



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de Bagacillo (CB) para el mejoramiento de la sub rasante de la Av. Universitaria, Lima 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Ademir Ccanto Diaz (ORCID: 0000-0003-1661-400X)

ASESOR:

Mag. Ing. José Luis Benítez Zúñiga (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida profesional, dándome sabiduría, inspiración, fortaleza y salud para llevar a cabo esta tesis y obtener el anhelo más deseado de mi vida personal el convertirme en ingeniero, encarando adversidades propias que la vida que me puso.

A mi padre Emilio, el ser máspreciado que tengo en el mundo la persona que estuvo en todo momento de mi vida siendo mi bastón de apoyo en los momentos críticos de mi vida y por ser un ejemplo de lucha y coraje.

A mi madre Adelaida, la persona que me enseñó a conocer el mundo de una manera distinta porque me inculco el respeto, la tolerancia, la responsabilidad gracias a ella soy una persona con valores y como no decir que es ella mi fuente de inspiración.

A mis hermanos, Emiver, Jilmer, Wilmer, Cinthia, Ada y Jhon, a cada uno de ellos por su apoyo incondicional, son ellos quienes se unieron para apoyarme en lograr mi objetivo, levantándome en los momentos más difíciles en mi andar recuerdo los momentos difíciles que pasamos y eso me motiva seguir adelante.

A mi novia Maryorie, una persona especial con la que comparto los mejores momentos de mi vida, por ser la persona que me motiva a enfrentar el destino a través de nuestros pensamientos y sentimientos que tenemos en común.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por compartir valiosos conocimientos en mi formación académica en estos 5 años de mi vida universitaria.

A la Universidad Cesar Vallejo, por acogerme y ser la cuna de mi formación profesional a través de la Facultad de Ingeniería aprovechar al máximo su infraestructura, para sacar beneficios personales y académicos para desarrollarme y estar capacitado para enfrentar retos en vida profesional.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



Declaratoria de Originalidad del Autor


Yo, **CCANTO DIAZ, Ademir** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

“Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de Bagacillo (CB) para el mejoramiento de la sub rasante de la av. Universitaria, Lima 2019”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 08 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor CCANTO DIAZ, Ademir	
DNI: 46490081	Firma 
ORCID: 0000 0003 1661 400X	



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	36
2.1 Tipo y Diseño de investigación.....	36
2.2 Población, Muestra y Muestreo.....	39
2.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	40
2.4 Procedimiento.....	42
2.5 Métodos de Análisis de Datos.....	57
2.6 Aspectos Éticos	57
III. RESULTADOS	58
IV. DISCUSIÓN.....	83
V. CONCLUSIONES	86
VI. RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS	89
ANEXOS.....	93
Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis	183
Pantallazo del Software Turnitin.....	184
Autorización para la Publicación de Tesis	185
Autorización de la Versión Final del Trabajo de Investigación	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de tamaños de las partículas minerales principales del suelo.	18
Tabla 2: Correlación de tipos de suelo AASHTO – SUCS.	20
Tabla 3: Clasificación de suelos según índice de plasticidad.	22
Tabla 4: Valor definido de la categoría de la sub rasante.	24
Tabla 5: Tabla de calicatas por el tipo de carreteras.	26
Tabla 6: Producción de la caña de azúcar, cosecha y rendimiento.	31
Tabla 7: composición química de la Ceniza de Bagacillo CB.	31
Tabla 8: Matriz de operacionalización de variable.	38
Tabla 9: Valides de expertos.	41
Tabla 10: Tamaño de los tamices y diámetro de la malla	42
Tabla 11: Tamaño de los tamices y diámetro de la malla.	43
Tabla 12: Determinación de N número de golpes y K factor para limite liquido tabla A-1.	48
Tabla 13: Tabla de estimación de precisión de limite líquido.	49
Tabla 14: Tabla de estimación de precisión de limite plástico.	50
Tabla 15: Tabla de estimación de penetración CBR.....	56
Tabla 16: Características de la muestra patrón para calcular CBR.	57
Tabla 17: Ubicación y descripción técnica de las calicatas.....	61
Tabla 18: Resultado de Granulometría de la muestra de la calicata CS-02 en estado natural	63
Tabla 19: Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de la CS- 02.	64
Tabla 20: Resultado de limite líquido, limite plástico y índice de plasticidad de CS-02. ..	65
Tabla 21: Resultado de compactación con energía modificada - Proctor Modificado CS-02.	65

Tabla 22: Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra CS-02 + dosificaciones de 10%, 15% y 20% Cenizas de Bagacillo CB.	68
Tabla 23: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 en estado natural – CBR	69
Tabla 24: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 en estado natural.	71
Tabla 25: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 +10 % CB – CBR.	72
Tabla 26: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 10 % de CB.	74
Tabla 27: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 +15 % CB - CBR	75
Tabla 28: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 15 % de CB.	77
Tabla 29: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 +20 % CB – CBR.	78
Tabla 30: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 20 % de CB.....	80
Tabla 31: Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra CS-02 + dosificaciones de 10%, 15% y 20% de Cenizas de Bagacillo CB.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición del suelo por perfiles.....	17
Figura 2. Composición del suelo arcilloso con diferentes características.....	20
Figura 3. Disposición Tetraédrica.	21
Figura 4. Disposición Hexagonal	21
Figura 5. Disposición de una lámina lumínica.	22
Figura 6. Estructura de un pavimento no asfaltado	23
Figura 7. Estado natural del Bagacillo	29
Figura 8. Estado de la ceniza de Bagacillo CB.	29
Figura 9. Equipos para el ensayo de granulometría.	43
Figura 10. Ranura antes de la prueba y ranura después de aplicar arbitrariamente.....	46
Figura 11. Aparato manual para limite liquido copa Casagrande.	47
Figura 12. Herramientas para el ensayo de Proctor modificado.	51
Figura 13. Herramientas para el ensayo de CBR.	54
Figura 14. Ubicación del distrito de Carabayllo en el mapa del Perú.	59
Figura 15. Ubicación del distrito de Carabayllo en el mapa de Lima Metropolitana.....	59
Figura 16. Calicatas en sitú CS-01, CS-02 y CS-03.....	60
Figura 17. Ubicación de las calicatas CS-01, CS-02 y CS-03.....	60
Figura 18. Ensayos de la muestra CS-02 en laboratorio.....	62
Figura 19. Ensayos de la muestra CS-02 + combinaciones CB.	62
Figura 20: Curva de la granulometría de la muestra de la calicata CS-02 en estado natural.	63
Figura 21: Diagrama relación optimo contenido de humedad – densidad máxima del suelo natural.	66
Figura 22: Diagrama relación optimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra CS-02 + 10 % de Cenizas de Bagacillo CB.	66

Figura 23: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra CS-02 + 15 % de Cenizas de Bagacillo CB.	67
Figura 24: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra CS-02 + 20 % de Cenizas de Bagacillo CB.	67
Figura 25: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 en estado natural	70
Figura 26: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 en estado natural.	71
Figura 27: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 + 10% Cenizas de Bagacillo CB.	73
Figura 28: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 + 10% Cenizas de Bagacillo CB.	74
Figura 29: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 + 15% Cenizas de Bagacillo CB.....	76
Figura 30: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 + 15% Cenizas de Bagacillo CB.	77
Figura 31: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 + 20% Cenizas de Bagacillo CB.	79
Figura 32: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 + 20% Cenizas de Bagacillo CB.	80

RESUMEN

La presente tesis lleva por título “Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de Bagacillo (CB) para el mejoramiento de la sub rasante de la av. Universitaria, Lima 2019”, la cual propone utilizar cenizas de Bagacillo CB en porcentajes de 10%, 15% y 20% como método alternativo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso, de modo que, estas puedan cumplir los requisitos mínimos para ser empleadas como sub rasante, para tener un mejor sustento técnico se citaron teorías relacionadas a la estabilización de suelos empleando aditivos proveniente de los desechos industriales, es decir enmarca antecedentes a nivel nacional, internacional y local las cuales dan sustento a la presente tesis aportando información objetiva.

En la presente tesis se estableció emplear el método experimental, ya que, busca relacionar dos variables para obtener resultados de manera intencional o manipulada, en ese orden se planteó como tipo de estudio la aplicada, ya que tuvo como objetivo aportar nuevos hechos de análisis, solución y conclusión, el nivel de la investigación es explicativo con enfoque cuantitativo, ya que, los procesos se realizaran directamente a través de los ensayos, la presente tesis tiene como objetivo determinar la influencia de la adición de ceniza de Bagacillo CB en porcentajes de 10%, 15 % y 20 %, en el mejoramiento de la estabilidad del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en las vías de acceso de la Av. Universitaria, 2019, para los ensayos realizados en laboratorio se tuvo que emplear muestra de suelo sin estabilizar de la calicata CS-02, de una población de 03 calicatas en el tramo de la Av. Universitaria, para el recojo de datos de manera confiable y directa se empleó los siguientes instrumentos: granulometría (ASTM-D 422, MTC E 109-2016, NTP 339.132-2014), Límites de Atterberg (ASTM D 4318, MTC E 111), Proctor Modificado (ASTM D 1557, MTC E 115-2000) y CBR (ASTM D 1883, MTC E 132-2000).

Los resultados obtenidos fueron favorables se obtuvo que el CBR aumento de 2.3% a 15.2%, la cual está considerada como una sub rasante buena, así mismo los resultados de expansión se redujo de 9.06% a 1.89% y la absorción de 14.3% a 4.6%, por consiguiente, se concluye que las cenizas de Bagacillo CB es un aditivo estabilizador que contribuye positivamente aumentando los valores óptimos de resistencia, plasticidad y óptimo contenido de humedad.

Palabras claves: Cenizas de Bagacillo, Suelo Arcilloso, Sub rasante, Estabilización.

ABSTRACT

The present thesis bears title “Stabilization of clay soil with Bagacillo ashes for the improvement of the sub-slope of the av. University, Lima - 2019 ”, which proposes to use Bagacillo CB ashes in percentages of 10%, 15% and 20% as an alternative method to improve the physical and mechanical properties of clay soil, so that they can meet the minimum requirements to be used as a subgrade, to have a better technical support, theories related to soil stabilization using additives from industrial wastes were cited, as well as frames the national, international and local backgrounds that support the Present thesis contributing objective information.

In the present thesis it was established to use the experimental type, since, it seeks to relate two variables to obtain results in an intentional or manipulated way, likewise, the applied one was considered as a type of study, which aimed to provide new facts of analysis, solution and In conclusion, the level of research is explanatory and the approach is quantitative, since, the processes will be carried out directly through the tests, this thesis aims to determine the influence of the addition of Bagacilloash CB in percentages of 10%, 15% and 20%, in the improvement of the stability of the clay soil for use as a subgrade in the access roads of the University Avenue, Lima - 2019, for laboratory tests it was necessary to use Sample of unstabilized soil from the CS-02 calicate, from a population of 03 calicatas in the section of the University Avenue, for the collection of data in a reliable and direct way was used the following instruments: granulometry (ASTM-D 422, MTC E 109-2016, NTP 339.132-2014), Atterberg limits (ASTM D 4318, MTC E 111), Modified Proctor (ASTM D 1557, MTC E 115-2000) and CBR (ASTM D 1883, MTC E 132-2000).

The results obtained were favorable, it was obtained from the CBR increased from 2.3% to 15,2 % which is considered a good subgrade, also the expansion results were reduced from 9.06% to 1.89% and the absorption from 14.3% to 4.6 %, therefore, it is concluded that Bagacilloashes CB is a stabilizing additive that contributes positively increasing the optimum values of resistance, plasticity and optimum moisture content.

Keywords: Bagacillo Ashes , Clay Soil, Subgrade, Stabilization.

I. INTRODUCCIÓN

La población mundial va incrementando considerablemente, según fuentes de las Naciones Unidas la población al año 2015 es de 7300 millones y se proyecta un crecimiento al año 2030 de 8500 millones de habitantes, es efecto ante el incremento poblacional hablar de proyectos de infraestructura vial a nivel internacional es de mucha importancia ya que contribuye a que los países alcancen ventajas competitivas y mayor grado de desarrollo social económico, textualmente se podría decir tener una buena infraestructura vial es sinónimo de desarrollo.

En Uruguay existen una gran red de vías nacionales y regionales que cubre el 30 % del territorio, esta red de vías es una de las más densas de América de Latina tiene una extensión 9.700 km dando accesibilidad a la población a casi todas las zonas del país, estas vías de acceso contribuye a que la población pueda realizar actividades de intercambio económico es decir en el comercio, el transporte de pasajeros, transporte de productos, entre otras actividades, pero sin embargo Uruguay no cuenta con caminos de calidad debido a que los suelos de fundación presentan problemas, en su mayoría son suelos blandos y defectuosos que necesitan ser estabilizados con algún material aditivo.

El Perú tiene una gran diversidad de suelos por eso es muy común encontrar problemas al momento de ejecutar obras de infraestructura vial, esto debido a que los suelos de fundación son defectuosos y no presentan garantía de resistencia frente a las cargas que transmiten los vehículos, estos en la mayoría de los casos generan complicaciones por sus características expansivas las cuales están expuestas a la transigencia de hundimiento, a consecuencia de las cargas que son sometidas y transmitidas por los vehículos.

El distrito de Carabayllo geotécnicamente presenta suelos de fundación que poseen muy baja resistencia debido al alto índice de plasticidad de las que están compuestas los suelos, así mismo, por la ubicación geográfica en la que se encuentra muchos de estos suelos por lo general presentan baja resistencia por lo que no pueden ser empleados como material para uso como sub rasante de pavimentos, por ende, no llegan a respetar los requisitos mínimos establecidos en el manual de carretas del MTC, por lo que es importante establecer criterios de estabilización de los suelos arcillosos para el mejoramiento de sus propiedades físicas mecánicas para ser usada como sub rasante.

Las capacidades de resistencia en suelos arcillosos en estado natural no son recomendables debido a que las propiedades físicas del suelo arcilloso poseen efectos de expansión por su alto contenido de humedad, es decir se tiene que emplear aditivos alternativos para mejorar sus propiedades de resistencia, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, por esta razón el empleo de Cenizas de Bagacillo CB es una alternativa de solución a los problemas que se encuentran en los suelos arcillosos y está a la vez no impacte al medio ambiente ni altere el proceso natural del ecosistema. Las cenizas derivadas de los desechos industriales como la corteza de la caña de azúcar, la cascara de las espigas de arroz, las cenizas de carbón, las cenizas de fondo, entre otras tienen una reacción físico-química por lo que sería una alternativa de solución a los problemas de estabilidad de los suelos expansivos.

Esta investigación tiene como objetivo Determinar la influencia de la adición de ceniza de Bagacillo CB en porcentajes de 10%, 15 % y 20 %, en el mejoramiento de la estabilidad del suelo arcilloso, de modo que el suelo se vuelva apto para resistir cargas de los vehículos que transitaran por la Av. Universitaria, mitigando los problemas de hinchamiento y mejorando la calidad de vida de las personas.

Pérez (2015), dentro de su investigación para optar el título profesional de ingeniero civil titulada “*Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub rasante mejorada*”, de la Universidad Nacional de Ingeniería, donde propuso como objetivo general: Determinar el proceder de los aditivos derivados de cenizas de volante obtenida de la incineración termoeléctrica, de modo que, sean usadas como aditivos para darle resistencia a los suelos arcillosos que comprenden la sub rasante del pavimento. La metodología empleada fue la experimental cuya muestra fue suelo arcilloso sin estabilizar, donde concluyo lo siguiente, la ceniza de volante contribuyo en el mejoramiento de las características de resistencia y adherencia en la muestra, estos parámetros se determinaron mediante los ensayos ejecutados en el laboratorio, la adición de los porcentajes en compuestos son (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) las cuales son mayores a 70%, las cenizas de volante actúan como estabilizador inhibidor de las capacidades expansivas del suelo arcilloso, pero este necesita que se adicionen en porcentajes que no excedan el 20% del promedio para una muestra de arcilla expansiva, el empleo de ceniza de carbón como aditivo en muestras de material arcilloso reduce las causas que generan expansión en el suelo, peso específico, plasticidad y el grado de agua que contiene la muestra, por lo tanto, se concluye que la ceniza

de volante es un aditivo económico su uso contribuye con el mejoramiento de los suelos arcillosos para su uso como sub rasante de las carreteras.

Castro (2016), detallo en su investigación para optar el título de ingeniero civil, titulada: *“Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de sub rasante”*, de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuyo objetivo general fue: Corroborar si el aditivo realizado a base de la ceniza de cascara de arroz puede ser empleada como aditivo estabilizador para su uso como sub rasante en los pavimentos, concluyo lo siguiente: La ensayos realizados mediante la depresión de rayos X determino que la sustancia incinerada de la cascarilla del arroz el 95% contiene sílice cristalina, por lo que, se determina que la cascarilla de arroz ha sido quemada a temperaturas altas y el elevado compuesto de sílices amorfas en las cenizas de cascarilla de arroz es potencialmente material puzolanico por lo que el compuesto de sílice en el suelo es de 44.42%, Sim embargo, las características obtenidas mediante el ensayo de compactación determino descenso en los porcentajes de compactación mientras que el contenido de humedad aumento debido a al poder determinante de cenizas de la cascarilla de arroz, El CBR aumenta para ambas pruebas planteadas, pero no obstante a ello la muestra de arcilla, la ceniza y cal como primera combinación determino valores considerables sobre los valores de capacidad de resistencia, superando el CBR al valor más alto que sería el 100% del proctor modificado, subiendo el porcentaje de 5% a 38.5% la cual concluye que supero hasta seis veces el valor del contenido de humedad con la adición del 20% de cenizas, la combinación planteada para el compuesto es del 10% en suelos expansivos la cual indica que resistencia a las cargas que son sometidas aumenta, esto se da en la combinación de la muestra de suelo arcilloso, cascara de arroz y cal el incremento de la resistencia a la compresión es de 6.91 kg/cm² a un valor de 9.96 kg/cm², para la combinación de la muestra de suelo arcilloso y cascara de arroz el incremento de la resistencia a la compresión es de 6.91 kg/cm² a un valor de 8.77 kg/cm², de modo que, se puede afirmar que este sistema de estabilización de suelo arcilloso mediante el uso de cenizas de cascara de arroz y cal es eficaz, ya que , este sistema promueve mejoras positivas en sus propiedades físicas y mecánicas de los suelos expansivos.

