso de Tazo + Suelo Humedo	gr.	32,80	32,70	34,40	
Peso de Tazo + Suelo Seco	gr.	30,10	30,90	32,80	
Peso de Tazo	gr.	20,80	20,80	20,80	
Peso de Agua	gr.	2,70	1,80	1,80	
Peso del Suelo Seco	gr.	9,30	18,10	11,70	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	28,00	17,80	18,38	<b>17</b>
Numero de Golpes		16	22	27	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tazo		4	5	
Peso de Tazo + Suelo Humedo	gr.	23,80	24,70	
Peso de Tazo + Suelo seco	gr.	23,40	24,20	
Peso de Tazo	gr.	21,10	21,30	
Peso de Agua	gr.	0,40	0,60	
Peso del Suelo seco	gr.	2,30	2,90	<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	17,99	17,24	<b>17</b>



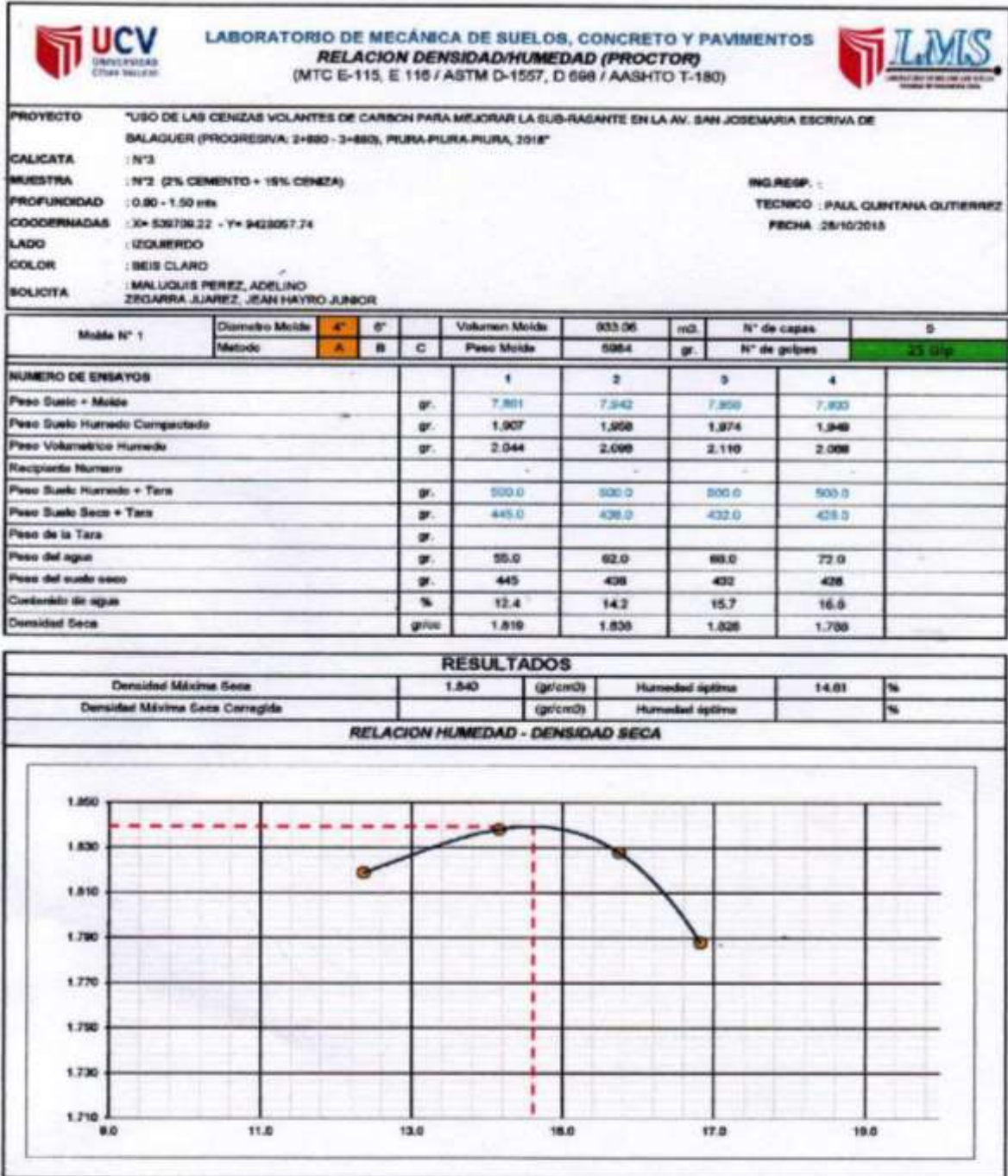
  
Adolfo V. Valdivia Castro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 148047

  
Ing. Cristian Alvarado  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 148047

  
Yodanis Enrique Ramal Montijo  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 148047

Fotografía 40. Límites de Consistencia.

Ensayo de Proctor Estándar. (MTC E 115-ASTMD1557).



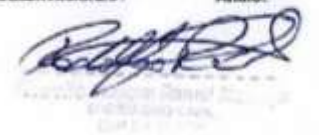
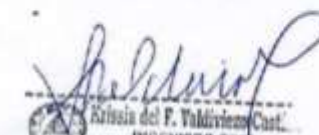

*[Signature]*  
Ing. Contralor Asesor de Lealtad Fiscal

*[Signature]*  
**Ing. F. Valdivia Castillo**  
**INGENIERO CIVIL**  
**REG. CN° 108587**

*[Signature]*  
Ing. Contralor Asesor de Lealtad Fiscal  
INGENIERO CIVIL  
CP# 128204

Fotografía 41. Relación Densidad/Humedad (Proctor).

Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).