Terrones (2018), en su investigación para optar el título profesional de ingeniero civil titulada *“Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de bagazo de caña de azúcar para el mejoramiento de sub rasante en el sector Barraza, Trujillo - 2018”*, de la Universidad Privada del Norte Lima, cuyo objetivo general fue: Determinar el porcentaje óptimo de

adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10% y 15% que influye positivamente en la estabilización de suelos arcillosos en el sector Barraza, Trujillo - 2018. La metodología empleada es la experimental y su muestra suelo arcilloso sin estabilizar concluyo: Los ensayos realizados en laboratorio determino que la combinación de la muestra con 15% de CBCA presenta una máxima resistencia a la comprensión que oscila entre 150.56 kPa. Y 151.23 kPa. determinando que el porcentaje óptimo es del 15% de CBCA para lograr estabilizar la sub rasante de la zona de trabajo, los ensayos necesarios realizados para evaluar de qué manera influye la adición de cenizas de bagazo hizo conocer que CBCA mejora las propiedades de las condiciones mecánicas de la sub rasante, sin embargo, con la adición del 15% de CBCA se notan mejores resultados de la capacidad de soporte en las tres zonas de trabajo evaluados donde inicialmente la muestra recogida era inadecuada, por lo que, se planteó adicionar el 15% de CBCA que es el más óptimo porcentaje, ya que, se consiguió que el CBR del Km 0+011 aumento al 1.888% a 22.5%, del Km 1+524 aumento de 1.843% a 22.5% y del Km 3+529 aumento de 1.739% a 21.9%, lo cual indica que las CBCA aumento 10 veces el porcentaje de CBR de la muestra en estado natural, la conclusión de esta tesis dio como resultado que la sub rasante se puede mejorar y estabilizar con cenizas de bagazo de caña de azúcar, la estabilización de los suelos es viable económico y sustentable porque genera reacciones mecánicas favorables para la sub rasante.

Carrasco (2017), en su tesis para optar el título de ingeniero civil, titulado *“Estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el distrito de Moro – Provincia del Santa – 2017”*, de la Universidad Privada Cesar Vallejo, cuyo objetivo fue: Determinar la mejora a través del uso de cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el distrito de Moro – provincia del Santa – 2017, la metodología empleada fue la no experimental ya que se busca relacionar entre las dos variables, su muestra fue suelo natural existente en Moro Virahuanca en un área de 20,496 m² concluyo: Los resultados de los ensayos de granulometría evaluados a la la muestra natural dio como resultado según la clasificación ASHTO – SC A6 (11) en los estratos de clasificación de los tamices quedaron gravas, arenas y arcillas, es la arcilla es la que tiene alto contenido. El contenido de humedad alcanza el 18.62% la cual está considerada como moderada, la combinación de suelo arcilloso y ceniza de caña de azúcar obtuvo como resultado 1.75 gr/cm³ como máxima densidad seca, donde este resultado revela que la máxima densidad seca con adición de ceniza de caña de azúcar obtuvo mayor rango a la densidad seca en comparación a la muestra sin adición el cual normalmente llega a 1.66

gr/cm³, se pudo estabilizar favorablemente con adición del 35% lo cual indica que las propiedades físicas y mecánicas del suelo mejora positivamente, los resultados encontrados define que es factible mejorar las propiedades del suelo arcilloso empleando cenizas de caña de azúcar, estos sustentado mediante los resultados mediante los ensayos practicados que determinaron resultados favorables aumentando su grado de resistencia, contenido de humedad y su plasticidad como propiedades principales de carga se concluye que el suelo arcilloso se logra estabilizar con la dicción del 35% de cenizas de caña de azúcar.

Mamani y Yataco (2017), en su tesis para optar el título de ingeniero civil, titulado *“Estabilización de suelos arcillosos aplicando cenizas de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho”*, de la Universidad San Martín de Porras, cuyo objetivo general fue: Analizar el grado de influencia de la ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de Ayacucho, la metodología empleada fue investigación aplicada, su muestra fue suelos arcilloso del km 17 para estabilizarlo con cenizas de fondo de ladrilleras artesanales, concluyo: la aplicación de cenizas de fondo disminuye el índice plástico del suelo incrementando su gravedad, el porcentaje adicionado de cenizas de fondo a las muestras de arcilla recogido en campo incremento favorablemente la resistencia y la estabilidad del suelo arcilloso, El resultado del ensayo de Proctor Modificado que se realizó a la muestra determino que la humedad óptima de la muestra redujo considerablemente por la combinación arcilla-ceniza de fondo. Las adiciones de cenizas de fondo en la muestra de arcilla determino como resultado que el ensayo de corte directo se fundamenta en la norma ASTM D3080, donde el curado de 7 a 14 días aumenta las capacidades de esfuerzo al corte, cohesión del ángulo de fricción resaltando así que esta alternativa es eficiente. Se concluye también que la adición de cenizas de madera de fondo en la muestra del suelo arcilloso investigado, aumenta su capacidad físico-mecánico, por lo tanto, se verifica que se cumplió con la hipótesis planteada.

Cañar (2017), en su tesis para obtener el grado de ingeniero civil titulada, *“Análisis comparativo de la resistencia de corte y estabilización de suelos arenosos y arcillosos combinadas con arcillas de Carbón”*, de la Universidad Técnica De Ambato, cuyo objetivo general fue: Diagnosticar resultados de resistencia al corte en muestras de arena y arcillas, evaluación del comportamiento mecánico de estabilización de muestras de material fino y de arcillas las cuales dependerán de las cenizas de carbón, de modo que, se establezca las mejoras de las capacidades de resistencia de la sub rasante. La metodología empleada es la

experimental donde concluyo lo siguiente: El empleo de aditivos como la ceniza de carbón contribuyo positivamente en suelos sueltos o expansivos como lo es la arcilla, en los ensayos se pudo determinar el aumento del grado de compactación de la muestra, por lo tanto, también determina el mejoramiento del CBR, la ceniza de carbón se puede emplear como estabilizador de suelos arcillosos para su uso como sub rasante, porque cumple las expectativas de mejoramiento de las propiedades físico y mecánico, mientras que en suelos finos el contenido de humedad mejora positivamente pero en este tipo de suelos se tiene que adicionar en más cantidad cenizas de carbón, los resultaos de los ensayos realizados determinaron que la ceniza de carbón con el 25% de combinación con el suelo natural cumple con el objetivo planteado para la investigación de tal modo que confirma que esta técnica es una alternativa de solución para suelos inestables, la cenizas de carbón al hacer una mezcla homogénea con el suelo arenoso o arcilloso minimiza la expansión, humedad, y plasticidad de los suelos.

Altamirano y Díaz (2015), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada, *“Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal y cenizas en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio Potosí- Rivas”*, de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, cuyo objetivo general fue: Estabilizar los suelos cohesivos de las vías en la comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio Potosí- Rivas, con una mezcla de cal y ceniza hidratada. La metodología empleada es la no experimental, seleccionan de datos, reconocimiento y análisis de puntos frágiles vulnerables y su muestra, suelos cohesivos de la comunidad de “San Isidro” para relacionarlo entre el cal y cenizas su muestra fue suelos cohesivos de la comunidad “San Isidro” concluyo lo siguiente: Se pudo determinar que se empleó adecuadamente los estándares de calidad la cual pudo determinar a través de los ensayos realizados se pudo mejorar considerablemente las propiedades del suelo, se determinó que la muestra tiene una clasificación de suelo A-7-6, según el sistema AASHTO, así mismo, se reafirma que la muestra no deja de ser un suelo con condiciones no favorable dentro de la norma se determina que es un suelo A-6. El resultado de los ensayos realizado a la muestra determina resultados favorables, significativamente en cuanto a los índices de plasticidad, densidad de compactación por lo que el estado de humedad requerido en el proceso a la exotérmica producida en la combinación de cal y arcilla incremento la capacidad de soporte de suelo, dentro de los resultados que se pudo determinar fue que el CBR aumento de 16.28% a 57.2%, la capacidad de expansión disminuyo de 7.9% a 3.2% determinando así

que las cenizas y la cal son aditivos estabilizantes que contribuyen positivamente en la estabilización de suelos arcillosos.

Gavilanes (2015), en su investigación para optar el título de ingeniero civil titulada, *“Estabilización y mejoramiento de la sub rasante adicionando cal y ceniza para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur”*, de la Universidad Internacional del Ecuador y cuyo objetivo general fue: determinar las propiedades físico-mecánicas a través del mejoramiento de la estabilidad del suelo en el sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur adicionando cal y ceniza en diferentes cantidades de modo que pueda determinar la plasticidad del material en la sub rasante. La metodología empleada fue en el método no experimental basada en fuente de investigación actualizadas y técnicas de diseño modernas su muestra fue suelos expansivos del sector Santos Pamba donde concluyo lo siguiente: El índice plástico para cada tipo de muestra de suelo mejorado con cal disminuye en relación al suelo natural, las características de compactación para los suelos naturales o estabilizados mediante la adición de cal y cenizas son similares porque hay un incremento de su densidad seca máxima y una disminución del contenido de humedad, el uso de estabilizantes como el cemento es ventajoso tanto técnico como económico, ya que, al dimensionar la estructura de rodadura se logra disminuir el espesor de la carpeta asfáltica en relación a su estado natural, de modo que, este método nos facilita a disminuir los costos en el proceso constructivo, los suelos tratados con cemento como aditivo incrementa su capacidad de soporte con resultados mayores a los que especifica el MOP en la normativa para los métodos de sub rasante, así mismo, se determinó que es muy importante analizar el ciclo hidrológico e hidráulico del área en estudio para ubicar drenajes en los proyectos hidráulicos, ya que de esta manera se evita el contacto de los suelos con la humedad.

Becerra (2017), en su proyecto para optar el título de especialista en Ingeniería de Pavimentos, titulada, *“Caracterización del desecho agroindustrial de la palma de aceite cuesco, para el mejoramiento de las capas granulares de la estructura del pavimento”*, de la Universidad Militar Nueva Granada y como objetivo principal fue: Realizar el análisis de las propiedades del desecho agroindustrial de la palma de aceite como posible aditivo para el mejoramiento de la sub rasante en la estructura del pavimento mediante especificaciones, ensayos de laboratorio dentro del marco normativo del instituto nacional de vías INVIAS, verificando las características de las partículas del desecho de modo que cumplan los parámetros y normativas mínimos de los agregados de las capas granulares donde concluyo:

El desecho agrícola para el derivado de cenizas no es viable en su uso debido a que como agregado de base y sub base no cumplió con los parámetros estandarizados, la granulometría mostro tendencia uniforme donde las partículas mayoritarias se agruparon en un solo tamaño. El resultado de los ensayos aplicados en la muestra se pudo observar que el resultado fue favorable al desgaste esto recomienda que el materia es de alta dureza de una buena resistencia a la abrasión donde se establece a esta técnica como un buen sistema de estabilizante de mejoramiento de las capacidades, pese a que el resultado de la muestra no cumple con algunos parámetros normativos para su uso como base granular se puede emplear como aditivo estabilizante en las capas granulares, el uso de la ceniza como material estabilizante para el mejoramiento de las propiedades del suelo implica una alteración de la estructura de los suelos por tanto mayores son las fuerzas de adhesión, en forma análoga en su forma triturada de los suelos arcillosos donde también implica la reacción electro-magnética donde la composición de partículas mejoran favorablemente la fuerzas de atracción-repulsión, controlando la deformación, es importante seguir con el estudio en cuanto a la caracterización del material Cuesco para poder determinar otras alternativas donde se pueda emplear ya sea en su estado de obtención natural o tratado, en las vías terciarias que componen la infraestructura del país, así mismo concluyo que es de mucha prioridad realizar investigaciones que tengan relación al estudio del cuesco para poderlas emplear como estabilizante de suelos expansivos, ya que, la cenizas de cuesco realizando estudios profundos podrían determinar grandes beneficios, las partículas finas que compone dicho material sean posiblemente los factores que determinen el comportamiento de la muestra estudiada.

Iquique (2015), en su trabajo de investigación para optar el título de ingeniero civil, titulado, *“Estudio de las características físicas, químicas y mecánicas de la ceniza de palma africana como aditivo para estabilizar las propiedades del cemento”*, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como objetivo general fue analizar la ceniza de palma africana, como material estabilizante puzolanico, para determinar si es posible el uso debido a sus propiedades físicas, químicas y mecánicas como material cementable dentro de los marcos normativos, el método que empleo fue el método donde concluyo: La ceniza de palma africana no cumple con los parámetros estandarizados por la norma internacional ASTM C- 618, para ser catalogada como material puzolanico las capacidades de resistencia cuando se combinó con la ceniza de palma es parecida a la mezcla de control durante los primeros 3 días pero sin embargo presenta perdidas de resistencia de densidad, el color de la ceniza evidencia gran

cantidad de residuos no incinerados, por lo cual se pudo determinar que son productos orgánicos que limitan la reacción puzolanica, la reacción de la combinación ceniza y cal establecido en la norma ASTM C-593, tuvo resultados de laboratorio no favorables, ya que solo alcanzo un 71% de la resistencia necesaria para su aprobación, las mezcla elaboradas con cemento portland y puzolanas artificiales dieron como resultado favorable al poder determinar que la resistencia aumenta debido a las características técnicas propias del cemento, el contenido de óxido de aluminio y oxido de magnesio, en la ceniza de palma africana es mínimo, por lo que se podría decir que esas características son fundamentales para que tenga un favorable reacción puzolanica, la combinación de cenizas de volante como puzolana es importante que las combinaciones se realicen de forma uniforme y homogénea para obtener mejores resultados.

Broks (2019), in his research work, entitled, "*Soil stabilization with Flash and corn Waste Ash-Improvements is engineering Characteristics*", from the department of the Philadelphia University and as a general objective: Determine how ash from corn wastes influences the improvement of the subgrade of clay solis, the method used was the non-experimental method and whose sample is clay type soils using corn waste ash, and I conclude: The result of the sample determined that 15% of the UCS in the fly ash and 6% of the CWA, determined the result to the compressive strength of 840 Kpa within 28 days after drying, the use of corn ash 15% Flyash 6% resistance determination of 840 KPa over a period of 28 days, the result of the test sample determined to add 15% fly ash and 12% of CWA at a time of 28 days reaches a compressive strength of 959 Kpa, when the content of the sample analyzed, the CWA increase 0% to 12% favorably and the CBR improved from 3.7% to 10.6% for the combination with 25% fly ash, the use of ashes from corn waste with 15% fly and 12% of a resistance of 959 KPa over a period of 28 days and when the ash content of corn waste increases from 0% to 12%, the CBR improved from 3.7 to 10.6% for 25% fly ash.

El resultado de la muestra determinó que el 15% del UCS en las cenizas volantes y el 6% de los CWA, determino que el resultado a la resistencia a la compresión es de 840 Kpa dentro de los 28 días posteriores al secado, el uso de cenizas de desechos de maíz al 15% de Flyash al 6% determina una resistencia de 840 KPa en un período de 28 días, el resultado de la muestra realizada en las pruebas determinó que agregar 15% de cenizas volantes y 12% de CWA en un tiempo de 28 días alcanza una resistencia a la compresión de 959 Kpa, cuando el contenido de la muestra analizada el CWA aumentó de 0% a 12% favorablemente y el

CBR mejoró de 3.7% a 10.6% para la combinación con 25% de cenizas volantes, el uso de cenizas de desechos de maíz con 15% de flyash y el 12% da una resistencia de 959 KPa en un período de 28 días y cuando el contenido de ceniza de los desechos de maíz aumenta de 0% a 12%, el CBR mejoró de 3.7 a 10.6% para un 25% de cenizas de volante.

Zumrawl (2015), in his research work, entitled "*stabilization of pavement subgrade by Using Fly Ash Activated by cement*", department of Civil Engineering, University of Khartoum, Sudan, and as general objective, Determine the degree of degree of influence of ash as an additive for the improvement of the stability of clay soils. The method used was the method experimental, and I conclude, Fly ash mixed with cement is an affective additive for clay soils in terms of the improvement of stabilization, based on the results obtained, the theory was reviewed and as a result of the sample the deterioration of the natural soil in the expansive soil was determined, was drastically reduced with the mixture between cement and fly ash, the potential of that mixture decreases and swelling values from 18.7% to 4.5% and from 175 kPa to 75 kPa 75 to its grade of resistance. With respect to the highest percentage, 5% ashes, 5% cement, is causing a large reduction in swelling and pressure. The results of the laboratory test sample determined that the sample improved considerably with the combination of cement and fly ash. in adequate proportion, most of the sample gains in terms of resistance forces and can be said that the experiment in terms of training, the sample with the combination of fly ash improves its resistance in terms of the curing processes within of the 5% content, the CBR increases with the addition of fly ash by 15% and then gradually decreases. The CBr was produced with 5% fly ash with 5% cement, which caused large positive changes in CBR range values.

La ceniza volante mezclada con cemento es un aditivo afectivo para los suelos arcillosos en cuanto al mejoramiento de la estabilización, en base a los resultados obtenidos se revisó la teoría y como resultado de la muestra se determinó el deterioro del suelo natural en el suelo expansivo se redujo drásticamente con la mezcla entre el cemento y la ceniza volante, el potencial de dicha mezcla disminuye la presión y los valores de hinchamiento del 18.7% al 4.5% y de 175 kPa a 75 kPa a su grado de resistencia con respecto al porcentaje más alto, las cenizas al 5%, el cemento al 5%, está causando una gran reducción de la hinchazón y la presión. Los resultados de la muestra de las pruebas de laboratorio determinaron que la muestra mejoró considerablemente con la combinación de cemento y cenizas volantes en proporción adecuada la mayoría de las ganancias de la muestra en términos de las fuerzas de

resistencia, la muestra con la combinación de las cenizas volantes mejora su resistencia en términos de los procesos de curado dentro de los 5 % de contenido, el CBR aumenta con la adición de cenizas volantes en un 15% y luego disminuye gradualmente, el CBR saumento con un 5% de cenizas volantes con un 5% de cemento, lo que causó grandes cambios positivos en los valores de rango de CBR.

Beeghly (2017), in his thesis to obtain the professional title of civil engineer, entitled, *“Recent experiences with the stabilization of Lime Fly ash from the base of the subsoil of the pavement and the recycled asphalt”*, and as general objective: Establish in which size of sample can be used fly ash with addition of Lime, for the subgrade and in which dimension influences that mix in recycled pavements, the method used was the method inductive and I conclude, in the results in the CBR in its capacity of moderate plasticity in ($PI < 20$) and in an plasticity index ($IP > 50 \%$), why it is recommended the mixture of the steering ashes as additive to its razante for its improvement of the stability of mode that can also be used in recycled pavements. It can be concluded: The engineers responsible for the road infrastructure together with the geotechnical professionals established the interest of improving the stability of the sub-level to reduce costs in the maintenance and execution of the projects, since this would increase the useful life of the pavements, costs can be reduced by stabilizing the poor subgrade instead of being repaired with granular material so it can be said that lime stabilization increases structural capacity and rigid layers, on asphalt and granular base, which by controlling the dust or the mixture of the fly ash that is agreed with the soil sample, a successful method of applying the fly ash conditioned through the asphalt machine that facilitates the work is controlled and we can reach the established parameters and meet with the minimum requirements that are required for paving.

Los ingenieros responsables de la infraestrura vial en conjunto con los profesionales geotecnicos establecieron el interes de mejorar la estabilidad de la sub rasante, de modo que, se pueda reducir costos en el mantenimiento y ejecución de los proyectos, ya que, de esta manera se estaria aumentando la vida util de los pavimentos, los costos se puedan reducir al etabilizar la sub rasante deficiente en lugar de estar reparando con material granular, por lo que, se puede afirmar que la estabilización con cal aumenta la capacidad estructural, las capas rigidas en el asfalto y la base granular, que al controlar el polvo o la mezcla de las cenizas volantes que se agregan a la muestra del suelo se logra un método exitoso de aplicación de las cenizas volantes acondicionadas a través de la máquina asfaltadora que facilitaría el

trabajo y podemos alcanzar los parámetros establecidos para cumplir con el mínimo requisitos que se requieren para la pavimentación.