UCV		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				LMS									
		RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR													
		(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)													
<b>PROYECTO</b>	USO DE LAB. CENizas VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-FRANTE EN LA AV. SAN JOSE MARIA BARRONA DE BALAGUER (PROGRESIVA: 2+800 - 3+800), PURA-PURA-PURA, 2018														
<b>GALEATA</b>	N°3														
<b>MUESTRA</b>	1F2 (2% CEMENTO + 15% CENIZA)														
<b>PROFUNDIDAD</b>	0.90 - 1.50 mts														
<b>COORDENADAS</b>	X= 93709.22 - Y= 942897.74														
<b>LADO</b>	QUILIBRO														
<b>COLOR</b>	BEIS CLARO														
<b>SOLICITA</b>	MALLIGUIS PEREZ, ADELINO ZEGARRA JUAREZ, JEAN HAYRO JUNIOR														
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
Molde N°	1		2		3										
Capas N°	8		8		8										
Golpes por capa N°	86		38		12										
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11980		11308		11308										
Peso de molde (g)	7228		7231		7222										
Peso del suelo húmedo (g)	4452		4075		3786										
Volumen del molde (cm³)	2111		2111		2111										
Densidad húmeda (g/cm³)	2.108		1.930		1.793										
Tara (g)															
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		600.0		600.0										
Peso suelo seco + tara (g)	438.2		438.0		433.0										
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)	61.8		65.0		67.0										
Peso de suelo seco (g)	438.2		435.0		433.0										
Contenido de humedad (%)	14.6		14.9		15.5										
Densidad seca (g/cm³)	1.840		1.879		1.883										
<b>EXPANSION</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
28/10/18	01:12	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
28/10/18	01:12	24	8.2	0.132	0.118	8.4	0.163	0.141	8.8	0.175	0.150				
30/10/18	01:12	48	8.5	0.216	0.188	8.8	0.224	0.194	9.1	0.231	0.201				
31/10/18	01:12	72	9.7	0.245	0.214	10.1	0.257	0.223	10.6	0.269	0.234				
01/11/18	01:12	96	10.4	0.264	0.220	10.8	0.274	0.238	11.3	0.287	0.238				
<b>PENETRACION</b>															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
mm	pu/g	kg/cm2	Dial (dlv)	kg	kg	%	Dial (dlv)	kg	kg	%	Dial (dlv)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		54	56			48	49			41	44			
1.270	0.050		140	148			128	129			112	115			
1.905	0.075		234	237			202	206			183	183			
2.540	0.100	79.468	315	321	-	23.4	275	278	-	20.2	245	248	-	18.0	
3.810	0.150		474	477			408	412			364	367			
5.080	0.200	106.60	614	616	-	29.9	530	533	-	25.9	472	475	-	23.1	
8.380	0.350		737	738			638	638			589	589			
7.620	0.300		843	846			728	731			645	651			
10.160	0.400		1008	1010			879	873			775	778			
12.700	0.500														
<b>OBSERVACIONES :</b>															
Anillo:															
  															
Adelinio F. Valdivia Cust. INGENIERO CIVIL REG. CIR. N° 180537															
Ing. Cristian Alejandro Leon Pared INGENIERO CIVIL CIR. N° 180537															

Fotografía 42. Relación de Capacidad de Soporte (CBR).

Ensayo California Bearing Ratio "CBR". (MTC E 132-ASTM D1883).



Fotografía 43. Relación de Capacidad de Soporte (CBR).

## ENSAYOS QUIMICOS, CALICATA 03.

ENSAYOS REALIZADOS CON MUESTRA NATURAL.



Universidad Nacional de Piura  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA



### INFORME DE ANALISIS N°416- CP-D.A.I.Q.-UNP

MUESTRA N° 02 : CALICATA N° 03  
PROCEDENCIA : AV. JOSE MARIA ESCRIBA DE BALAGUER  
PIURA - PIURA - PIURA  
SOLICITANTE: MALUQUIS PEREZ ADELINO  
ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO  
PROYECTO : DESARROLLO DE TESIS EN UCV - PIURA  
FECHA RECEP : 19 DE OCTUBRE DE 2018

#### RESULTADOS

Determinación	
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )(%)	0.06
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) (%)	0.015
Sales solubles (S.S) (%)	0.087

SEGÚN NORMA:

ASTM - D - 512 (Cloruros)  
ASTM - D - 516 (Sulfatos)  
ASTM - D - 219 (Sales Solubles)

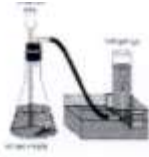
Piura, 22 de Octubre de 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
Ing. Hernán Dadas Fernández  
PRESIDENTE  
DIRECTORIO CENTRO PRODUCTIVO  
DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.



Fotografía 44. Estudio de Cloruros, Sulfatos y Sales Solubles.

CALICATA 03: ENSAYOS REALIZADOS CON (2% DE CEMENTO, 15% CENIZA)



Universidad Nacional de Piura  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA



**INFORME DE ANALISIS N°447- CP-D.A.I.Q.-UNP**

MUESTRA 2 : CALICATA 03 MEJORADA (2% CEMENTO, 15% CENIZA)  
PROGRESIVA 3 + 540

PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

PROYECTO / TESIS : USO DE LA CENIZAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA  
SUBRASANTE EN LA AV. SAN JOSEMARIA ESCRIVA DE BALAGUER  
(PROGRESIVA 2 + 880 - 3 + 880 PIURA 2018)

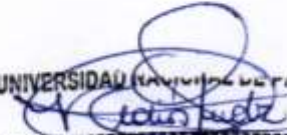
SOLICITANTE : JEAN HAYRO ZEGARRA JUEREZ  
ADELINO MALUQUIS PEREZ

FECHA RECEP ; PIURA, 23 NOVIEMBRE DE 2018

RESULTADOS

DETERMINACION	
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> %)	0.18
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> %)	0.28
SALES SOLUBLES (S.S %)	0.57

PIURA, 27 DE NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
  
Ing. Hernán Decios Fernández  
PRESIDENTE  
DIRECTORIO CENTRO PRODUCTIVO  
DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.



Fotografía 45. Estudio de Cloruros Sulfatos y Sales Solubles.



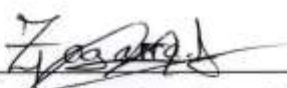
 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 28-11-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Nosotros **MALUQUIS PEREZ ADELINO Y ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO JUNIOR** identificados con DNI: N°74570704 – N°48548848 egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Piura. Autorizamos (X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi proyecto de investigación titulada **“USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARÍA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA - PIURA - PIURA, 2018”**. En el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
 .....  
 .....  
 .....

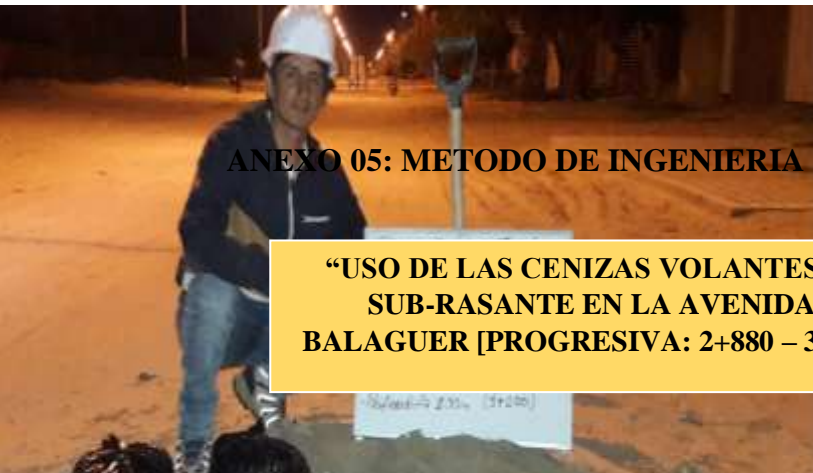
  
 \_\_\_\_\_  
 Maluquis Pérez, Adelino  
 DNI N°: 74570704

  
 \_\_\_\_\_  
 Zegarra Juárez, Jean Hayro Junior  
 DNI N°: 48548848

28 de noviembre del 2018

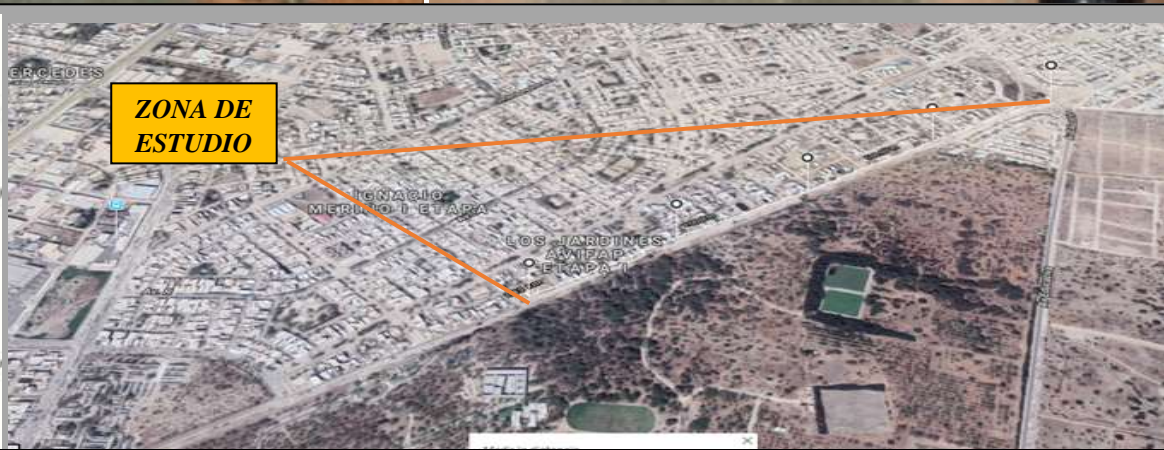
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

*Fotografía 46.* Acta de autorización al repositorio de la Universidad Cesar Vallejo.



**ANEXO 05: METODO DE INGENIERIA**

**“USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARÍA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA - PIURA - PIURA, 2018”**



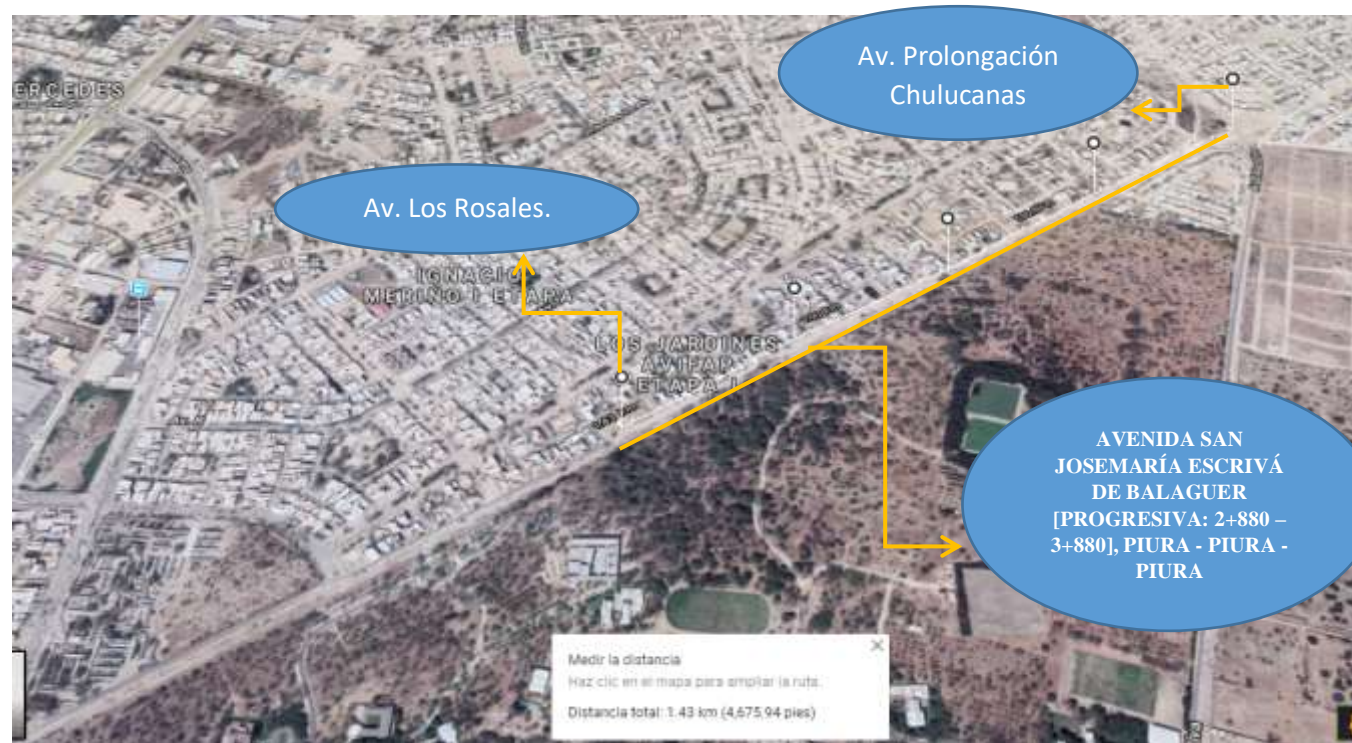
**AUTORES:**  
**MALUQUIS PEREZ ADELINO**  
**ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO JUNIOR**  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL**  
**PIURA – PERÚ**