Mishra (2016), in his research work, entitled, *“Improving Strength of Soil using Fiber and Fly ash – A Review”*, of the Department of Civil Engineering, University of Engineering and Technology of Khulna, Khulna-9203, Bangladesh and as general objective: Determine the influence of fiber and Fly ash in the improvement of clay Soil for the improvement of soil stability, the method used was the method not-experimental, and I conclude: The results obtained by the Atterberg limit test, determining the ratio of moisture content decreased due to the modification of flywheel ashes in proportions of varying percentages in addition to improving its resistance capacity, while combining the soil sample With inorganic silt provides the lowest value in terms of compressive strength, the results determine that 20% and 30% of the addition of fly ash, cement is optimal to improve the stability of expansive soils in addition to soils with organic content of 16% of compression resistance results, while soils with moisture content of 12.5% showed low compression resistance results, soils stabilized with flywheel ashes, a favorable response and positive so it could be concluded that fly ash is a good stabilizer additive while soils and stabilized with inorganic silt, contributing very low contributions and did not contribute positively.

Los resultados obtenidos por el ensayo de límite de Atterberg, determino que la relación del contenido de humedad disminuyo debido a la incorporación de cenizas de volante en proporciones de porcentajes variables además de mejorar su capacidad de resistencia, mientras que la combinación de la muestra del suelo con limo inorgánico proporciona el valor más bajo en cuanto a la resistencia a la compresión, los resultados determinar que el 20% y 30% de adición de cenizas de volante, cemento es óptimo para mejorar la estabilidad de los suelos expansivos además los suelos con contenido orgánico del 16% mostraron resultados de alto resistencia a la compresión, mientras que, los suelos con contenido de humedad del 12.5% mostraron resultados bajos a la resistencia a la compresión los suelos estabilizados con cenizas de volante mostraron una respuesta favorable y positiva, por lo que, se podría concluir que las cenizas de volante es un buen aditivo estabilizador mientras que los suelos estabilizados con limo inorgánico mostraron aportes muy bajos y no contribuyeron positivamente.

Riyad, Rafizul and Johora (2018), in the thesis to obtain the professional title of civil engineer, entitled, *“Effect of Fly Ash Content on the Engineering Properties of Stabilized*

Soil at South western Region of Bangladesh”, ”, of the Department of Civil Engineering, University of Engineering and Technology of Khulna, Khulna-9203, Bangladesh and as general objective: Check the effect of Fly ash as it influences the content and improvement of soil properties within the engineering of stabilized soils in the Southwestern Region Bangladesh. The method used was the method inductive, and I conclude: Within the tests that were performed, it was determined that the plasticity limit reveals that it decreases in relation to the increase in ash content, of way that provides us with favorable results, the results and values of compressive strength of the samples that were obtained. Combined with the ashes, adding that it selected more resistance value that determines this mixture as a favorable additive to stabilize clay soils, the result determined that the optimum percentage for ashes was optimized by 20% and 30%. The sample showed a value 16% higher than the compression, while the soil with organic content was a compressive strength of 12.5% and, finally, the study through the tests easily results in this mixture of ashes flyers with cement to alternative solutions to improve soils with little support capacity.

Dentro de las pruebas que se realizaron se determinó que el límite de plasticidad revela que disminuye en relación con el aumento de de cenizas proporcionalmente nos brinda resultados favorables, los resultados de resistencia a la compresión de las muestras que se obtuvieron combinado con las cenizas, esta combinación mostró más valor de resistencia favorable para estabilizar los suelos arcillosos, el resultado determinó que el porcentaje óptimo para las cenizas se optimizó en un 20% y un 30%. La muestra mostró un valor un 16% más alto que la compresión, mientras que el suelo con contenido orgánico mostró una resistencia a la compresión del 12,5%, finalmente, el estudio a través de los ensayos resulta fácilmente en esta mezcla de cenizas volantes con cemento con soluciones alternativas para mejorar los suelos con poco soporte. capacidad.

Clavería, Triana y Varón (2018), en su artículo científico titulado, *"Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con cenizas de arroz y bagazo de caña de azúcar como material para sub rasante"*, de la Universidad Cooperativa de Colombia, donde define que, “Determinar el comportamiento de los suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas de cascara de arroz y bagazo de caña para mejorar sus propiedades para uso como material de sub rasante, afirma que: El tipo de material de suelo es susceptible por su plasticidad que es vulnerada por su contenido de humedad, por lo tanto, se puede decir que posee un grado alto de humedad que conlleva a que a que la masa sea constantemente inexistente por sus características plásticas, así mismo,

se determinó que el mejor sistema de compactación para proporcionar estabilización en suelos volcánicos es el residuo agroindustrial las cuales contribuyen a mejorar la resistencia a la compresión esto indicando que el CCA y el CBCA a menor densidad mayor absorción de agua. También se puede concluir que el resultado obtenido define que la adición óptima de CBCA contribuye favorablemente a aumentar las características físicas y mecánicas del suelo arcilloso, el empleo de la mezcla de CCA y CBCA para el mejoramiento de la estabilización de los suelos para sub rasante es una alternativa de solución económica técnica favorable y sobre todo sustentable ambientalmente. Para el análisis e interpretación de resultados se empleó herramienta graficas las cuales nos permitieron determinar los comportamientos de las propiedades de la muestra del suelo, así como las propiedades de reacción de las cenizas de cascara de arroz estas combinadas y formadas en una sola mezcla uniforme y homogénea.

Henao, Libreros y Maury (2017), en su artículo científico cuyo título fue, *“Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros”*, de la Pontificia Universidad Javeriana, donde define que para determinar cómo influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar, en la elaboración de mortero para la estabilización de suelos, donde afirma que: El resultado obtenido incremento el tiempo de fraguado inicial de 221% a 234%, respectivamente a la compresión dentro de los 56 días, pero no solo presentaron diferencias admisibles entre ambos si no que las muestras analizadas en un 10% y 20% cumplieron significativamente el rango de resistencia a la compresión, los ensayos a la flexión realizadas a la muestra dio como resultado que reemplazando al cemento portland es mayor a la resistencia de flexión en 40% esto nos indica en gran potencial que tiene en la ceniza de bagazo de caña de azúcar como estabilizador alternativo para los suelos en la construcción, después de estudiar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las combinaciones de agregados con cenizas de bagazo de caña de azúcar se obtuvo como resultado que la investigación es económica y técnicamente favorable para los proyectos de ingeniería de suelos, de modo que, puede ser usado como una técnica favorable y sustentable con grandes beneficios como reemplazo parcial de los materiales comentables dentro de los morteros, en el análisis económico se pudo determinar que el reemplazo de 20% de cenizas en proyectos alternos y convencional se estaría ahorrando económicamente un aproximado de 2 bolsas de cemento por metro cubico lo cual en este artículo se sustenta la importancia de las cenizas como material estabilizante.

Serrano y Padilla, en su artículo de investigación científico titulado, “*Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de sub rasante por la adición de materiales poliméricos reciclados*”, de la Universidad de la Salle, donde define que, Analizar en qué porcentaje los materiales polímeros influyen positivamente en el mejoramiento de la sub rasante, afirma que: El resultado de la adición de polímeros en la muestra de suelo aumento considerablemente la resistencia a las propiedades de compresión, esto varia dentro de la clasificación de los materiales donde se empleó en términos de clasificación respecto a la adición de fibras de polímeros esta respondió a un aumento favorable de un 10% a la combinación del tipo de suelo y cemento, la fibras con dimensión de 40 mm en una dosificación de 0.50% y 0.75% dio como resultado que el CBR aumenta en un 28% del valor inicial, dentro de los modelos analíticos y físicos se muestra el resultado que el reforzamiento producido por geo mallas de polímeros reduce los esfuerzos de trasmisión al corte de manera directa minimizando la capacidad de carga vertical, las cenizas o fibras que se adicionan de forma continua las cuales mejoran la resistencia, se podría definir que estos métodos tanto como el uso de cenizas y cemento para estabilizar suelos una alternativa favorable en su mayoría de casos, las cenizas de fibras de polímero es un aditivo alterno las cuales proporcionan resistencia a la compresión de las cargas que los vehículos pesados transmiten al suelo, por lo que se puede concluir que los polímeros son materiales que reafirman que las propiedades del suelo mejoraron positivamente y en diversos aspectos de la estructura de la sub rasante.

Zamora y Jiménez (2015), en su artículo científico de investigación titulado, “*Diseño de pavimento flexible sobre suelos expansivos estabilizados usando cenizas de volante y polvo de ladrillo*”, de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, donde define que, Determinar cómo influye las cenizas y polvo de ladrillo en el mejoramiento de la estabilización de suelos expansivos, donde afirma que: El mejoramiento de la estabilidad de los suelos arcillosos con el empleo de cenizas y polvo de ladrillo es favorable para reducir la expansión de estos suelos, se pudo cumplir las expectativas, las dosificaciones para la adición en la muestra fueron del 60% para polvo de ladrillo y 50% de cenizas de volante obteniendo como resultado la clasificación de expansión muy baja, las capacidades físicas y mecánicas de estos suelos expansivos no se vio afectada por lo contrario mejoraron sus características y propiedades, de modo que, se puede afirmar que estos materiales se puede usar como aditivos para mejorar la estabilidad de los suelos en los pavimentos flexibles, el módulo de elasticidad en ensayo realizado garantiza una mayor durabilidad de las estructuras y seguridad en los

usuarios a ello se suma la utilización de materiales reciclados las cuales contribuyen a mitigar los impactos ambientales, los residuos de ladrillo utilizado en la estabilización de la estructura del suelo contribuyen que el módulo de elasticidad no sufra alteraciones negativas de lo contrario esta práctica garantiza una mayor durabilidad de los suelos expansivos a esta práctica de estabilización se le puede integrar materiales reciclados que contengan un gran contenido de sílices de modo que estas alternativas sean una alternativa de solución amigable con el medio ambiente.

Gallardo, Cuanalo y Quintero (2018), en su artículo científico de investigación titulado, “*Análisis del comportamiento de suelos de alta plasticidad con la adición del material de residuo en la fabricación de ladrillo cerámico*”, de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña donde propuso Determinar de qué manera influye la adición de residuos de ladrillo cerámico en el comportamiento de los suelos sueltos, el método de investigación fue el método experimental, donde define: Los resultados de la combinación entre la muestra de suelo y los residuos de ladrillo de cerámica, mejoraron las propiedades físicas y mecánicas donde se comprobó que el índice de plasticidad se puede disminuir en un 22,27% para una dosificación del 10% de la mezcla, las características de densidad seca de la muestra aumento en 5,83% en proporción del 15%, la humedad optima se redujo en 14,29% para una dosificación del 10%, la mezcla del CBR mejora favorablemente siendo este el 3% con respecto a su condición natural, se concluye que esta mezcla es un aditivo alternativo para estabilizar suelos, ya que, esta mezcla mejora las condiciones propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos con alta plasticidad el uso de materiales como cenizas, cal, cemento entre otras para estabilizar suelos no solo permite conocer el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas, sino que también contribuyen a cuidar el medio ambiente, ya que, estas alternativas de solución a los problemas de hundimiento de los suelos expansivos o arcillosos están hechas a base de materiales orgánicos reciclados que protegen el medio ambiente, el resultado de los ensayos aplicados en la muestra determina que el resultado fue favorable para estabilizar suelos para su uso como sub rasante esto recomienda que el material es de alta dureza de una buena resistencia a la abrasión donde se establece a esta técnica como un buen sistema de estabilizante de mejoramiento de las capacidades, pese a que el resultado de la muestra no cumple con algunos parámetros normativos para su uso como base granular se puede emplear como aditivo estabilizante en las capas granulares.

Se define al suelo como la parte exterior de la estructura terrenal que se caracteriza por la descomposición de las rocas, sin embargo, en los estudios de la ingeniería se puede definir que el suelo es conformado con material sedimentado de roca, arena, turba, arcilla (material orgánico en deposición), mineral y material sedimentario de diferentes dimensiones los compuestos de las partículas, se puede clasificarlos según sus características físicas y mecánicas.

En la figura 1 se puede observar los diferentes horizontes del que está compuesta la estructura del suelo estas estructuras divididas en cuatro horizontes A, B, C, y D, cada una de ellas se establece los parámetros de la que están compuestas.

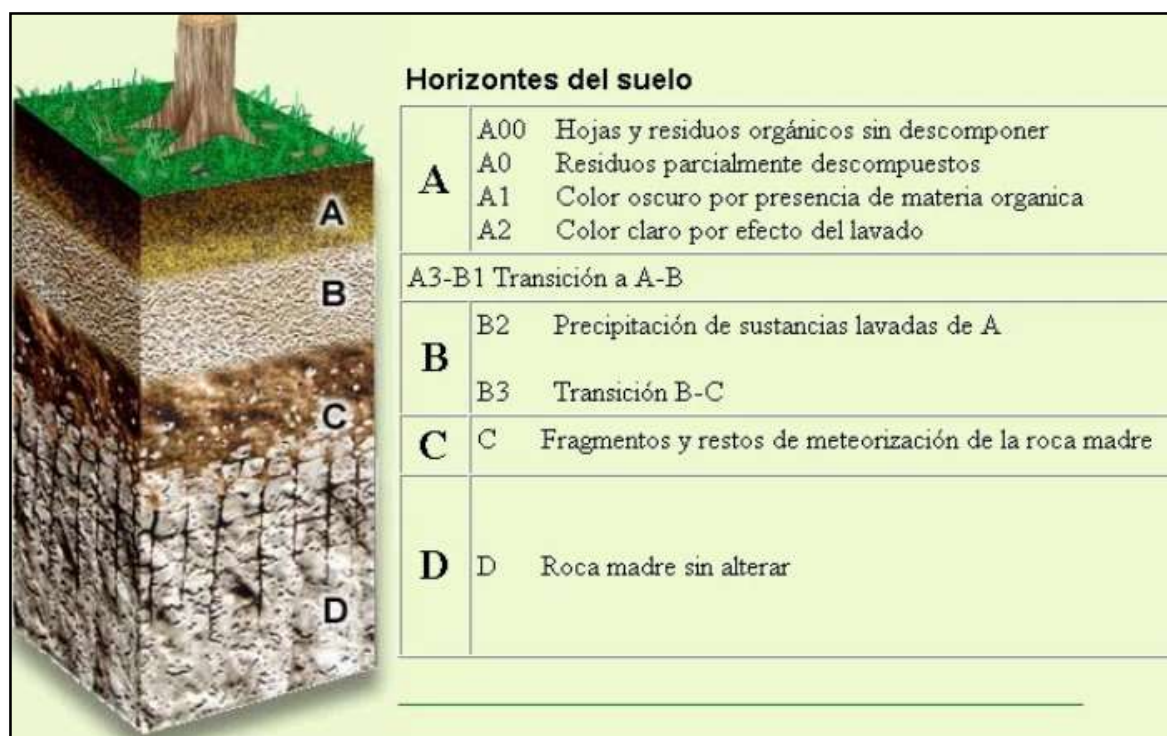


Figura 1. Composición del suelo por perfiles.

Para definir el suelo en la ingeniería Duque y Escobar sostiene al respecto:

En la construcción y para la ingeniería el suelo está compuesto por sedimentos que a través del viento, agua u otro elemento son transportados, estos a su vez forman una partícula sólida debido a sus alteraciones de las rocas, ya que, son sedimentadas de su estado natural ya sea por su gravedad para formar partículas heterogéneas. (2014, p. 3).

El suelo es uno de las materias donde se puede encontrar distintas propiedades físicas y químicas estas debido a su estructuración natural dentro de estas propiedades se encuentran compuestos que van desde su textura, densidad y otros elementos.

Al respecto existen muchos argumentos que sustentan la clasificación de los suelos, en este orden el ICG (2014) sostiene que:

Dentro de esta clasificación podemos entender a los suelos en dos contextos, las razones físicas las cuales comprenden, propiedades que se pueden medir mediante ensayos físico-dinámicas y las razones químicas que comprenden la salinidad que hacen que dependan de la relación físico – químico para generar reacciones favorables de intercambios iónicos en las propiedades como el color, la textura, la estructura y la porosidad (p.45).

Las capacidades físicas del suelo frente a las circunstancias de procesos químicos se acoplan a la variación de sus propiedades como disecación de evaporación, relación de variación de succión, cambios de volumen, precipitación de fases o minerales y cambios en su actividad química, ya que, de estos factores depende el comportamiento del suelo frente a las cargas que son sometidas.

“The physical capacities of the soil against the circumstances of chemical processes are coupled to the variation of its properties, since these factors depend on the behavior of the soil against the loads that are subjected.” (Moya, Asencio y Navarro, 2016, p. 1)

El color del suelo es una de las características que puede determinar qué tipo de suelo, es muy común ver suelos oscuros la cual indica que son suelos orgánicos con contenido de humedad considerable.

La textura del suelo se caracteriza por poseer partículas de distintos tamaños, de las cuales mediante la granulometría no es más sencillo determinar y poderlos clasificarlos.

Tabla 1: *Clasificación de tamaños de las partículas minerales principales del suelo*

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena gruesa 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena gruesa 0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de carreteras del MTC R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14.

La estructura es una de las características del suelo que agrupa u ordenan de acuerdo a sus minerales que conforman las cuales no se encuentran separados en el suelo si no formando terrenos o grupos de partículas medio unidos o extremadamente unido, las cuales pueden tener diferentes formas.

La porosidad es una de las características del suelo esta propiedad tiene correlación entre el volumen de vacío y el volumen total del suelo, se representa en porcentaje (%) y está bajo las condiciones de la textura y estructura las cuales podemos determinarlas mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{D_r - D_a}{D_a} * 100 \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.}$$

Dónde:

D_r = Valor de la densidad real de los elementos del suelo

D_a = valor de densidad aparente

El suelo está compuesto por minerales, agua, gases y sales en distintos estados de disgregación como fragmentos de roca original de la que proceden las diferentes partículas dentro ello también se encuentra los materiales que han sufrido meteorización química que liberan iones, estos materiales influyen decisivamente en su porosidad y permeabilidad condicionando la circulación de agua y gases en ambos sentidos verticalmente así como horizontalmente, el suelo es escenario de procesos químicos – físicos, ya que, estas propiedades están en constante cambio las cuales estos dependen de un ecosistema subterráneo pequeño cuya presencia de animales micro orgánicos impacta directamente en los procesos de cambios físicos y químicos a lo largo de los siglos, ya que, estos daba como resultado una disposición de capas bien diferenciadas que se puede observar los puntos de falla o la fractura de la corteza terrestre.

Para determinar la composición de las partículas y conocer las características de los suelos se utilizan sistemas de clasificación la cuales corresponden a dos sistemas: la clasificación por el sistema SUCS y la clasificación por el sistema AASHTO, estas se realizan para conocer su granulometría, plasticidad e índice de grupo para luego clasificarlos según el grupo geotécnicamente establecidos tal como se puede observar en la tabla 2 donde especifica la correlación de ambos sistemas de clasificación.