## **EXPLORACIÓN DE CAMPO.**

Para nuestra investigación que lleva por título “USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARÍA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA - PIURA - PIURA, 2018” en dicha avenida se realizaron 4 calicatas en la cual de la calicata 1 y 4 donde se encontró un solo tipo de muestra de las cuales se llevó un saco de muestra de 30 kg de cada calicata a LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura, de la calicata 1 y 4 se pesó 500 gramos de muestra de cada una para poder realizar el contenido de humedad, de igual manera para la calicata 2 y 3 se encontró dos tipos de muestras por cada calicata, se llevó un total de un saco de 10 kilos de la muestra uno por cada calicata y para la muestra dos se llevó un saco de 35 kilos por cada calicata para para cada muestra al laboratorio y se procedió a pesar los 500gr para poder secar el contenido de humedad a cada tipo de muestra de cada calicata.

AVENIDA SAN JOSEMARÍA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA - PIURA - PIURA, 2018”



Fotografía 47. Vista satélite en Software aplicativo Google MAPS. (Google. Inc.)

Leyenda:

Como se puede apreciar en la fotografía 1 correspondiente al anexo 02. Se fijan las siguientes progresivas: Av. Prolongación Chulucanas comienza con la progresiva 2+880 km y termina en la Av. Los rosales con la progresiva 3+880 km.



*Fotografía 48. Excavación de Calicatas.*



*Fotografía 49. Obtención del material.*



*Fotografía 50. Obtención del material.*



*Fotografía 51. Calicata a 1.50 metros de Profundidad.*

## **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, CALICATA 1 Y 4.**

Luego cada una de las muestras se procedió a secar el material por un promedio de 4 días hasta que esté totalmente seca, después de este lapso de tiempo se procedió a realizar el ensayo de ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

Para las calicatas 1 y 4 se pesó por separado 500 gramos de muestra de cada una, en seguida se realizó el lavado de los 500 gramos de muestra una vez que el agua con el material perdía impurezas se procedió a hacer el respectivo secado de cada muestra en la cocina a gas, una vez secado se dejó que el material a temperatura ambiente luego se procedió con el tamizado con las mallas N°4, N°10, N°30, N° 40, N°100 y N°200 de las cuales el porcentaje retenido en cada una de las mallas se procedía a pesar.



*Fotografía 52. Análisis granulométrico por tamizado.*

A las calicatas 1 y 4 no se realizaron los ensayos de límite líquido y límite plástico por el mismo hecho que el material fue arenas y para nosotros poder realizar estos ensayos se necesita que el material sea expansivo y retenga agua y en este caso las arenas no presentaban ninguna característica de que sea expansiva.

En seguida para las calicatas 1 y 4 se realizaron los ensayos de RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) que consistió en pasar por la malla N° 4 la muestra, luego se pesó 4 porciones de 3 kilos de muestra para cada calicata. Para la primera porción de 3 kilos se le agregó 6% de agua, luego para la siguiente porción se le agregó 9% de agua, para la siguiente 12% de agua y para la siguiente 15% de agua. En seguida se mezcló con la muestra, una vez mezclado se pesó 500 gramos y se secó para poder determinar la humedad óptima, luego el material se ingresaba por porciones al molde estándar, la cual se compactó el material con la utilización del pisón a 25 golpes para cada capa de 5 capas, una vez terminadas las 5 capas se procedió a pesar en la balanza electrónica el material compactado más molde. Luego ingresamos datos con la ayuda del ingeniero a cargo de laboratorio en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura. Para poder determinar la densidad máxima seca y humedad óptima.



*Fotografía 53. Pesado de la muestra en la balanza mecánica.*





*Fotografía 54.* Porcentaje de agua ingresado a la muestra.



*Fotografía 55.* Uso del pisón para compactar el material.



*Fotografía 56. Uso de la regla para nivelar el material compactado.*



*Fotografía 57. Pesado del material compactado.*

Luego para realizar la RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR), para la calicata 1 y 4 consistió en pasar por la malla N° 4 la muestra, luego se pesó 3 porciones de 6 kilos de muestra para cada calicata, la porción de agua a agregar nos determinó el ensayo de RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR), En seguida se mezcló el agua con la muestra, una vez mezclado se pesó 500 gramos y se secó para poder determinar la máxima densidad seca, luego con el molde para estándar para (CBR) se compacto con el pisón a 56 golpes para cada capa de 5 capas , para la segunda porción de muestra se compacto a 25 golpes para cada capa de 5 capas y para la tercera porción de muestra se compacto a 12 golpes para cada capa de 5 capas, una vez terminadas las 5 capas se procedió a pesar en la balanza electrónica el material compactado más molde. Luego se tomó la lectura con el dial y se sumergió en agua por 4 días; en el cuarto día se midió la resistencia expresada en porcentaje (%) con la “Prensa de Carga Mecánica de CBR Digital”. Luego se procedió a ingresar datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 58.* Ingreso de los moldes (CBR) a la piscina por un tiempo de 4 días.