Tabla 2: *Correlación de tipos de suelo AASHTO – SUCS*

Clasificación de suelos ASSHTO M-145	Clasificación de suelo SUCS D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de carreteras del MTC R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14

Se define suelo arcilloso a las partículas finas y son fáciles de moldear, tienen un color amarillento, generalmente están formadas por partículas de 0,005 mm de diámetro, si sobrepasan esas dimensiones ya estaríamos hablando de limos o arenas.



Figura 2. Composición del suelo arcilloso con diferentes características.

Al respecto existen muchos argumentos la composición del suelo arcilloso, en este orden Castro (2014) sostiene que:

El material como arcilla es de tipo mineral compuesta objetivamente de silicatos de aluminios, ya que estos proporcionan a que tengan índices de plasticidad muy altos cuando se mezclan con el agua las partículas están en un valor rango de diámetro entre 0,001 a 0,002 de diámetro (p. 56).

La arcilla es un tipo de suelo que por lo general son sensibles que los diferentes tipos suelos a estos suelos se le puede clasificar en dos tipos, arcillas orgánicas y arcillas inorgánicas, ya que, cada uno depende de una variación en la clasificación SUCS y estas puede variar dependiendo del índice de grupo en a que se ubican de ello obtener un buen estudio del terreno.

La composición de las muestras de arcilla, las componen minerales activos que por nombre científico tienen montmorillonita en mayores cantidades, en pocas cantidades la clorita y vermiculita, estos minerales compuestos contribuyen a que los compuestos que se expanden siempre estén adheridos. Para Mamani (2017, p. 27), “los suelos arcillosos se encuentran en lugares con altos índices de lluvia presentando negativos sistemas de drenaje, este tipo de suelo por lo general tiene cantidad de agua una baja resistencia in situ”.

Los contenidos de átomos en la arcilla es de tipo laminar que se clasifican en dos variedades la silícica y la aluminica, estas laminas silicicas están conformadas 01 átomo silicio, 03 átomos de oxígeno que forman un tetraedro tal como se observa en la figura 3, estos mencionados átomos forman un grupo hexagonal construyendo una red laminar tal como se observa en la figura 4.

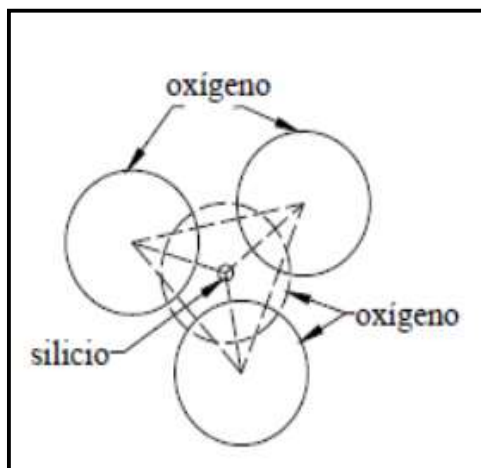


Figura 3. Disposición Tetraédrica.

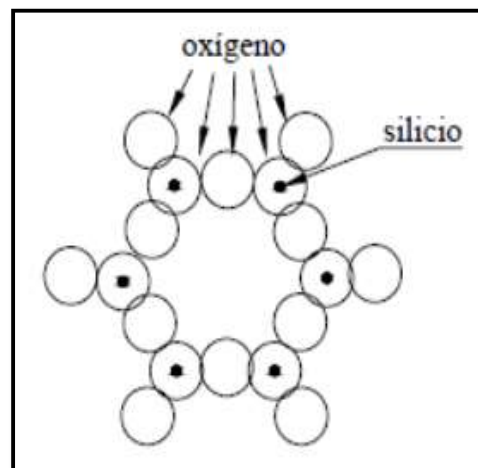


Figura 4. Disposición Hexagonal.

La lamina aluminica, que presenta la arcilla como composición es formada por: 01 átomo de aluminio unida por una red de seis átomos de oxígeno que forma un octaedro tal como se observa en la figura 5, estos forman una red laminar.

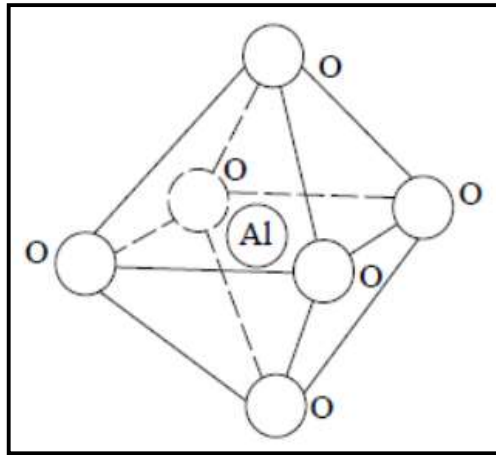


Figura 5. Disposición de una lámina lumínica.

Dentro de la clasificación de la arcilla las características de forma cristalina son factores que influyen sobre las propiedades físicas los principales minerales dentro de las arcillas se encuentran las caolinitas las cuales son más estables, las illitas las cuales presentan fricciones internas que se forman por superposiciones indefinidas entre silícica y las montmorillonitas esta arcilla pose estructuras parecidas a las illitas.

Las propiedades principales que posee la arcilla es la plasticidad, hidratación e hinchamiento, superficie específica, tixotropía, capacidad de absorción y capacidad de intercambio catiónico estas propiedades son características físico-químico.

Tabla 3: Clasificación de suelos según índice de plasticidad.

Índice	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Mediana	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plásticos
IP = 0	No plástico (NNP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de carreteras del MTC R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14.

En la tabla 3 se observa la clasificación del índice de plasticidad de suelo arcillo estos límites establece el rango de plasticidad del suelo arcilloso y conocer sus características y propiedades.

El Manual de Suelos, Geología y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, define a la sub rasante como: “la superficie terminada de la carretera, la cual viene a ser la parte superior del terraplén conformada por material seleccionado con

características que cumplan los requisitos para ser compactados de modo que estas sustituyan el material existente” (MTC, 2014, p. 40).

Es la superficie finalizada de la plataforma en la cual se implanta la estructura de los pavimentos bajo parámetros técnicos de los cuales son compactados por capas para disminuir el volumen y formar parte de la carretera que se construye, por la cual el terraplén quede compacto y soporte cargas que provienen de los vehículos y estas no se puedan deformar.

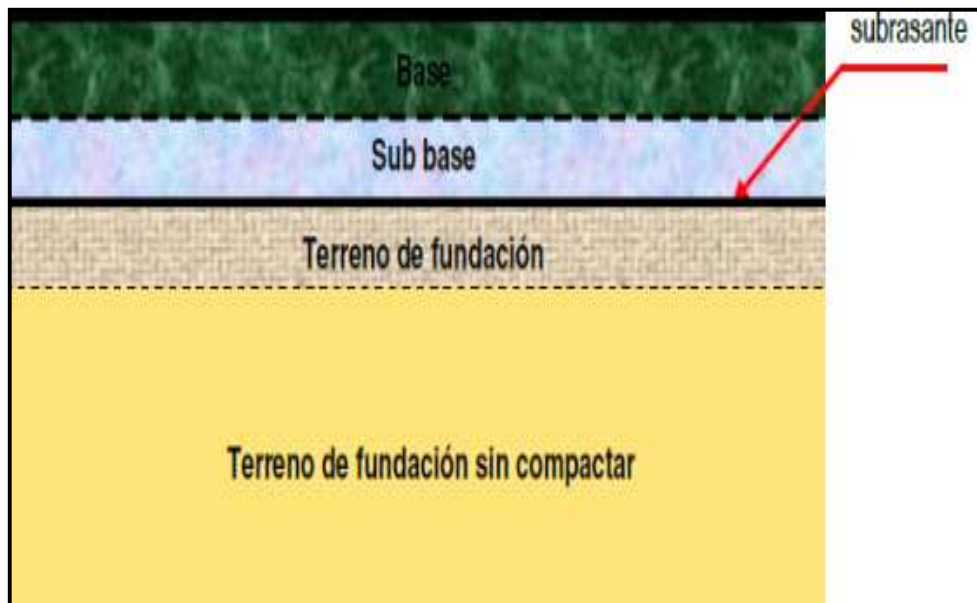


Figura 6. Estructura de un pavimento no asfaltado.

La capacidad de soporte de la sub rasante está vinculada a la carga que está sometida por el tránsito por lo que es importante conocer la calidad del material esto constituyen variables básicas para el diseño de la estructura que compone la sub rasante “Esta parte del pavimento no solo soporta cargas, sino que también es una de las estructuras más importantes, debido a sus propiedades de sus materiales de la que está compuesta” (Cuipal, 2018, p. 17).

Se define sub rasante a la capa final de la estructura de un pavimento, dentro de ella podemos encontrar propiedades físicas y mecánicas como el índice de plasticidad, resistencia al corte, granulometría y ente otras, estos debido a sus capacidades pueden ser usados como cama o base para los pavimentos, la sub rasante es la capa superior de terreno natural hechas con material seleccionada con características aceptables dentro de la normativa y reglamento nacional de edificaciones así como el manual de carreteras.

Al respecto existen muchos argumentos que definen a la sub rasante, en este orden Castro (2017) sostiene que:

Se define a la sub rasante como la estructura superficial o terraplén de una carretera donde se implantará la carpeta asfáltica, la cual está compuesta por materiales seleccionados con propiedades aceptables, de modo que al ser compactadas en capas conforme en el suelo un cuerpo estructural y no sea afectada por las cargas a la que es sometida (p. 30).

Para poder determinar el óptimo desarrollo de la sub rasante ante cualquier carga que es sometido, se tomara en cuenta el ensayo de CBR, la cual nos proporcionara datos que determinan su resistencia, calidad óptima del suelo.

En la tabla 4 se identifican el valor definido de las categorías de la sub rasante, estos valores establecidos según el Manual de Suelos, Geología y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 4: Valor definido de la categoría de la sub rasante.

Categoría de la sub rasante	CBR
S0: Sub rasante inadecuada	CBR < 3 %
S1: Sub rasante insuficiente	de CBR ≥ 3 % a CBR < 6 %
S2: Sub rasante regular	de CBR ≥ 6 % a CBR < 10 %
S3: Sub rasante buena	de CBR ≥ 10 % a CBR < 20 %
S4: Sub rasante muy buena	de CBR ≥ 20 % a CBR < 30 %
S5: Sub rasante excelente	CBR ≥ 30 %

Fuente: Manual de carreteras R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14.

Cuando el CBR ≥ 6%, quiere decir que estos suelos son óptimos para ser usadas como sub rasante, si el porcentaje es menor al CBR o se presentan zonas con presencia húmeda y suelos blandos se tiene que establecer alternativas para estabilizar, mejorar o sustituir dicho suelo, cuando el suelo de fundación es arcillosa o limosa y estas al entrar en contacto con el agua pierden compostura se expanden debido a las cargas que son sometidas, la sub rasante tiene que estar por encima capa freática a una distancia de 0.60 cm cuando se trate de una sub rasante excelente u obtenga un CBR ≥ 30 %, a una distancia de 0.60 m como mínimo cuando se trate de una sub rasante muy buena o con el CBR ≥ 20 % a CBR < 30%, a una

distancia de 0.80 m cuando es una sub rasante buena o con el $CBR \geq 10 \%$ a $CBR < 20 \%$, a una distancia de 1.00 m cuando es una sub rasante buena o con el $CBR \geq 6 \%$ a $CBR < 10 \%$ a una distancia de 1.20 cuando es sub rasante mala o con un $CBR \geq 3 \%$ a $CBR < 6 \%$ y a una distancia de 1.40 cuando se trate de una sub rasante muy mala e inadecuada u obtenga un $CBR < 3\%$.

Al respecto existen muchos criterios para estabilizar suelos arcillosos, en este orden Castro (2017) sostiene que:

Para establecer el criterio del tipo de estabilización que se va emplear es determinante conocer el tipo de suelo que se encuentra en la zona del proyecto, ya que ello es un factor predominante para poder establecer los parámetros técnicos dentro de los suelos como son: los limos, las arcillas, las arenas limosas o arcillas (p.33).

El factor que evalúa y determina qué tipo de sistema de estabilización se empleara está en función al tipo de suelo, de manera que mejore la capacidad de sus propiedades del suelo y pueda determinar la disponibilidad de los equipo, insumos y recursos para hacer un análisis comparativo y económico.

Para poder determinar las propiedades del suelo a nivel de fundación se lleva estudios de exploración mediante calicatas de aproximadamente 1.50m de profundidad mínima; realizando una excavación a cada 500 m pero esto dependiendo del tipo de infraestructura vial que se va construir, “los ensayos efectuados en la muestra del suelo establecerán los criterios mínimos a tomar en cuenta en el estudio definitivo para obtener resultados complementarios, los mismos que servirán para diseñar la sub rasante” (MTC, 2018, P .21).

El primer objetivo del estudio para el diseño de la sub rasante es determinar las características físicas y mecánicas de los materiales que compone el suelo, la cantidad de calicatas esta estandarizado por la norma técnica que establece los criterios mínimos para el diseño de sub rasante tal como se observa en la tabla 5.

Las calicatas se ubican longitudinalmente dentro de la zona de estudio en este caso longitudinalmente a la Av. Universitaria a lo largo de la faja que cubre el ancho de la avenida a una distancia de 500m como distancia mínima de calicata a calicata, de modo que estén uniformemente ubicadas con una distancia aproximadamente iguales.

Tabla 5: Tabla de calicatas por el tipo de carreteras.

Tipo de Carretera	Profundidad	Número mínimo de calzadas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA, mayor de 6000 veh/día de calzada separada, cada uno con una o dos carriles.	1.50m respecto al nivel de la sub rasante del Proyecto	calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x kilometro	las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras duales o Multicarril: carreteras de IMDA, mayor de 6000 y 4001 veh/día de calzada separada, cada uno con una o dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de la sub rasante del Proyecto	calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x kilometro calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x kilometro	
Carreteras de primera clase: carreteras de IMDA, mayor de 4000 y 2001 veh/día de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de la sub rasante del Proyecto	4 calicatas x kilometro	
Carreteras de segunda clase: carreteras de IMDA, mayor de 2000 y 401 veh/día de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de la sub rasante del Proyecto	3 calicatas x kilometro	
Carreteras de tercera clase: carreteras de IMDA, mayor de 401 y 201 veh/día de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de la sub rasante del Proyecto	2 calicatas x kilometro	
Carretera de bajo volumen de tránsito o carreteras con IMDA < 200 veh/día de una calzada	1.50 m respecto al nivel de la sub rasante del Proyecto	1 calicata x kilometro	

Fuente: Manual de carreteras R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14.

Se define a la estabilización de suelos como el mejoramiento de sus propiedades físicas, mecánicas y químicas estos a través de procesos mecánicos adicionando productos naturales, sintéticos y químicos, esta practicas se realizan por lo general en suelos expansivos donde su baja capacidad de soporte a la compresión e muy mala, la estabilización de suelos con resultados favorables se realiza mediante el empleo de suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros materiales.

“La estabilización de suelos arcillosos consiste en alterar las características con el propósito de obtener los requisitos mínimos para tener un suelo compacto y conciso que no pueda ser vulnerada por las fuerzas a que es sometida” (Mamani y Yataco, 2017, p. 37).

A esta práctica se puede definir como como la alteración o preservación de una o más propiedades del suelo para mejorar las capacidades físicas y mecánicas del suelo para estar a disposición de las obras de ingeniería, esta práctica toma como referencia procedimientos alternativos donde se le agrega materiales químicos, orgánicos y entre otros materiales los cuales mejoran las propiedades de los suelos expansivos o sueltos, como son las arcillas la cual al combinarlo con ceniza, cal o cemento como resultado tendremos suelos más consistentes.

Al respecto existen muchos criterios para estabilizar suelos arcillosos, en este orden Njideka y Ben (2019) sostienen que:

The soil stabilization is defined as the improvement of its physical, mechanical and chemical properties, through mechanical processes adding natural, synthetic and chemical products, this practice is usually carried out in expansive soils where its low compression support capacity and very bad, the stabilization of soils with favorable results is carried out through the use of cement soil, lime soil, asphalt soil and other materials (p. 2).

“En la actualidad se ha tomado con mucha importancia la estabilización de suelos empleando desechos de las fabricas industriales y agrícolas, con el fin de poder reusarlos como aditivos para la mejora de la sub rasante y tener beneficios eco ambientales” (Castro, 2017, p. 17).

Cuando el $CBR \geq 6\%$, quiere decir que estos suelos son aptos para las capas de sub rasante, y si el porcentaje es menor al CBR o se presentan áreas o zonas con presencia húmeda y suelos blandos se tiene que establecer alternativas para estabilizar, mejorar o sustituir dicho suelo, se realiza un estudio minucioso para determinar el tipo de estabilización se empleara ya sea por el método de estabilización mecánica o estabilización química a través de la adición de algún producto químico existen tipos de estabilización.

Estabilización química: se refiere al uso de aditivos químicos para mejorar las propiedades de los suelos, dentro de los aditivos químicos se encuentran la cal, el cemento portland, productos asfálticos, sal, polímeros, cloruro de sodio, hule de neumáticos, escoria de fundición, y cenizas estos aditivos se pueden emplear como un aditivo estabilizador.

Estabilización mecánica: se define estabilización mecánica a los métodos que involucra el empleo que aglomeren las partículas del suelo, en este tipo de estabilización se mejora el

suelo sin alterar su estructura y composición con herramientas que para alcanzar grandes grados de compactación y reducir los volúmenes de vacío del suelo.

Estabilización física: se define a la estabilización física a la práctica alternativa de mezclar el suelo natural con otro tipo de suelo o material de préstamo, así mismo a la práctica de combinar con membranas geotextiles, de modo que, estas puedan ser usadas como filtro que controle la erosión de los suelos.

Al respecto con esta investigación existen teorías que afirman que la estabilización es una buena práctica, en este orden Sadeeq, Salahudeen y Tujjani (2015) sostienen que:

Geotechnically, soil improvement occurs through the use of stabilization techniques, this alteration of the foundation soil with the addition of ashes is favorable to improve its index properties for better workability and usefulness, soil stabilization is an effective practice that allows that its strength characteristics are suitable for construction and comply with quality standards (p. 2).

Geotécnicamente el mejoramiento del suelo se da mediante el empleo de técnicas de estabilización, esta alteración del suelo de fundación con adición de cenizas es favorable para mejorar su índice de plasticidad de modo que mejoren su trabajabilidad y utilidad, la estabilización de suelos es una práctica efectiva que permite que sus características de resistencia sean adecuadas para la construcción y cumplan con los estándares de calidad establecidas en la norma.

El Bagacillo es un producto derivado de la caña de azúcar, la producción anual llega a las 9,832,526.00 toneladas de caña de azúcar un promedio de 86,653.00 hectáreas de cosecha para un rendimiento de 110,125.00 kg/ha de azúcar dejando un saldo del 68% de Bagacillo o cachaza del en el proceso de fabricación de Azúcar, después de la etapa de recolección de la caña de azúcar en los campos de cultivo estas pasan a la etapa de transporte, son llevados a los tandenes (molinos) para luego pasarlos por el triturador de tallos y estas una vez triturados pasan al desfibrador como resultado en este proceso se obtiene dos derivados el bagazo y el jugo crudo, el Bagacillo o también llamada como cachaza es el desecho del jugo crudo una vez procesada el azúcar, alcohol y la miel, este producto desechado se le conoce como Bagacillo , en la actualidad este derivado de la caña de azúcar se está empleando como abono orgánico por el gran contenido de sacarosa.