## **ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, CALICATA (2Y 3).**

Para el ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO de la calicata 3 y 4 muestra uno y dos se pesaron por separado 500 gramos de muestra de cada una, en seguida se hizo el lavado de los 500 gramos de muestra, una vez que el agua con el material perdía impurezas se procedió a hacer el respectivo secado de cada muestra en la cocina a gas, una vez secado se dejó a que el material quede en temperatura ambiente luego se procedió con el tamizado con las mallas N°4, N°10, N°30, N° 40, N°100 y N°200 de las cuales el porcentaje retenido en cada una de las mallas se procedió a pesar. Luego se procedió a ingresar datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 59. Lavado del material hasta que pierda impurezas.*



*Fotografía 60. Secado del material.*



*Fotografía 61. Tamizado del Material Seco.*

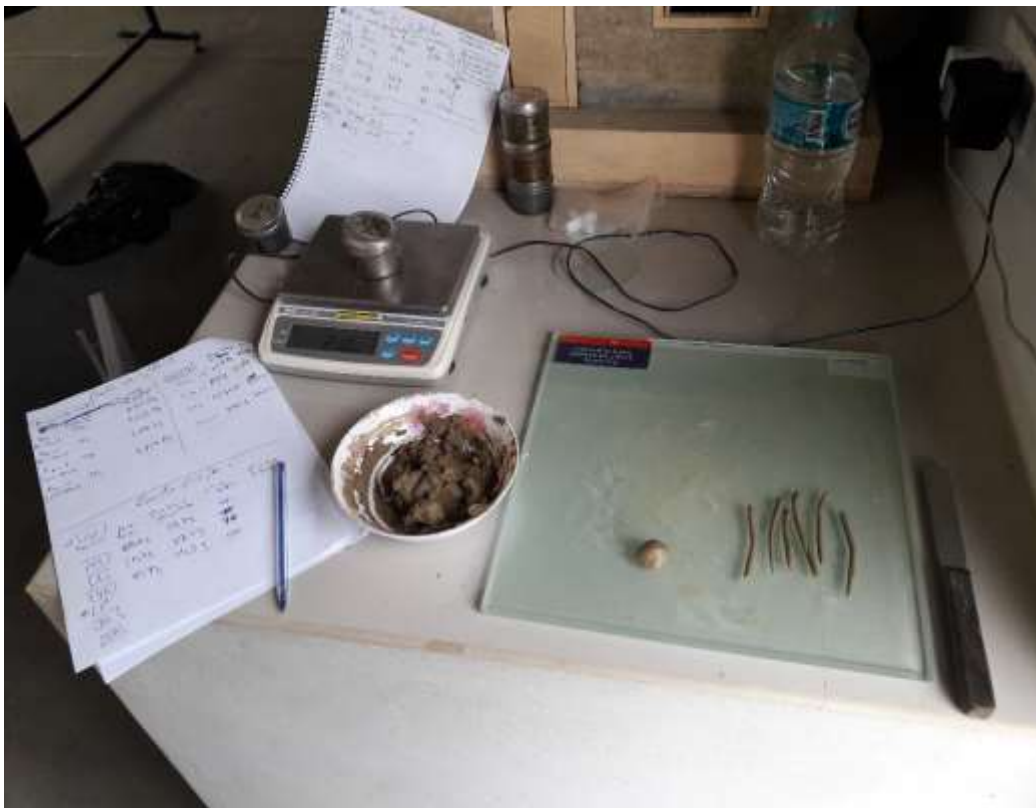
Para los LIMITES DE CONSISTENCIA de la calicata 2 y 3 muestra dos que consistió en pasar la muestra por el tamiz N° 40 y se pesó en la balanza mecánica 150 gramos de muestra luego se saturó el material en un recipiente por 24 horas, después de las 24 horas se procedió a realizar en el instrumento de COPA DE CASA GRANDE con el material saturado hasta que se unió a los 25 golpes se pesó y se procedió a secar en el horno a 110° por 24 horas, después de las 24 horas se pesó, luego los datos fueron procesados en la hoja de Excel validados por la universidad. Y para el LIMITE PASTICO se hizo bastones en la plancha de vidrio hasta que fisure luego se pesó en taras y se procedió a secar en el horno a 110° por 24 horas, luego se retiró del horno y se pesó en la balanza mecánica Luego se procedió a pasar datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 62. Tamizado con la malla N° 40.*



*Fotografía 63. Cantidad de material para límites.*



*Fotografía 64. Límite Plástico.*



*Fotografía 65.* Realizando el peso respectivo de las taras.



*Fotografía 66.* Ingreso de las taras al horno.



En seguida para las calicatas 2 y 3 muestra dos se realizaron los ensayos de RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) que consistió en pasar por la malla N° 4 la muestra, luego se pesó 4 porciones de 3 kilos de muestra para cada calicata. Para la primera porción de 3 kilos se le agrego 6% de agua, luego para la siguiente porción se le agrego 9% de agua, para la siguiente 12% de agua y para la siguiente 15% de agua. En seguida se mezcló con la muestra, una vez mezclado se pesó 500 gramos y se secó para poder determinar la humedad optima, luego con el molde estándar se compacto con el pisón a 25 golpes para cada capa de 5 capas, una vez terminadas las 5 capas se procedía a pesar en la balanza electrónica el material compactado más molde. Luego se procedió a pasar datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 67. Realizando el ensayo de Proctor.*

Para realizar la RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR para la calicata 2 y 3 muestra dos consistió en pasar por la malla N° 4 la muestra, luego se pesó 3 porciones de 6 kilos de muestra para cada calicata, la porción de agua a agregar nos determinó el ensayo de RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR), En seguida se mezcló el agua con la muestra, una vez mezclado se pesó 500 gramos y se secó para poder determinar la densidad seca, luego con el molde estándar CBR se compacto con el pisón a 56 golpes para cada capa de 5 capas , para la segunda porción de muestra se compacto a 25 golpes para cada capa de 5 capas y para la tercera porción de muestra se compacto a 12 golpes para cada capa de 5 capas, , una vez terminadas las 5 capas se procedía a pesare en la balanza electrónica el material compactado más molde. Luego se tomó la lectura con el dial y se sumergió en agua por 4 días en el cuarto día se midió la resistencia con la “Prensa de Carga Mecánica de CBR Digital”, Luego se procedió a ingresar datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 68. Lectura con el Dial.*

**ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS. CALICATA 2 Y 3, ADICIONANDO 2% DE CEMENTO + 15% DE CENIZA VOLANTE DE CARBON + 83% DE SUELO NATURAL.**

Para el ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO con 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón, de la calicata 3 y 4 muestra dos y se pesó por separado 1000 gramos entre un porcentaje de cemento, ceniza y muestra en su mayoría de cada una, en seguida se hizo el lavado de los 1000 gramos de muestra una vez que el agua con el material perdió impurezas se procedió a hacer el respectivo secado de cada muestra en la cocina a gas, una vez secado se dejó a que el material quede en temperatura ambiente luego se procedió con el tamizado con las mallas N°4, N°10, N°30, N° 40, N°100 y N°200 de las cuales el porcentaje retenido en cada una de las mallas se procedió a pesar. Luego se ingresó datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 69. Lavado de la muestra en la malla N° 200.*

Para los LIMITES DE CONSISTENCIA con cemento y ceniza de la calicata 2 y 3 muestras que consistió en pasar por el tamiz N° 40 la muestra que incluía cemento y ceniza, se pesó en la balanza mecánica 150 gramos de muestra luego se saturó el material en un recipiente por 24 horas, después de las 24 horas se procedía a realizar en el instrumento de COPA DE CASA GRANDE con el material saturado hasta que se unió a los 25 golpes se pesó y se procedió a secar en el horno a 110° por 24 horas, después de las 24 horas se pesó, luego los datos fueron procesados en la hoja de Excel validados por la universidad. Y para el LIMITE PASTICO se hizo bastones en la plancha de vidrio hasta que fisure luego se pesó y se procedió a secar en el horno a 110° por 24 horas, luego se retiró del horno y se pesó en la balanza mecánica. Luego se procedió a pasar datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 70. Realización del ensayo de límite líquido.*

Para la calicata 2 y 3 muestra dos se realizaron los ensayos de RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) con 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón, que consistió en pasar por la malla N° 4 la muestra, luego se pesó 4 porciones de 3 kilos entre un porcentaje de cemento, ceniza y muestra en su mayoría para cada calicata. Para la primera porción de 3 kilos se le agrego un porcentaje de agua, luego para las siguientes se trabajó con porcentajes diferentes. En seguida se mezcló con la muestra, una vez mezclado se pesó 500 gramos y se secó para poder determinar la humedad optima, luego con el molde estándar se compacto con el pisón a 25 golpes para cada capa de 5 capas, una vez terminadas las 5 capas se procedía a pesar en la balanza electrónica el material compactado mejorado más molde. Luego se procedió a pasar datos en la ficha técnica del LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 71. 15% de Ceniza + 2% de Cemento + 83% de Material.*

para realizar la RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR con 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón, para la calicata 2 y 3 muestra dos que consistió en pasar por la malla N° 4 la muestra, luego se pesó 3 porciones de 6 kilos entre un porcentaje de cemento, ceniza y muestra en su mayoría para cada calicata luego se pesó 3 porciones de 6 kilos de muestra para cada calicata, la porción de agua a agregar nos determinó el ensayo de RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR), En seguida se mezcló el agua con la muestra, una vez mezclado se pesó 500 gramos y se secó para poder determinar la densidad seca, luego con el molde para CBR se compacto con el pisón a 56 golpes para cada capa de 5 capas , para la segunda porción de muestra se compacto a 25 golpes para cada capa de 5 capas y para la tercera porción de muestra se compacto a 12 golpes para cada capa de 5 capas, una vez terminadas las 5 capas se procedía a pesare en la balanza electrónica el material compactado más molde. Luego se tomaba la lectura con el dial y se sumergía en agua por 4 días en el cuarto día se medía la resistencia con la “Prensa de Carga Mecánica de CBR Digital”, Luego se ingresaron datos en la ficha técnica proporcionada por el LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS de la Universidad Cesar vallejo filial Piura.



*Fotografía 72.* Mezcla 2% de Cemento + 15% de Ceniza Volante de Carbón + 83% de Suelo Natural.



*Fotografía 73. Adición de Agua al material de mezcla.*



*Fotografía 74. Compactación del Material con el Pisón.*



*Fotografía 75. Lectura con el Dial.*



*Fotografía 76. Sumergiendo los moldes de CBR en agua.*





*Fotografía 77.* Utilización de Prensa de Carga Mecánica de CBR Digital.



*Fotografía 78.* Colocación del molde a la Prensa de Carga Mecánica de CBR Digital.

## **ESTUDIOS QUÍMICOS DE LA CALICATA 3 MUESTRA 02**

Para los estudios de cloruros, sulfatos y sales solubles. Llevamos una muestra natural de 3.00 kg a laboratorio de la universidad nacional de Piura, la cual el material fue tamizado con una malla de 6 milímetros, para determinar la cantidad de cloruros se le añadió a la muestra un milímetro de cromato de igual manera para los sulfatos se le agrego una solución diluida de cloruro de bario en caliente y para la determinación de sales solubles se dejó la muestra en agua por una hora para que se puedan disolver las sales presentes.

## **ESTUDIOS QUÍMICOS DE LA CALICATA 3 MUESTRA 02 CON 2% DE CEMENTO Y 15% DE CENIZA.**

Se realizó el mismo proceso pero en este caso se le agrego 2% d cemento y 15% de ceniza y un total de muestra in-situ 83%. En total Llevamos una muestra de 3.00 kg a laboratorio de la universidad nacional de Piura, la cual el material fue tamizado con una malla de 6 milímetros, para determinar la cantidad de cloruros se le añadió a la muestra 1milimitro de cromato de igual manera para los sulfatos se le agrego una solución diluida de cloruro de bario en caliente y para la determinación de sales solubles se dejó la muestra en agua por una hora para que se puedan disolver las sales presentes

## FOTOGRAFÍAS DE TABLAS PARA LAS BASES TEÓRICAS

<b>Categoría de Sub-Rasante</b>	<b>CBR</b>
S0: Sub-rasante inadecuada	$CBR < 3\%$
S1: Sub-rasante insuficiente	$CBR \geq 3\% \text{ A } CBR < 6\%$
S2: Sub-rasante regular	$CBR \geq 6\% \text{ A } CBR < 10\%$
S3: Sub-rasante buena	$CBR \geq 10\% \text{ A } CBR < 20\%$
S4: Sub-rasante muy buena	$CBR \geq 20\% \text{ A } CBR < 30\%$
S5: Sub-rasante Inadecuada	$CBR \geq 30\%$