Al respecto Vidal, Torres y González (2014) sostienen que:

“Los residuos del procesamiento de la caña de azúcar, se clasifican en dos el bagazo y el Bagacillo, el bagazo es empleado en las calderas industriales para generar energía mientras que el Bagacillo es utilizado como abono orgánico, pero ambos derivados de la caña de azúcar son considerados materiales puzolanicos” (p.15).

En la figura 7 se puede observar el estado natural del Bagacillo, obtenida después del proceso de fabricación de la azúcar y demás derivados de la caña de azúcar, en la figura 8 se observa las cenizas de Bagacillo CB luego de pasar el proceso de incineración.



Figura 7. Estado natural del Bagacillo.



Figura 8. Estado de la ceniza de Bagacillo CB.

Al respecto James, Kasinatha y Manikanda (2016) sostienen que:

The Bagacillo is the organic waste generated from the sugar manufacturing processes, that is to say, it is the waste of the sugarcane after the crushing process, the extraction of the raw juice in the sugar industries the Bagacillo is used as fertilizer organic and as food for animals, which results after these processes I called Bagacillo Ash CB which is one of the derivatives of sugarcane as one of its potential derivatives and that can be used as stabilizer additive (p. 2).

El Bagacillo es el residuo orgánico generado a partir de los procesos de fabricación del azúcar es decir es el residuo de la caña después del proceso de trituración extracción del jugo crudo, en las industrias azucareras el Bagacillo es empleado como abono orgánico y como alimento para los animales, es así que se planteó buscar otras alternativas para su uso, ya que, estos derivados potenciales de la caña de azúcar pueden ser empleado como aditivo estabilizador.

El Bagacillo debido a sus propiedades orgánicas de la que está compuesta, es considerado un material altamente puzolanico después de ser incinerado a temperaturas por encima de los 700° C, en la actualidad estas propiedades son aprovechadas por las mismas plantas industriales azucareras que las emplean como combustible para generar energía para sus máquinas industriales en su proceso de fabricación de Azúcar.

Las principales características físicas del Bagacillo es el color, sus partículas son de color amarillo claro es el resultado de la molienda de la corteza, el Bagacillo se caracteriza por la textura morfológica de sus partículas uniformemente definidas en tamaños de 0,02mm a 0.03mm en estado natural, la densidad del Bagacillo es de 0,12gr/cc el Bagacillo posee un contenido de humedad de más del 50% luego de ser sacado de los molinos, de las cuales el 4% de dicho porcentaje se concentra en la sacarosa, por consiguiente, son estos compuestos la que le dan un valor importante para ser reutilizadas en distintos campos de la ingeniería.

En la actualidad debido a las propiedades del Bagacillo se está logrando grandes avances ventajosos que están contribuyendo a la sociedad, a nivel de la ingeniería industrial estos desechos como el Bagacillo se está empleando para la fabricación de papel, en la ingeniería agrícola se emplea como abono orgánico, en la zootecnia se emplea como alimento balanceado para los animales y en la ingeniería civil se puede emplear para estabilizar suelos a través de la combustión del Bagacillo y para la fabricación de paneles o tableros para fines constructivos.

El procedimiento del empleo del Bagacillo en la ingeniería civil pasa por el proceso de incineración termina la cual pasa de un estado orgánico a un estado combustionado a una temperatura de 700° C a 800° C por un tiempo aproximado de dos horas en calderas que determinan la descomposición puzolanica, este proceso de incineración es donde establece de manera óptima el contenido de silicato de calcio la cual está compuesta de partículas pulverizadas finas que forman las cenizas de Bagacillo,

La producción de caña de azúcar en el Perú se convirtió un pilar fundamental en la economía peruana, ya que, la producción anual llega a un promedio de 10 toneladas en los últimos 10 años, con una superficie de cosecha de 80 ha anuales para un rendimiento de 123,000.00 kg/ha de azúcar aproximadamente, de las cuales de la producción promedio, el desecho de Bagacillo es del 70 % de desechos sólidos tal como se observa en la tabla 6

Tabla 6: Producción de la caña de azúcar, cosecha y rendimiento anual.

Año	Producción (tn)	Cosecha (ha)	Rendimiento (Kg/ha)
2017	9,832,526.00	86,653.00	110,125.00
2016	9,832,526.00	87,696.00	112,120.00
2015	10,211,856.00	84,574.00	120,744.00
2014	11,389,617.00	90,357.00	126,051.00
2013	10,992,240.00	82,205.00	133,717.00
2012	10,368,866.00	81,126.00	127,812.00
2011	9,884,936.00	80,069.00	123,455.00
2010	9,660,895.00	76,983.00	125,494.00

Fuente: Elaboración propia

Las cenizas de Bagacillo CB se caracterizan por tener grandes cantidades de composición puzulanicos como dióxido de silicio (SiO₂) y otros compuestos de óxido las cuales permiten que se pueda usar como un material alternativo para estabilizar suelos sueltos suelos de tipo arcilloso. “El bagacillo es un material con alto contenido de sílice amorfa como los óxidos de silicio y otros compuestos estas propiedades hacen que la ceniza de Bagacillo CB sea una alternativa de solución para suelos inestables” (Vidal, Torres y González, 2014, p. 15).

El compuesto de las cenizas de Bagacillo CB se determina mediante ensayos de fluorescencia de rayos X, el patrón de difracción de las cenizas de Bagacillo CB, es obtenida por los rayos X, donde se realiza aproximadamente a una temperatura de 30° C de la etapa de cristalización y la reflexión con intensidad menor corresponde a la etapa de cristalización a temperaturas de 800° C. el resultado de los compuestos químicos se observa en la tabla 7.

Tabla 7: Composición química de la Ceniza de Bagacillo CB.

Elemento	Símbolo de óxido	% de peso CB
Cloruro	CL	0.0170
Oxido de manganeso	MnO	0.0950
Oxido de circonio	ZrO ₂	0.0060
Cloruro de estroncio	SrO	0.0310
Oxido de titanio	TiO ₂	0.3950
Oxido de sodio	Na ₂ O	0.4090
Oxido de fosforo	P ₂ O ₅	1.1100
Oxido de magnesio	MgO	1.5300
Oxido de calcio	CaO	3.5500
Oxido de potasio	K ₂ O	4.2250
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃	4.8210
Oxido de aluminio	Al ₂ O ₃	6.8510
Perdidas de ignición	PPI	14.1500
Oxido de silicio	SiO ₂	62.3500

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto Bajaj (2016) sostiene que:

The materials used such as rice husk ash, coconut fibers, sugar cane bagasse ashes can be used as stabilizers for cohesive and expansive soils, in the design of modern pavements these techniques, as well as the use of Geo synthetics are important and economically sustainable to reduce maintenance costs and increase the life of pavement (p. 2).

Los materiales empleados como la ceniza de cascara de arroz, fibras de coco, las cenizas del bagazo de caña de azúcar se pueden emplear como estabilizantes para los suelos cohesivos y expansivos, en el diseño de los pavimentos modernos estas técnicas son frecuentes por ser una actividad sustentable económicamente para reducir gastos en mantenimiento y aumentar la vida útil de los pavimentos. las investigaciones que se realizaron en cuanto al empleo de cenizas, cal, cemento y entre otros materiales dieron como resultados que es una opción económica, ambientalmente sustentable modificando favorablemente las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

Formulación del Problema

Problema General

¿En qué medida la ceniza de Bagacillo CB, influye en el mejoramiento de la estabilización del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?

Problemas Específicos

¿En qué medida la Ceniza de Bagacillo CB, influye en las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?

¿En qué medida la ceniza de Bagacillo CB, influye en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?

¿En qué medida la ceniza de Bagacillo CB, influye en la resistencia del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?

Justificación del Estudio

Justificación

Para la ingeniería civil es de gran importancia conocer el comportamiento, capacidades y propiedades del suelo, ya que, este es el primer paso para todo tipo de proyectos a ejecutar es por ello que es de vital importancia que los suelos de tipo arcilloso cumplan requisitos mínimos de calidad establecidos en la norma nacional e internacional y puedan garantizar un buen servicio en las estructuras de cualquier edificación. Una de las zonas donde existe este tipo de suelo arcilloso se ubica en un sector de la Av. Universitaria, en el Distrito de Carabayllo de la provincia de Lima, por lo que es necesario prestarle la debida atención y buscar alternativas que puedan contribuir a solucionar los problemas encontrados, de modo que, se puedan ejecutar proyectos de infraestructura vial sin ningún problema que a futuro puedan generar pérdidas económicas en mantenimiento, es por ello, que en la actualidad existen investigaciones sobre la posibilidad de mejorar la calidad del suelo arcilloso, empleando sistemas de estabilización mediante el uso de sustancias provenientes de los desechos o derivados industriales que tengan un alto contenido de compuestos sílice amorfa, como las cenizas fruto de la incineración de materia primas, ácidos fosfóricos, cal, polímeros comerciales, cemento, ceniza volante, entre otras sustancias que puedan ser usados como aditivo estabilizante.

Al respecto Cañar (2017) sostiene que:

Una de las alternativas para dar buenos resultados en el mejoramiento de las propiedades propias de la muestra de suelo arcilloso es el uso de aditivos naturales derivados de los desechos industriales, una de las prácticas para estabilizar suelos de tipo arcilloso es el empleo de cenizas con alto contenido de sustancias como silicatos y aluminio las cuales por su naturaleza son altamente cohesivos con estos tipos de suelos (p. 2).

Dentro de los procesos que afectan la estabilidad estructural del suelo se pueden encontrar la distribución de partículas por tamaño, la cual afecta de manera directa a los compuestos de los suelos arcillosos, por lo que ejecutar proyectos de infraestructura vial en el Perú se ha vuelto complicado debido a los suelos de fundación que no presentan garantía en sus capacidades de resistencia, es por ello, que se ha vuelto un reto para la ingeniería buscar nuevas alternativas de solución para mejorar las capacidades físicas y mecánicas de los suelos.

Al respecto Pérez (2014) sostiene que:

En el Perú se emplea canteras de material granular como estabilizante, pero sin embargo estas no cumplen con los requerimientos adecuados para que puedan ser utilizados en suelos arcillosos, es por ello que en estas canteras se tienen que hacer estudios minuciosos para determinar la calidad del material y así poder determinar el material alternativo para estabilizar y mejorar sus capacidades del suelo. (p. 15).

Este proyecto de investigación está orientado a valorar las cenizas de Bagacillo CB derivado de la caña de azúcar que por su alta tasa de producción de las azucareras el 70% de estos residuos van a parar a los campos de cultivos usados como abonos orgánicos y pueda ser empleado como aditivo estabilizador de suelos arcilloso, generando un impacto económico, sustentable y eco ambiental.

Hipótesis

Hipótesis general

La adición de Ceniza de Bagacillo CB, influye de manera positiva en el mejoramiento de la estabilización de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.

Hipótesis Específicos

La Cenizas de Bagacillo CB influye de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.

La adición de ceniza de Bagacillo CB, influye de manera efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y optimo contenido de humedad de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.

La adición de ceniza de Bagacillo CB, influye de manera efectiva en el mejoramiento de la resistencia de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la influencia de la adición de ceniza de Bagacillo CB en porcentajes de 10%, 15 % y 20 %, en el mejoramiento de la estabilidad del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.

Objetivos Específicos

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.

Determinar la influencia de la ceniza de Bagacillo CB, en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo arcilloso para su uso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019.

Determinar la influencia de la ceniza de Bagacillo CB, en la resistencia del suelo arcilloso para su uso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019.

II. MÉTODO

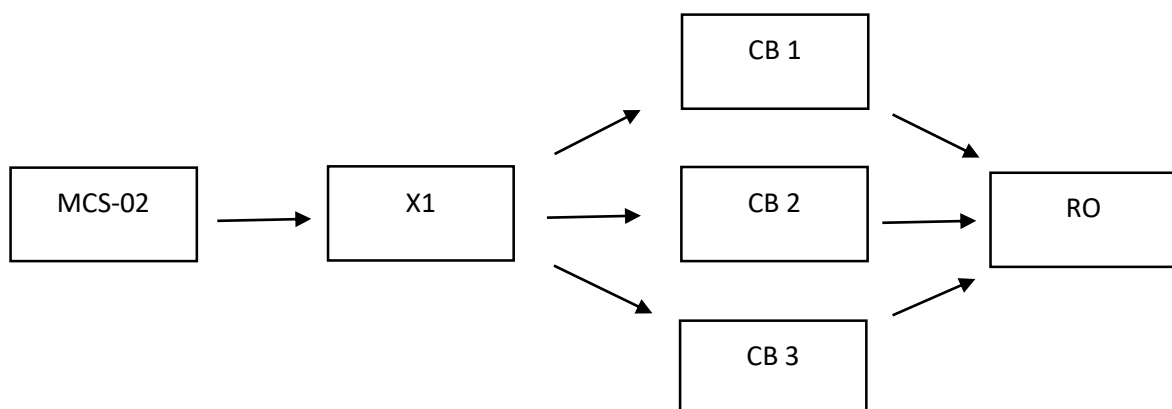
2.1 Tipo y Diseño de investigación

El tipo de investigación que se empleó y la que más se adapta a este proyecto de investigación es la experimental, ya que, se tuvo que determinar la relación de dos variables, por consiguiente, se tuvo la variable independiente adición de cenizas de Bagacillo CB en 10%, 15% y 20% y como variable dependiente mejoramiento de la estabilidad de suelos arcillosos, de modo que, esta relación determino el mejoramiento de la estabilidad del suelo para uso como sub rasante. “el concepto de investigación experimental es más armónica con sentido científico, ya que, hace referencia al estudio donde se manipulan intencionalmente uno o más variables independientes para resolver las consecuencias que tienen sobre una variable dependiente” (Fernández, 2014, p.129).

El tipo de estudio para este proyecto fue la aplicada, porque los aprendizajes mediante la investigación origino alternativas de solución, análisis y conclusiones objetivas a los problemas establecidos en el esquema de la investigación. “la investigación aplicada tiene como objetivo aportar nuevos hechos de modo que estas puedan ser útil y estimable con cada teoría relacionada” (Baena, 2014, p. 11).

El nivel de la investigación es explicativo, ya que, nos permitió describir, conocer las posibles causas que originan las fallas en los suelos expansivos determinando resultados óptimos para un nivel más profundo de conocimientos, el enfoque que se empleó para proyecto de investigación fue cuantitativo, ya que, se acercó a los procesos que se realizaron directamente a través de los ensayos en laboratorio.

Esquema de la Investigación



MCS-02	= Muestra de suelo arcilloso
X1	= Variable dependiente (Estabilización de suelos arcilloso)
CB1, RB2, RB3	= Variable independiente (Adición de cenizas de Bagacillo CB)
RO	= Resultado obtenido

Variables, Operacionalización

Variable independiente V1 : Cenizas de Bagacillo CB

Variable dependiente V2 : Estabilización de suelos arcilloso

Tabla 8: Matriz de operacionalización de variable

Variable	Nombre de variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Índice	Instrumento	Escala valorativa	Escala de medición
Independiente	Cenizas de Bagacillo CB	Bagacillo: "Es la fracción más fina que resulta luego de tamizar el bagazo o cuando se desmodula antes de enviarlo a la fábrica de tableros. Para obtener mejores resultados de consistencia química se le puede adicionar también hidróxido de sodio o cal para el aumento de estabilidad" (ECURED, 2018).	Dosificación	1. Incorporación de 10% de Cenizas de Bagacillo CB 2. Incorporación de 15% de Cenizas de Bagacillo CB 3. Incorporación de 20% de Cenizas de Bagacillo CB	g.	TAMIZ # 200 (ASTM D422) Balanza automática	Malo Bueno	Nominal
Dependiente	Estabilización de suelos arcillosos	Suelos arcilloso: los suelos arcillosos son fácilmente comprensibles y pueden sufrir deformaciones en la superficie. Estabilización: "la estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales y sintéticos" (Mef, 2015, p. 17)	1. Tipo de Suelo Índice Plástico, Límite líquido, Límite plástico 2. Densidad máxima seca y Optimo contenido de humedad 3. Resistencia del suelo	1. Análisis granulométrico . Ensayo de Límites de Atterberg 2. Ensayo de Proctor Modificado 3. Ensayo de CBR AL 0.1" y CBR al 0.2"	SUCS AASHTO % g/cm ³ W _{optimo} (%) % de CBR	1. Granulometría (MTC E 107 - 2000) . Límites de Atterberg (MTC E 1090 - 2000) 2. Proctor Modificado (MTC E 115 - 2000) 3. CBR California Bearing Ratio (MTC E 132 - 2000)	CBR < 3% Sub rasante inadecuada CBR > 3% < 6% Sub rasante insuficiente CBR > 6% < 10% Sub rasante regular CBR > 10% < 20% Sub rasante buena CBR > 20% < 30% Sub rasante muy buena CBR > 30% Sub rasante excelente	Nominal

Fuente: Elaboración propia

2.2 Población, Muestra y Muestreo

Unidad de estudio

La unidad de estudio corresponde a la muestra de suelo arcilloso en estado natural con adición de cenizas de Bagacillo CB.

Al respecto Hernández (2014) sostiene que:

Para la etapa de investigación la muestra es un subgrupo de la población de la cual se recolectarán datos para poderlos definir y delimitar con precisión de modo que estas sean representativas de la población y la población es el universo conjunto de todos los casos que tienen simetría con determinadas (p. 173).

Población

La presente tesis delimita un tramo de la Av. Universitaria el cual involucro un Área de 22,500 m² siendo una extensión de 1500 ml y 15 m de ancho de la vía, la población para esta investigación fue las tres calicatas realizadas en el margen derecho, cada una de ellas codificadas según el orden de ubicación CS-01 está ubicada en la progresiva 24 + 500, CS-02 que está ubicada en la progresiva 25 + 000 y CS-03 que está ubicada en la progresiva 25 + 500.

Muestra

La muestra de suelo arcilloso sin estabilizar corresponde a la calicata CS-02 el cual empleo para los ensayos en laboratorio, Para la obtención de esta muestra se realizó calicatas a una profundidad de 1.50m. las calicatas se realizaron de forma longitudinal a cada 500m, estos parámetros técnicos por ser una carretera de segunda clase con un IMDA entre 2000-401 veh/día con una calzada de dos carriles toma como referencia los parámetros establecidos en el manual de carreteras: suelos y pavimentos.

Muestreo

El tipo de muestreo empleado fue probabilístico porque en esta investigación se establece el número de ensayos que es la igual a la cantidad de muestras. “El muestreo es la técnica mediante el cual el investigador establece los criterios con referencia al universo poblacional” (Hernández, 204, p. 175).

Se procedió a realizar 03 calicatas, para que se nos facilite el reconocimiento de las muestras se nombraron a cada una de las 03 calicatas con códigos personalizados, CS-01 para la primera calicata, CS-02 para la segunda calicata y CS-03 para la tercera calicata, de las

cuales se pudo observar en campo que las características y propiedades del suelo encontrado cumplieran las mismas condiciones entre las tres calicatas por lo que se decidió realizar los ensayos y pruebas de laboratorio con la muestra obtenida de la segunda calicata con código CS-02 ,ya que, está ubicada al centro del área de investigación, dicha muestra se llevó a laboratorio para ser analizadas a través de los ensayos correspondientes adicionándolo cenizas de Bagacillo CB en porcentajes de 10%, 15% y 20% para poder determinar cuál es el óptimo porcentaje que cumpla los requisitos para obtener una sub rasante buena.

Al respecto el Manual de carreteras del MTC (2014) sostiene que:

Si a lo largo del avance destacado del estudio las condiciones topográficas muestran características similares del perfil geotécnico y la muestra obtenida presenta las mismas características físicas que las dos próximas calicatas, se efectuará el ensayo en laboratorio la muestra de la calicata intermedio o de la que sea conveniente, de modo que, se cumpla el número de calicatas cada 2.0 km en vez de cada km (p. 31).

2.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica de la recolección de datos empleado para este proyecto de investigación fue la técnica de observación directa, ya que, nos permitió conocer y analizar los problemas que afectan a la sub rasante de la vía de manera directa, la recolección de datos del comportamiento de la muestra se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos, esta técnica de observación directa nos permite dar sustento a los siguientes instrumentos de validación de datos que nos ayudó a recopilar y clasificar los resultados óptimos para nuestra investigación.

Al respecto el MTC (2014) sostiene que:

De acuerdo al marco normativo se establecen el uso de los protocolos tanto a nivel nacional como internacional la norma ASTM, MTC, NTP, SUCS Y AASHTO, que permitirá medir, adquirir resultados de manera confiable y directa en los distintos instrumentos, para que nos proporcionen información valida y confiable (p. 45).

Granulometría (ASTM-D 422, MTC E 109-2016, NTP 339.132-2014).

Límites de Atterberg (ASTM D 4318, MTC E 111).

Proctor Modificado (ASTM D 1557, MTC E 115-2000).

CBR (ASTM D 1883, MTC E 132-2000).

Para la validación de datos de este proyecto de investigación se necesitó instrumentos de análisis confiable y directa, sustentados bajo el marco normativo a través del empleo de formatos estandarizados por las normas MTC, ASTM, ASSHTO y SUCS, tal como podemos apreciarlos en el anexo 02. “La validez es el grado de medición de la variable que se está evaluando a través el uso de instrumentos que den garantía a la investigación” (Hernández, 204, p. 421).

En el anexo 3 pagina 111 de la presente tesis se aprecian los formatos estandarizados realizados para el recojo de resultados de los ensayos realizados en laboratorio, los mencionados formatos fueron sometidos a un juicio de expertos donde se tuvo los criterios valorativos, se dispuso un rango de 00% – 20% como deficiente, un rango de 21% - 40% como regular, un rango de 41% - 60% como bueno, un rango de 61% - 80% como muy bueno y un rango de 80% - 100% como excelente.

La valides de los instrumentos nombrados como los formatos estandarizados, se realizó por juicio de expertos, las cuales estuvieron integradas por 03 especialistas vinculadas al estudio especializado a la mecánica de suelos, todos ellos ingenieros civiles.

Tabla 9: *Valides de expertos.*

Juicio de expertos	Valorización	Rango de valorización %	Validez
		61 % - 80 %	
Experto 01	Muy Bueno	80	80%
Experto 02	Muy Bueno	80	80%
Experto 03	Muy Bueno	80	80%
Promedio total de rango			80%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se observa que el experto 1 califico a los formatos estandarizados para la recolección de datos como Muy bueno otorgándole un rango de valorización de 80%, así mismo se aprecia que el experto 2 califico a los formatos estandarizados para la recolección de datos como Muy bueno otorgándole un rango de valorización de 80% y también se aprecia que el experto 3 califico a los formatos estandarizados para la recolección de datos como Muy bueno otorgándole un rango de valorización de 80%.

La confiabilidad define como una probabilidad a los sistemas que determinen funciones operativas durante el tiempo de estudio específico y referencien el grado de aplicación del individuo u objeto la cual produce resultados iguales. “la confiabilidad es la probabilidad del sistema para que desarrolle funciones bajo condiciones operativas, durante el periodo de tiempo específico que establezcan su aplicación.” (Hernández, 2004, p. 425).

2.4 Procedimiento

Análisis granulométrico ASTM D 422

El análisis granulométrico correspondió al estudio de la distribución de las partículas que componen la estructura del suelo de la muestra CS-02 estás de acuerdo a su dimensión, estas características se determinó mediante el tamizado o paso de la muestra por las mallas de distintos diámetros hasta llegar hasta el tamiz N° 200 cuyo diámetro es 0.074mm, de modo que, se pudo establecer y conocer la distribución granulométrica a través del ensayo de granulometría, al finalizar el estudio de la muestra CS-02, con los resultados obtenidos se pudo definir la curva granulométrica donde se plantea el diámetro de tamiz vs porcentaje acumulado la cual nos permite conocer a detalle las características sobre el tipo de suelo que se está estudiando.

Para el ensayo granulométrico se debió de considerar las características del suelo, ya que, de ello dependerá la cantidad necesaria que pasara por lo tamices estas según se su diámetro de las partículas de la que están compuestas y estas estarán determinadas en pulgadas las cuales estarán vinculadas a una porción mínima aproximado en gramos, en la tabla 9 se muestra la cantidad de suelo que pasara por el juego de tamices estos dependiendo del tamaño de sus partículas de la que están compuestas.

Tabla 10: *Tamaño de los tamices y diámetro de la malla.*

Diámetro nominal de las partículas más grande mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (11/2")	2000
37,5 (11/2")	3000
50,0 (2")	4000
75.0 (3")	5000

Fuente: Manual de carreteras R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14.

En la tabla 10 se observa el juego de tamiz cada una con el diámetro de abertura de las mallas y la abertura en milímetros de la malla la cual se emplearán para la determinar la granulometría del suelo en estudio.

Tabla 11: *Tamaño de los tamices y diámetro de la malla*

Tamiz #	Abertura mm
>2"	76.2
2"	50.8
3/4"	19.05
3/8"	9.525
N° 4	4.76
N° 10	2.00
N° 40	0.426
N° 200	0.074

Fuente: Manual de carreteras R.D. N° 10 – 2014 – MTC/14

Equipos a emplearse en el ensayo de granulometría:

Balanza no automática con 0.1 de error del peso de la muestra.

Juego de tamices estandarizados en la norma ASTM 422 y MTC 107 2000.

Horno con temperatura de 110° como rango mínimo.

Recipientes de lata para depósito de la muestra.

Lavadero de muestra y brochas.



Figura 9. Equipos para el ensayo de granulometría.

Procedimiento del ensayo granulométrico

En primer paso se obtiene la muestra mediante el cuarteo y se colocan en un recipiente para luego ser secado en horno durante 24 horas a temperatura de 80° C, una vez retirada del horno se enfría para después ser pesada, la muestra secada al horno se separa en porciones de suelo la cantidad de acuerdo a la dimensión de las partículas de suelo que pasa por el tamiz N° 4 (4,760), tal como se aprecia en la tabla 8, se lleva al horno una vez sacada del horno se obtiene el peso de lavado y secado al horno, para luego pasarlo por los tamices otorgándole movimientos circulares de lado a lado otro realizando movimientos circulares uniformemente.

Se desmolda el juego de tamices cuidadosamente para no perder material una vez desmoldada se pesa cada fracción en la balanza automatizada con sensibilidad de error de 0,1% las cuales se tomarán nota y la suma de las partículas retenidas en cada fracción y el peso inicial no tiene que ser diferente más del 1%.

Con el resultado de los pesos de las partículas se procede a realizar la curva granulométrica completa incluyendo el material menor que paso por el tamiz N° 200 (0,074), la cual pasara un proceso de lavado el material acumulado en dicha malla.

Para determinar los resultados y realizar los cálculos se utilizarán las formulas establecidas en el manual de ensayo de materiales, para calcular el porcentaje de material que pasa por el tamiz N° 200 (0.074) se realizara de la siguiente manera:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido en el tamiz de } 0,074}{\text{Peso total}} \times 100$$

Ecuación 2

Para determinar el porcentaje de material que queda en el tamiz se calcula de la siguiente formula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 10$$

Ecuación 3

Para determinar el porcentaje de las partículas finas, se resta en forma acumulada de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz se calcula de la siguiente forma.

$$\% \text{ Retenido} = 100 - \% \text{ retenido acumulao}$$

Ecuación 4

Para determinar de humedad hicroscópica de la pérdida de peso de la muestra sacada del horno se calcula mediante la ecuación.

$$\% \text{ Humedad Higroscopica} = \frac{W - W1}{WI} \times 100$$

Ecuación 5

Dónde:

W = Peso secado al aire

WI = Peso secado en el horno

Límite de Atterberg ASTM 4020

Los límites de Atterberg es el ensayo que determina el sensible comportamiento de los suelos con relación al de la cantidad de agua de la que está compuesta en términos generales se refiere al contenido de humedad que depende, definiendo a los tres estados de consistencia según su contenido de humedad estos estados se puede presentar en tres estados: líquido, plástico o sólido, estos límites miden la cohesión de las partículas del suelo: Limite Liquido (LL) MTC E 110|, Limite Plástico (LP), MTC E 111 y Limite de Contracción (LC), MTC E 112.

Al respecto el Manual de Carreteras del MTC (2014) sostiene que:

Límite de Atterberg son conocidos también como los límites de plasticidad o consistencia, la cual estudia el comportamiento plástico de los suelos finos y estos comportamientos varia a través del tiempo los ensayos de los limites se basan en conceptos de que los suelos finos solo existen en cuatro estados de consistencia según su contenido de humedad (p. 41).

Limite Liquido (LL) determina que la muestra ensayada cambia de estado semilíquido a un estado plástico con capacidad moldeable, el Limite Plástico (LP), determina que cuando el suelo pasa por estado plástico a un estado semisólido, de modo que esta pasa a un estado de rotura y el Limite de Contracción (LC), determina que cuando el suelo pasa del estado semisólido a un estado sólido y deja contraer por el contenido de su humedad.

Para obtener el índice de plasticidad se calcula mediante la siguiente fórmula tal como muestra en la ecuación N° 6.

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 6

La índice plasticidad (IP), es el valor de humedad que tiene el suelo, ya que, ello permite determinar su clasificación con claridad las características plásticas del suelo en estudio, estos según sus propiedades físicas y mecánicas, en la tabla 2 se observa los valores del índice de plasticidad del suelo.

Determinación del Límite Líquido (LL)

Este ensayo consiste en determinar el contenido húmedo expresado en porcentaje, este resultado se obtiene a través de los límites del estado líquido y plástico, esta práctica se aplica arbitrariamente una ranura hasta el fondo de 13 mm, seguidamente se aplica 25 golpes en la copa de Casagrande de aproximadamente 1 cm de altura a una velocidad de 2 golpes por segundo.

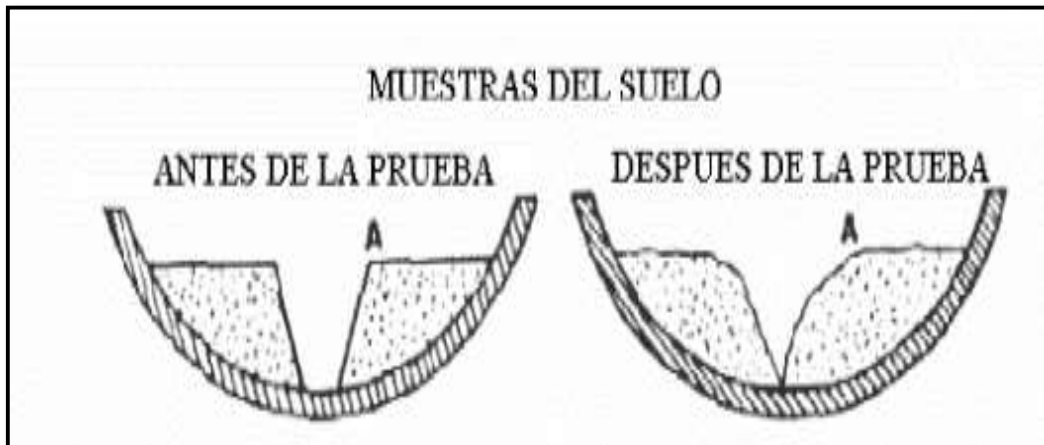


Figura 10. Ranura antes de la prueba y ranura después de aplicar arbitrariamente.

Al respecto el Manual de Carreteras del MTC (2014) sostiene que:

El límite líquido de un suelo que contiene materias orgánicas son reducidos drásticamente cuando la muestra es secada al horno, el límite líquido de una muestra de suelo es medida cualitativamente en relación al contenido de materia orgánica, la diferencia es comparativa, ya que, cambia el estado líquido de la muestra antes y después del secado del horno (p.67).

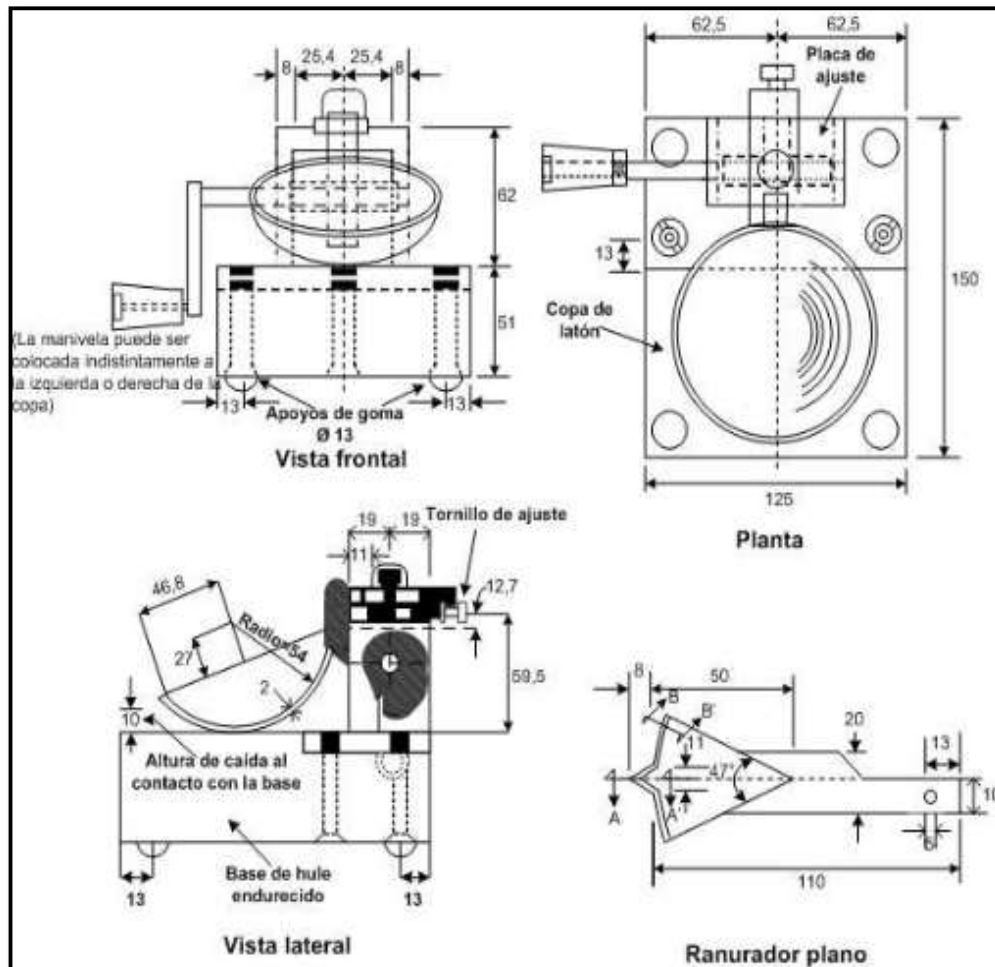


Figura 11. Aparato manual para limite liquido copa Casagrande.

Equipos a emplearse en el ensayo Límite Líquido.

Copa de Casagrande.

Balanza no automatizada con error de 0.1 %.

Recipientes de 115 mm (4 1/2) de diámetro.

Acanalador de acuerdo a las dimensiones criticas indicadas.

Taras que puedan resistir altas temperaturas.

Espátulas

Horno que conserve temperaturas termostáticamente $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.

Procedimiento del ensayo

Se toma porción de la muestra un aproximado de 150g a 200g aproximadamente de material que se tamizo por el tamiz N° 40 (425mm), se adiciona agua para formar una pasta uniforme

poco húmeda, colocar la porción de la muestra en la cazuela con la ayuda de una espátula pulir la superficie de modo que esta quede paralelamente a la base del instrumento un aproximado de 10 mm en su punto más profundo.

Introducir el ranurador a la muestra pulida en el centro de la masa de tal manera se visualice el fondo de la copa de Casagrande cortar la ranura una y otra vez de tal manera que quede bien perfilada la ranura.

Girar la manivela para luego dejar golpear la cazuela y a través de golpes a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, contándolos es necesario los dos fragmentos dividido en mitad del material arcilloso se unan si esto se logra en el primer intento se tiene que realizar otro intento adicionando un poco más de gua hasta conseguirlo se registra el número de golpes hasta que cierre o choque los puntos de material en el fondo de la ranura.

Tabla 12: *Determinación de N número de golpes y K factor para limite liquido tabla A-1.*

N (número de golpes)	K (factor para límite de líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	0,1009
28	0,1014
29	0,1018
30	0,1022

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC/14

Por último, se calcula el contenido de humedad “W” el espécimen del suelo, estas supervisadas bajo la NTP 339.127, el pesaje de la muestra ensayada se tiene que realizar inmediatamente y si esta no fuese así ya pasándolos 15 minutos se repite el ensayo.

Para los cálculos cuantitativos del espécimen ensayado para el límite liquido se determina mediante la ecuación 7, ya sea en un punto o multipunto esto dependiendo de la relación que tenga con el contenido de humedad.

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{O} \quad LL = KW^a$$

Ecuación 7

Dónde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura

K = Factor de limite liquido establecidos en la tabla A-1

W = Contenido de humedad del suelo

Tabla 13: *Tabla de estimación de precisión de limite líquido.*

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de resultados
Precisión de un operador simple		
Limite liquido	0,8	2,4
Precisión multilaboratorio		
Limite liquido	3,5	9,9

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC/14

Ensayo del Límite Plástico (LP)

Es el ensayo que determina la trabajabilidad del suelo en estado húmedo, este ensayo consiste en formar barritas de la muestra de suelo en estudio de unos 3,2 mm (1/8") de dimensión, rodando entre la palma de la mano sobre un área plana de vidrio esmerilado sin que estas barras se lleguen al estado de rotura o desmoronamiento, este ensayo se utiliza para determinar el contenido húmedo, de modo que podamos determinar la consistencia del índice liquido con relación a la consistencia relativa.

Los equipos para el ensayo de Límite Plástico (LP)

Balanza con aproximación de 0,01 g.

Espátula

Horno que conserve temperaturas termostáticamente $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.