*Fotografía 79. Categoría de la Sub-rasante según su CBR*

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mmm							Suelos finos más de 35% pasa po el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Simbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisis granulométrico												
%% que pasa por el tamiz												
2 mm	máx.50											
0.5 mm	máx.30	máx.50	máx.50									
0.08 mm	máx.15	máx.25	máx.10	máx.3 5	máx.3 5	máx.3 5	máx.3 5	mín.3 5	mín.3 5	mín.3 5	mín.35	mín.35
Limites Atterberg				máx.4 0	min.4 0	máx.4 0	min.4 0	máx.4 0	máx.4 0	máx.4 0	min.40	min.40
Límite de liquidez índice de plasticidad	máx.6	máx.6		máx.1 0	máx.1 0	min.1 0	min.1 0	máx.1 0	máx.1 0	min.1 0	min.10 IP<LL-30	min.10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.1 2	máx.1 6	máx.20	máx.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcilloso		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

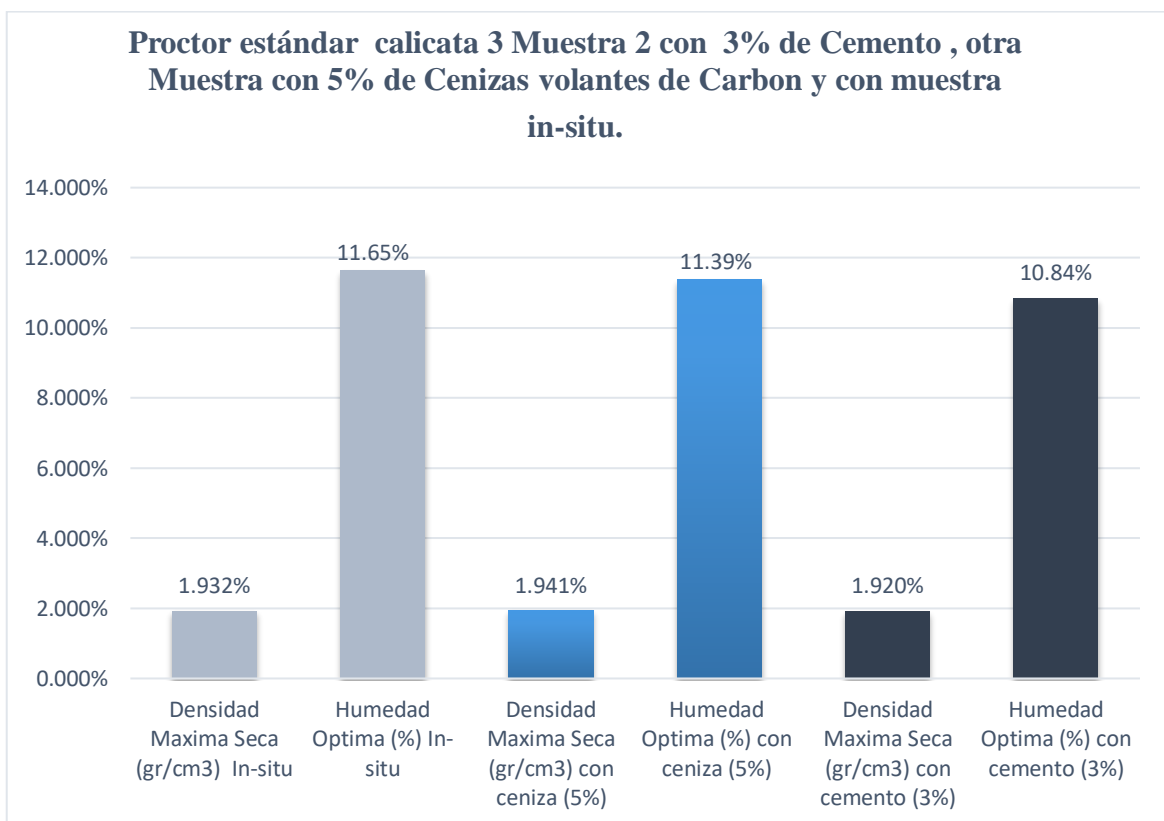
Fotografía 80. Clasificación: American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO).

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

Fotografía 81. Clasificación: Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS).

## EXPERIMENTO DE INVESTIGACION

Para esta investigación, antes de realizar nuestros estudios con el 2% de cemento + 15% de cenizas volantes de carbón, consideramos realizar el ensayo de RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) y el ensayo de RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR), solamente con el cemento y las cenizas volantes de carbón con la finalidad de ver únicamente la resistencia que puede aportar cada uno de estos insumos frente a esta técnica de mejoramiento de la sub rasante.



*Grafico 1.* Ensayo Relación densidad / Humedad (Proctor Estándar).

**Interpretación:**

Como se observa en el gráfico 1, a través de este ensayo se determinó la Densidad Máxima Seca en relación con su grado de humedad, con 5% de cenizas volantes de carbón y 3% de cemento. Para la muestra In-situ de la calicata 3 la máxima densidad seca fue de 1.932 gr/cm<sup>3</sup>, en relación con su contenido de humedad óptima de 11.65%. Y en el diseño de mezcla con 5% de cenizas volantes de carbón, su máxima densidad seca aumento a 1.941 gr/cm<sup>3</sup>, en relación con su contenido de humedad óptima disminuyo a 11.39%. Y con 3% de cemento su máxima densidad seca disminuyo a 1.920% gr/cm<sup>3</sup> a comparación de las cenizas volantes aumento, en relación con su contenido de humedad óptima disminuyo a 10.84% con respecto al ensayo in-situ y con respecto a las cenizas volantes de carbón.

## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

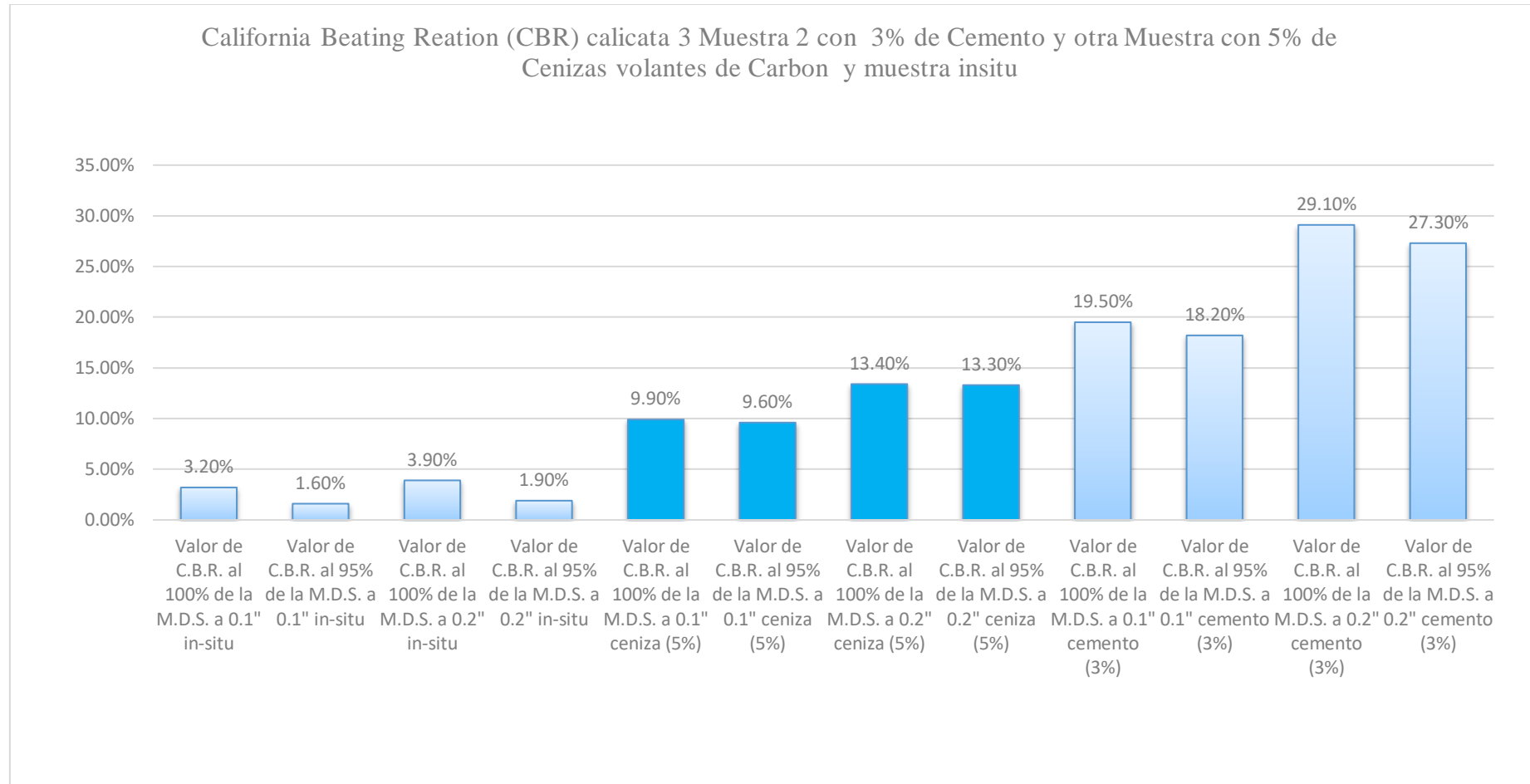


Gráfico 2. Ensayo California Bearing Ratio.



**Interpretación:**

Para el grafico 2 se puede apreciar los valores del C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1 de la muestra 2 calicata 3 In-situ fue de 1.6% considerado como una sub-rasante inadecuada, y al mezclar 5% de cenizas volantes de carbón el C.B.R al 95% de la M.D.S. a 0.1 es de 9.60% obteniendo resultados de mejora para dicho suelo. Y al mezclar la muestra con 2% de cemento el C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1 es de 18.20% considerando una mejora del suelo e incluso mayor que el resultado de las cenizas volantes de carbón, esto quiere decir que las cenizas volantes de carbón aumentan el C.B.R. del suelo pero muy por debajo del cemento.

Yo, **MAXIMO JAVIER ZEVALLOS VILCHEZ** docente de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo- Piura, revisor (a) de la tesis titulada:

**"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARIA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA – PIURA – PIURA, 2018"** de los estudiantes **MALUQUIS PEREZ ADELINO** y **ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO JUNIOR**, Constató que la investigación tiene un índice de similitud de 27 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 27 Setiembre 2019



.....

Firma

MAXIMO JAVIER ZEVALLOS VILCHEZ

DNI: 03839229



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Uso de las cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-base en la Avenida San Joaquina Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2-880 - 3-880], Piura - Piura - 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil  
 AUTORES:

- Melgarejo Pérez Adalberto (ORCID: 0000-0002-2185-0764)
- Zagarián Inares Juan Rayo Inares (ORCID: 0000-0002-2028-2564)

**ASESOR:**

Ing. Marcos Javier Zevallos Valdez (ORCID: 0000-0001-3043-0993)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

Piura, Perú  
 2018



Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universidad...	13%
2	Entregado a Universidad...	3%
3	Entregado a Universidad...	2%
4	A. López Ruiz, "La usat...	2%
5	Entregado a Universidad...	1%
6	www.ciberchile.net	1%
7	Entregado a Universidad...	1%
8	repositorio.usm.edu.pe	1%
9	repositorio.usm.edu.pe	<1%
10	Entregado a Universidad...	<1%
11	en scitd.com	<1%





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTAN:

**MALUQUIS PEREZ ADELINO**

**ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO JUNIOR**

INFORME TITULADO:

**"USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBON PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN LA AVENIDA SAN JOSEMARIA ESCRIVÁ DE BALAGUER [PROGRESIVA: 2+880 – 3+880], PIURA – PIURA – PIURA, 2018".**

PARA OBTENER EL GRADO O TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

SUSTENTADO EN FECHA: 18 DE JUNIO DEL 2019.

NOTA O MENCIÓN: **MALUQUIS PEREZ ADELINO** 14 (CATORCE)

**ZEGARRA JUAREZ JEAN HAYRO JUNIOR** 14 (CATORCE)



FIRMA DEL COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN – E.A.P. INGENIERIA CIVIL  
MG. EDWIN RAUL LAZO ECHE

**CAMPUS PIURA:**

Av. Prolongación Chulucanas s/n.  
Tel.: (073) 285 900 Anx.: 5501.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)