Recipientes para almacenaje de 115 mm

Tamiz N° 40

Agua destilada

Vidrio adecuado para la determinación de humedades

Superficie de rodadura o vidrio grueso esmerilado

Procedimiento del ensayo

Se moldean que tengan forma de elipsoide y se comienza a rodar con los dedos sobre el área plana del vidrio esmerilado con la presión uniforme de modo que estas formen barras cilíndricas.

Cuando las barras cilíndricas hayan alcanzado un diámetro de 3,2 (1/8") y esta no ha llegado al estado de rotura o desmoronamiento se vuelve a realizar un nuevo ensayo hasta que se desmorone.

El desmoronamiento de la barra cilíndrica puede manifestarse de distintas maneras dependiendo del tipo de suelo, el suelo muy plástico el cilindro se desmorona en trozos de 6 mm de las cuales dichas muestras desmoronadas deben ser pesadas, este proceso se repite hasta unir unos 6g de suelo de la cual podemos determinar la humedad de acuerdo a la norma establecida en el MTC E 108.

Para los cálculos cuantitativos del espécimen ensayado para el límite líquido se determina mediante la ecuación 8, ya sea en un punto o multipunto esto dependiendo de la relación que tenga con el contenido de humedad.

$$\text{Limite plástico} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo secado del horno}} \times 100$$

Ecuación N° 8.

Tabla 14: *Tabla de estimación de precisión de límite plástico.*

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de resultados
Precisión de un operador simple		
Límite plástico	0,9	2,6
Precisión multilaboratorio		
Límite plástico	3,7	10,6

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC-2014

Proctor modificado ASTM D 1557

Mediante este ensayo se podrá determinar la compactación sólida incrementando en la muestra su densidad, de modo que beneficie de manera importante a la muestra reduciendo la compresibilidad, incrementando la resistencia y disminuyendo la permeabilidad, para que

de alguna manera la compactación de la muestra sea compacta en las obras de pavimentación en la sub rasante. “La prueba del ensayo de Proctor modificado es un sistema estándar que se emplea para determinar su compactación y su energía modificada de compactación puede resultar favorables en los resultados obtenidos” (MTC, 2018, p.42).

Es el ensayo que determina la densidad seca máxima de un suelo en relación al porcentaje de humedad a través de la aplicación de un anergia modificada, este ensayo solo se puede aplicar en suelos que poseen el 30 % menos en peso de las partículas que son retenidas en el tamiz 3/4” y para los suelos que quedan retenidas mayor al 30 % en el tamiz 3/4 se realiza el método de prueba estándar para corregir la unidad del peso y el contenido de agua según el tamaño de las partículas de la que está compuesta.

Existen tres tipos de métodos para llevar a cabo estos ensayos de proctor modificado, el método A, B y C de las cuales para el método A y B se usarán molde de 4 pulgadas de diámetro como mínimo donde se aplicará energía para compactar en 5 capas realizando golpes con el martillo o pisón y para el método C se empleará el molde de 6 pulgadas de diámetro aplicando energía para compactar en 5 capas con 56 golpes.

En la figura 12 se observa los equipos y/o herramientas a emplearse para el ensayo de proctor modificado estas estandarizadas y normadas en el manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones bajo la NTP 339.141 y la ASTM D 1557.



Figura 12. Herramientas para el ensayo de Proctor modificado

Equipos necesarios para realizar el ensayo de Proctor Modificado

Molde de 4 pulg que tenga un promedio de 0.4 mm de diámetro interior y 0.5 mm de altura.

Pisón o martillo para operar manualmente.

Balanza automatizada con aproximación de 1 gramo.

Horno que conserve temperaturas termostáticamente $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ C.

Regla metálica.

Herramienta de mezcla, cucharas, morteros, paleta, espátula.

Procedimientos del ensayo

Para el ensayo el primer paso es clasificar l muestra en proporción al caso en estudio un promedio de 16 kg de suelo seco para el método A y B, para el método C un promedio de 20 kg de suelo seco, para luego pasarlo por la malla N° 4 para poder determinar los porcentajes de modo que tenga vínculo con su respectivo pesado.

Se coloca la muestra en el recipiente para después ser combinada en proporciones iguales a la del agua para luego ser compactada en el molde mediante la aplicación de energía con el pisón de modo que esta compacte cada capa se realizaran con 12, 25 y 56 goles en 5 capas cada una cada capa aproximadamente de 5 cm. Después de obtener la compactación se procede a quitar el anillo y luego se enrasa la parte superior para determinar el peso total incluido con el peso del molde y el material para luego pesarlo en su totalidad.

Por último, se desarma el material de la muestra para luego seleccionar una parte de la muestra adecuada, después se llena la muestra en una tara para tener un peso adecuado en la balanza para después llevarlo al horno y ponerlo a secar a una temperatura de 110°C y diferenciar el porcentaje de humedad.

Para realizar los cálculos del contenido de agua se realizará de acuerdo al método empleado ya es el método A, B y C estas según la NTP 339.127. El peso unitario seco se calcula con las siguientes ecuaciones, para ello primero se calcula la densidad húmeda (ecuación 09), se segundo se calcula la densidad seca (ecuación 10) y seguidamente se calcula el peso unitario (ecuacion11) tal como se muestra a continuación:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_1 - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Ecuación N° 9

Dónde

P_m = densidad húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)

M_t = masa del espécimen húmedo y molde (Kg)

M_{md} = masa del molde de compactación (Kg)

V = volumen del molde de compactación (m³)

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2) \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 10$$

Dónde

P_d = densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³)

W = contenido de agua (%)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= 62,43 \rho_d \quad \text{en} \quad \text{Ldf/pie}^3 & (3) \\ \gamma_d &= 9,807 \rho_d \quad \text{en} \quad \text{KN/m}^3 & (3) \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 11 \end{aligned}$$

Dónde

Y_d = peso unitario seco del espécimen compactado

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4) \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 12$$

Dónde

W_{sat} = contenido de agua para una saturación completa (%)

Y_w = peso unitario del agua 9,80 KN/m³ ó (62,43 lbf/pie³)

Y_d = peso unitario del suelo

G_s = gravedad específica del suelo

California Baring Ratio (CBR) ASTM D 1883

Es el ensayo que determina el índice de resistencia de los suelos en relación al valor de soporte, este ensayo es muy conocido normalmente se llevan a cabo en laboratorios que contienen determinadas condiciones de humedad y densidad, así como también se podrían

llevar cabo en situ, pero también se puede aplicar en muestras de suelo inalteradas. “Este ensayo se emplea para conocer la resistencia total de la sub rasante, sub base y material base, el valor determinado de CBR obtenido es parte de los métodos de diseño para un determinado pavimento” (MTC, 2018, p.248).

El CBR de un suelo está en función al contenido de agua que compone y al grado de compactación estas dos etapas permiten diseñar y evaluar la estructura de un pavimento, tales como la sub rasante de caminos no pavimentadas, de ese modo se puede afirmar que el CBR es el parámetro principal de resistencia indicado ya que de ello dependerá la calidad de la estructura vial.

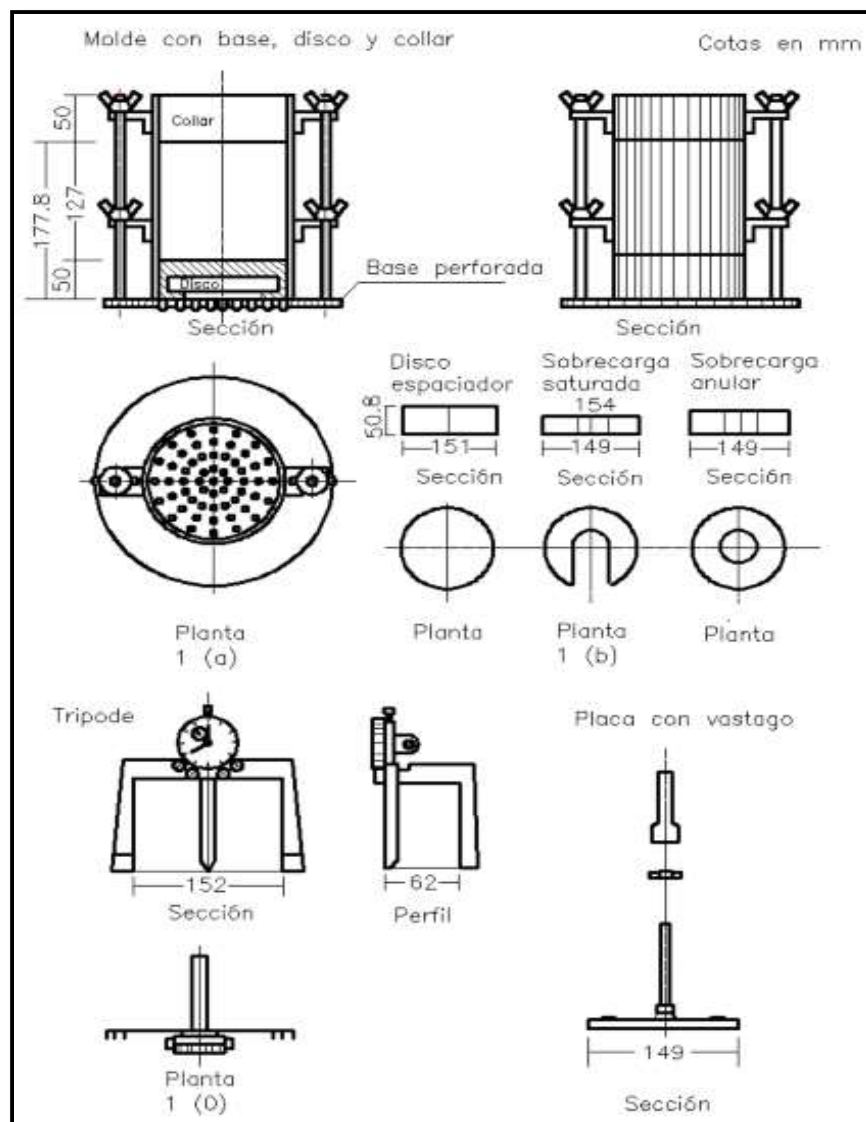


Figura 13. Herramientas para el ensayo de CBR.

Instrumentos para realizar el ensayo CBR

Gata mecánica de tornillo operado manualmente para aplicar carga en el pistón de penetración.

Anillos de carga, dos en total debidamente calibrados.

Pistón de penetración de 0,1 mm de diámetro y 102 mm de longitud.

Diales para medir la deformación de los anillos.

Soporte para el dial de penetración, trípode y dial deformímetro.

Molde de 6 pulg. con una altura de 7 pulg. Con un collar de 2 pulg.

Martillo con un peso de 10 lb y una altura de 18 pulg.

Pesas de 5 lb.

Pistón de 2 pulg.

Aparato para aplicar la carga, prensa hidráulica anular

Herramienta varia: balanza, horno, temperatura a 110°C, tanque para inmersión para saturar.

Procedimientos para el ensayo

El que se va ensayar pasa por el juego de tamices para ser zarandeado, de modo que, podamos conocer la granulometría del material que pasa por la malla N°40 estas muestras serán empleadas para el ensayo CBR, con una espátula se mezcla así formar una masa uniforme.

La muestra preparada se llena el molde para ser compactadas se realizará la compactación en 5 capas de aproximadamente de 5 cm cada capa, compactado con golpes necesarios de acuerdo a la norma, se emplea el martillo de modo que nos permita dar 12, 25 y 56 golpes por cada capa, seguidamente retira el collar de la parte superior para luego perfilar el molde que inicialmente se empleó, luego de ello se saca la muestra del molde para ser procesada.

Se pone el filtro en un plato graduable, las pesas se colocan en un plato o recipiente, se sumerge en un depósito de agua durante 4 días de tal manera que esta quede sumergida, se coloca un trípode con marcador tomando lectura cada 24 horas, después de las 96 horas se realizar una lectura final, las lecturas se tienen que realizar cada 0.025" con el equipo California Bearing Ratio con penetración de 0.1 pulgadas y 0.2 pulgadas de penetración tomando cada lectura del equipo. Analizamos la curva e penetración del ensayo y tenemos la resistencia de 0.1".

En la tabla 14 se muestra la penetración para definir la curva de saturación según su dimensión las cuales no son indispensable, pero si necesarios.

Tabla 15: *Tabla de estimación de penetración CBR.*

Penetración	
Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1.27	0,050
1.9	0,075
2.54	0,100
3.17	0,125
3.81	0,150
5.08	0,200
7.62	0,300
10.16	0,400
12.7	0,500

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC/2014.

Para realizar el cálculo de los informes se realizarán mediante las siguientes ecuaciones, para el porcentaje de agua a añadir se determinará mediante la ecuación 13, para el porcentaje de expansión se determinará mediante la ecuación 14, estos dependerán de los valores de penetración y presión establecidos en la tabla 14 donde se puede observar las características de la muestra patrón para calcular el índice del CBR.

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Ecuación 13

Dónde

H = Humedad prefijada

h = humedad natural

$$\% \text{ de expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Ecuación N° 14

Dónde

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Tabla 16: Características de la muestra patrón para calcular CBR.

Penetración		Presión		
mm	pulg.	Mn/m ²	Kgf/cm ²	Lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Fuente: Manual de ensayo de materiales MTC/14.

2.5 Métodos de Análisis de Datos

La recopilación de datos se realizó mediante la observación directa, por medio de ello se permitió visualizar los resultados de cada prueba ensayado en laboratorio, mediante el software del MS Excel se registró los resultados para que mediante diagramas realizar el análisis de manera sistemática y estadístico, de modo que, nuestra investigación sea coherente y conciso, “ El investigador es quien deberá elegir el tipo metodológico de análisis de datos, procesarlos de manera que se asemejan a su realidad, ya sea de manera cuantitativa o cualitativa, ya que, de ello dependerá la veracidad de los resultados” (Fernández, 2014, p.129).

2.6 Aspectos éticos

La elaboración de esta investigación se realizó en el marco de los aspectos técnicos y éticos utilizando los criterios analíticos, de modo que no vulneren ni manipulen los criterios de autoría para que la información sea confiable y concisa. Las fuentes de este proyecto de tesis fueron referenciadas según la norma ISO-690 respetando la autenticidad de los autores para dar fiabilidad este trabajo de investigación fue procesada y analizada mediante el software del turnitin, la cual certifica la privacidad y confidencialidad de la investigación como autoría propia.

III. RESULTADOS

Ubicación Geográfica

Nombre del proyecto:

La presente tesis tiene por título “Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de Bagacillo CB para el mejoramiento de la sub rasante de la av. Universitaria, Lima - 2019”.

Ubicación de la Zona de estudio:

La presente tesis se realizó en el distrito de Carabayllo, ubicada específicamente en la prolongación de la Av. Universitaria, cuya coordenada es 11°52'03.53"S con 77°01'09.17"O con una elevación de 235 msnm ubicada exactamente entre las progresivas 24 + 000 hasta la progresiva 25 +500.

El objetivo de la presente tesis es Determinar la influencia de la adición de ceniza de Bagacillo CB en porcentajes de 10%, 15% y 20%, en el mejoramiento de la estabilidad del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en las vías de acceso de la Av. Universitaria, 2019.

El área de influencia de la presente tesis, se encuentra ubicada en:

Región	:	Lima.
Departamento	:	Lima.
Provincia	:	Lima Metropolitana.
Región Geográfica	:	Costa.
Distrito	:	Carabayllo.

El Distrito de Carabayllo posee un total de 333.039 habitantes con una densidad de 960.1 hab/km² es uno de los distritos más extensos de la provincia de Lima, la población va en crecimiento con respecto a años anteriores, el distrito de Carabayllo limita por el sur con el distrito de Comas, por el norte con el distrito de Santa Rosa de Quives, por el este con el distrito de San Juan de Lurigancho y por el este con el distrito de Puente Piedra.

Localización geográfica del Proyecto



Figura 14. Ubicación del distrito de Carabaylo en el mapa del Perú



Figura 15. Ubicación del distrito de Carabaylo en el mapa de Lima Metropolitana

Accesibilidad a la Zona de Estudio:

Para llegar al área de intervención, partiendo desde la Plaza Bolognesi con rumbo Norte, se toma la Av. Alfonso Ugarte con dirección al norte, llegando a la Plaza Dos de Mayo; de ahí pasando hasta el ovalo Caquetá tomamos la salida hacia la Panamericana Norte siguiendo de frente hasta llegar al cruce con la Av. Universitaria, llegamos al inicio del cruce de la Av. Universitaria con la Panamericana Norte, hacemos recorrido toda la Av. Universitaria que inicia en el distrito de Comas hasta llegar al cruce con la Av. Manuel Prado del distrito de Carabaylo, a partir del cruce se inicia el área de estudio de la presente tesis.

Estado actual de la zona del proyecto:

La vía en estudio tiene las mismas características a lo largo del kilómetro y medio en estudio, por lo que, a continuación para un mejor análisis se describe el tráfico actual que generalmente está compuesto por el tráfico de carga pesada que es el que existe actualmente, tiene un crecimiento vegetativo, el tráfico que actualmente existe en la zona es el que deriva de los vehículos de carga pesada que circulan permanentemente acareando material de construcción de las canteras que existen en el margen del río Chillón.

Trabajo de Campo

Ubicación de las calicatas

Se realizaron 03 calicatas dentro del kilómetro y medio que comprende el estudio de la presente tesis, a cada uno de las calicatas se le asignó un código para reconocer objetivamente cada una de ellas, CS-01, CS-02 y CS-03.



Figura 16. Calicatas en situ CS-01, CS-02 y CS-03.

Cada uno de las calicatas se realizó a cada 500 m. una tras otra tal como lo indica el manual de carreteras y pavimentos del MTC, la calicata CS-01 se encuentra ubicada en la progresiva 24 + 500, la segunda calicata CS-02 se encuentra ubicada en la progresiva 25+000 y la tercera calicata CS-03 se encuentra en la progresiva 25+500, las cuales se desarrollaron respetando los procesos, procedimientos, normas y reglamento que están vinculadas a los ensayos de materiales, de modo que se realice los ensayos con objetividad.



Figura 17. Ubicación de las calicatas CS-01, CS-02 y CS-03.

Se determinó realizar los ensayos de laboratorio con la muestra obtenida en la calicata CS-02, esto debido a que se encuentra ubicada favorablemente en nuestra zona de estudio y cumple las mismas condiciones, características y propiedades físicas que las dos próximas calicatas CS-01 y CS-03.

Tabla 17: *Ubicación y descripción técnica de las calicatas*

Calicata	Progresiva	Profundidad	Lado	Coordenada
CS-01	24 + 500	1.5	DERECHO	77°01'13.76"O
CS-02	25 + 000	1.5	DERECHO	77°01'02.40"O
CS-03	25 + 500	1.5	DERECHO	77°01'01.32"O

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de Laboratorio

Se realizó 01 ensayos de granulometría (NTP 339.132, 2014) de la muestra de suelo de la calicata con código CS-02 para determinar su clasificación granulométrico de las partículas de la que está compuesta la muestra, se realizó la clasificación de suelos mediante el sistema AASTHO (NTP 339.135, 2014) y SUCS (NTP 339.134, 2014), así mismo se realizó 01 ensayo de límites de Atterberg para determinar el índice de plasticidad de la muestra de suelo en estado natural de la calicata CS – 02, dentro de este ensayo se realizó el análisis y estudio de limite líquido (MTC E-110, 2016) y limite plástico (MTC E-111, 2016) de las cuales se obtuvo el índice de plasticidad, si mismo se realizó el ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de del suelo (MTC E-113, 2016), seguidamente se realizó el ensayo para determinar el material que pasa por el tamiz N° 200 por el método “A” (NTP 339.132, 2014), de del mismo modo se realizó 04 ensayos de Proctor Modificado (MTC E-115, 2000) para determinar su máxima densidad seca y su humedad natural, se ensayara a la muestra, 01 ensayo de la muestra en estado natural, 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 10% de cenizas de Bagacillo CB, 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 15% de cenizas de Bagacillo CB y 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 20% de cenizas de Bagacillo CB, del mismo modo se realizara 04 ensayos de CBR (MTC E-132, 2000) para determinar su capacidad de resistencia del suelo se ensayará a la muestra, 01 ensayo de la muestra en estado natural, 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 10% de cenizas de Bagacillo CB, 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 15% de cenizas de Bagacillo CB y 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 20% de cenizas de Bagacillo CB, los ensayos se realizaron en el laboratorio del Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, bajo la Dirección General de Estudios Especiales de Ferrocarriles y Caminos.

La muestra de suelo CS-02 fue empleado para el desarrollo de la presente tesis fue tratada con mucho cuidado al momento de su manipulación de modo que esta no altere los resultados, el estudio se realizó respetando los parámetros establecidos dentro de la normas y los reglamento que definen los procedimientos estandarizados, los ensayos a la muestra de suelo se realizaron en el laboratorio de Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección de Estudios Especiales, cuyo resultado obtenido de los ensayos en laboratorio ha logrado analizar detalladamente cada uno de las características y propiedades de la muestra de suelo arcilloso obtenidas de la calicata con código CS-02.



Figura 18. Ensayos de la muestra CS-02 en laboratorio.



Figura 19. Ensayos de la muestra CS-02 + combinaciones CB.

Granulometría ASTM 422 - MTC E 107

En primer orden se llevó a cabo el ensayo de análisis granulométrico por tamizado (ASTM-422, MTC E 107, NTP 339.134-2014), este ensayo determino cuantitativamente las características físicas de las partículas que compone la muestra de suelo CS-02 en estado natural, clasificándolo y separándolo de acuerdo a su tamaño, se emplearon mallas de diferentes dimensiones de modo que estas determinaron el tamaño de las partículas.

Tabla 18: *Granulometría de la muestra de la calicata CS-02 en estado natural.*

Granulometría CS-02			
Tamiz #	mm	% retenido	% que pasa
>2"	76.2	0.0	100.0
2"	50.8	0.0	100.0
3/4"	19.05	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	100.0
N° 10	2.00	2.0	98.0
N° 40	0.426	5.0	95.0
N° 200	0.074	13.0	87.0
PASA N° 200		87.0	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 que comprende al análisis granulométrico por tamizado de la muestra de suelo de la calicata CS-02, donde se puede observar que el porcentaje de las partículas que pasa por el tamiz N° 200 es del 87 %, la cual indica que la muestra de suelo de la calicata CS-02, cumple con los requerimientos estandarizados en la norma ASTM 422 – MTC 107 y norma NTP 339.132 - 2014, que indica que más del 50 % de finos deben pasar por el tamiz N° 200 para considerarse como arcilla según su clasificación.

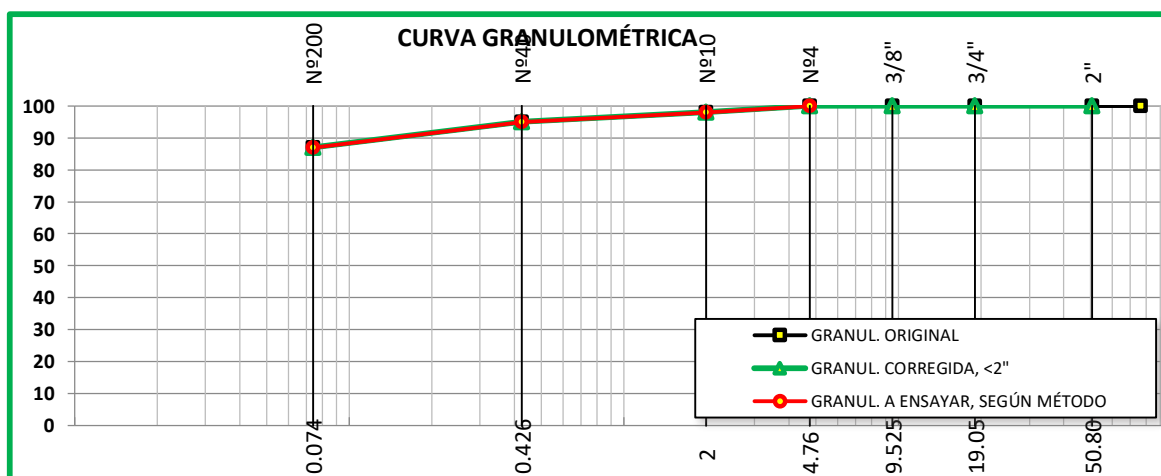


Figura 20: Curva de la granulometría de la muestra de la calicata CS-02 en estado natural.

De acuerdo a la estratigrafía 20 se observa que por el tamiz >2", N° 2", N° ¾", N° 3/8" y N° 4" el porcentaje de partículas que pasa es el 100% desde dicho punto como inicio de curvatura, en el tamiz N° 10 el porcentaje de partículas que pasa es del 98 %, en el tamiz N° 40 el porcentaje de partículas que pasa es del 95 % y en el tamiz N° 200 el porcentaje de partículas que pasa es del 87 %, los requisitos establecidos en las normas ASTM 4221 indica que más del 50 % de finos deben pasar por el tamiz N° 200 para considerarse como arcilla por tanto la muestra CS – 02 ensayada en laboratorio es suelo arcilloso.

De la muestra de suelo CS – 02 ensayada en laboratorio se determinó la clasificación de suelo mediante el sistema SUCS (NTP 339.134-2014) y AASHTO (NTP 339.135-2014) la cual como resultado estableció como signo convencional CL en el sistema de clasificación de SUCS y como resultado estableció como signo convencional A-6 (11) en el sistema AASHTO, de ese mismo modo se pudo calcular el contenido de humedad de la muestra CS-02 en estado natural, tal como podemos observar en la tabla 18.

Tabla 19: Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de la CS-02.

Muestra	Progresiva	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad
CS -02	25 + 000	CL	A-6 (11)	13 %

Fuente: Elaboración propia.

Límite de Atterberg ASTM 4318

Se realizó a la muestra de suelo CS-02 los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de plasticidad, estos resultados obtenidos en el ensayo es de gran importancia para poder determinar la clasificación del suelo en estudio, de modo que, se pueda determinar y conocer sus características físicas y mecánicas para poderlas mejorar, en la tabla 19 se observa los resultados del ensayo de límites de Atterberg, el resultado de la muestra ensayada determino que el limite líquido de la muestra CS-02 es de 35%, el limite plástico es del 23% de modo que la diferencia de ambas nos dio como resultado que el índice de plasticidad es del 12% por lo que corresponde según la clasificación de suelos a un suelo arcilloso que está en el rango de $IP \leq 20$ a $IP > 7$ determinado con una plasticidad media.

Tabla 20: Resultado de limite líquido, limite plástico y índice de plasticidad de CS-02.

Muestra	Progresiva	Limite Liquido (LL)	Limite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
CS -02	25 + 000	35 %	23 %	12 %

Fuente: Elaboración propia.

Proctor modificado ASTM D 1557

Para realizar el ensayo de Proctor Modificado se tuvo como referencia emplear el método “A”, a través del método mencionado se determinó el contenido de humedad con relación a su densidad seca donde se pudo determinar la curva de compactación, para tener en cuenta como primer paso es importante conocer el peso específico de la muestra CS-02 en estado natural, con adición del Cenizas de Bagacillo CB del 10 % 15 % y 20 %, de modo que se puedo conocer objetivamente el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima seca.

Tabla 21: Resultado de compactación con energía modificada - Proctor Modificado CS-02.

Muestra	Identificación	Humedad Optima	Densidad Máxima Seca (grs/cm ³)
CS - 02	Estado natural	13.20%	1.838
CS - 02	10 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB	13.30%	1.812
CS - 02	15 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB	13.40%	1.801
CS - 02	20 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB	14.10%	1.794

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20 se observa los resultados del ensayo de Proctor Modificado ensayado a la muestra de suelo CS-02 en estado natural, de la cual se determinó que el óptimo contenido de humedad para dicha muestra es de 13.20 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.838 grs/cm³, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo CS-02 más la adición del 10 % de Cenizas de Bagacillo CB su optimo contenido de humedad es 13.30 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.812 grs/cm³, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo CS-02 más la adición del 15 % de Cenizas de Bagacillo CB su optimo contenido de humedad es 13.40 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.801 grs/cm³, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo CS-02 más la adición del 20 % de Cenizas de Bagacillo CB, su optimo contenido de humedad es 14.10 % en relación

a su máxima densidad seca que es de 1.74 gr/cm³, de la cual se puede definir que es una suelo de mediana plasticidad por lo que retienen mayor humedad.

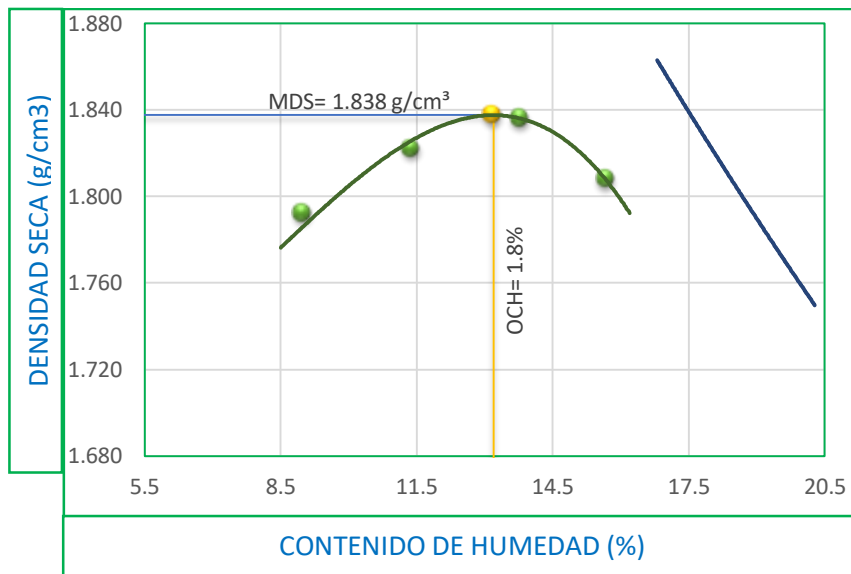


Figura 21: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima del suelo natural.

En la estratigrafía 21 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo CS-02 en estado natural sin adición de ningún aditivo donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 13.2% y la máxima densidad seca es de 1.838 gr/cm³.

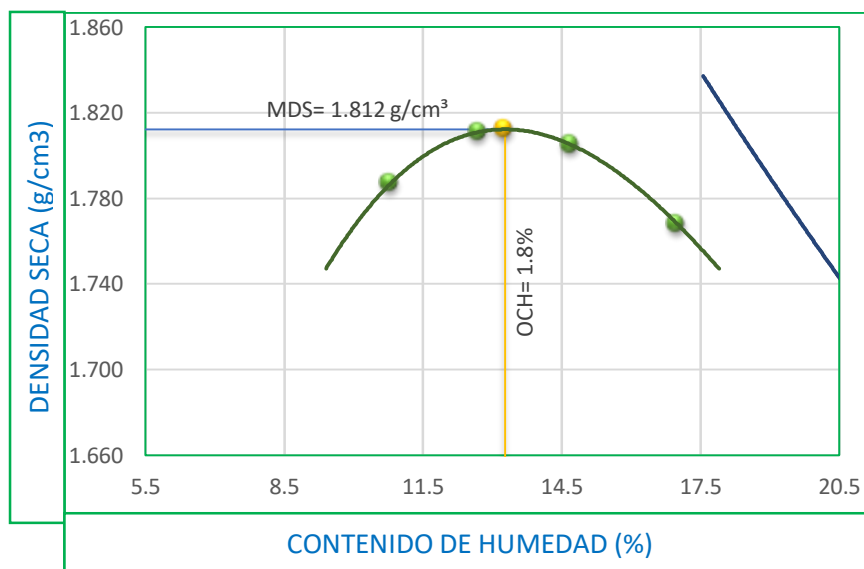


Figura 22: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra CS-02 + 10 % de Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 22 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo CS-02 con adición del 10 % de Cenizas de Bagacillo CB, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 13.3% y la máxima densidad seca es de 1.812 gr/cm³.

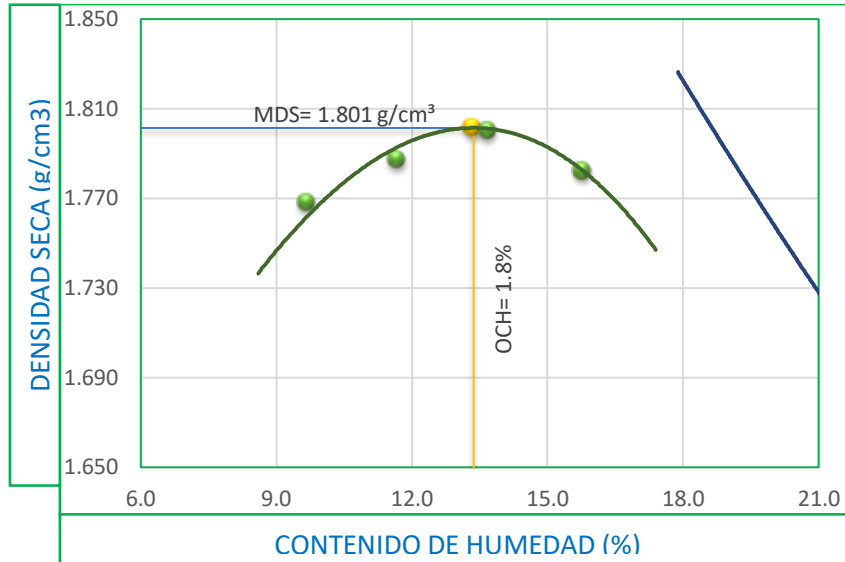


Figura 23: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra CS-02 + 15 % de Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 23 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo CS-02 con adición del 15 % de Cenizas de Bagacillo CB, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 13.4% y la máxima densidad seca es de 1.801 gr/cm³.

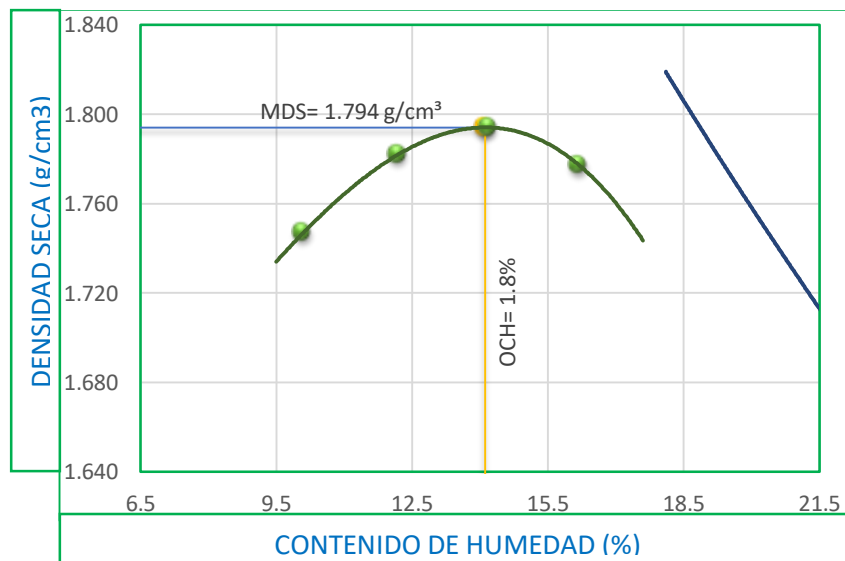


Figura 24: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra CS-02 + 20 % de Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 24 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo CS-02 con adición del 15 % de Cenizas de Bagacillo CB, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 14.1% y la máxima densidad seca es de 1.794 grs/cm³.

Tabla 22: Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra CS-02 + dosificaciones de 10%, 15% y 20% Cenizas de Bagacillo CB.

Condición de la muestra	Humedad Óptima	Densidad Máxima Seca (grs/cm ³)
CS - 02 Estado Natural	13.20%	1.838
CS-02 + 10 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB	13.30%	1.812
CS-02 + 15 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB	13.40%	1.801
CS-02 + 20 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB	14.10%	1.794

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21 se observa los resultados de compactación con energía modificada - Proctor Modificado los valores que se muestra con respecto al óptimo contenido de humedad en relación a la máxima densidad seca de la muestra de suelo CS – 02, el comportamiento varia favorablemente de acuerdo a las combinaciones de la muestra con respecto a la adición de Cenizas de Bagacillo CB en porcentajes del 10%, 15% y 20 % mientras se adiciona en mayores porcentajes mayor será la mejora de compactación de suelo, en la muestra de suelo CS-02 en estado natural el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 13.20% con relación a su óptima contenido de humedad de 1.838 grs/cm³, en la dosificación CS-02 + 10 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 13.30% con relación a su óptima contenido de humedad de 1.812 grs/cm³, en la dosificación CS-02 + 15 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 13.40% con relación a su óptima contenido de humedad de 1.801 grs/cm³ y en la dosificación CS-02 + 20 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 14.10% con relación a su óptima contenido de humedad de 1.794 grs/cm³.

California Baring Ratio (CBR) ASTM D 1883

De los ensayos que se realizó a la muestra de suelo CS-02 el ensayo de CBR es el más importante, ya que es este ensayo quien determina la capacidad portante del suelo para ser empleada como sub rasante en el diseño de carreteras, se realizó el ensayo de CBR a la muestra CS-02 en estado natural, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 21.

Tabla 23: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 en estado natural – CBR.

Muestra CS-02 en estado natural embebido en agua 4 días			
Condición de la muestra ensayada	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
Energía de compactación	27.7 Kg*cm/cm ³	12.2 Kg*cm/cm ³	6.1 Kg*cm/cm ³
Densidad seca (antes de ser remojada)	1.842 g/cm ³	1.763 g/cm ³	1.602 g/cm ³
Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
Expansión (hinchamiento)	7.79 %	9.06 %	4.48 %
Humedad (antes de la compactación)	13.0 %	13.1 %	13.2 %
Humedad de penetración	20.2 %	23.3 %	27.5 %
Absorción	7.2 %	10.2 %	14.3 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.842 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.0%, humedad de penetración es de 20.2%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 7.8% y una absorción de 7.2%, para el espécimen n° 02 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.763 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.1%, humedad de penetración es de 23.3%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 9.1% y una absorción de 9.1%, el espécimen n° 03 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.602 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.2%,

humedad de penetración de 27.5%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 7.5% y una absorción de 14.3%.

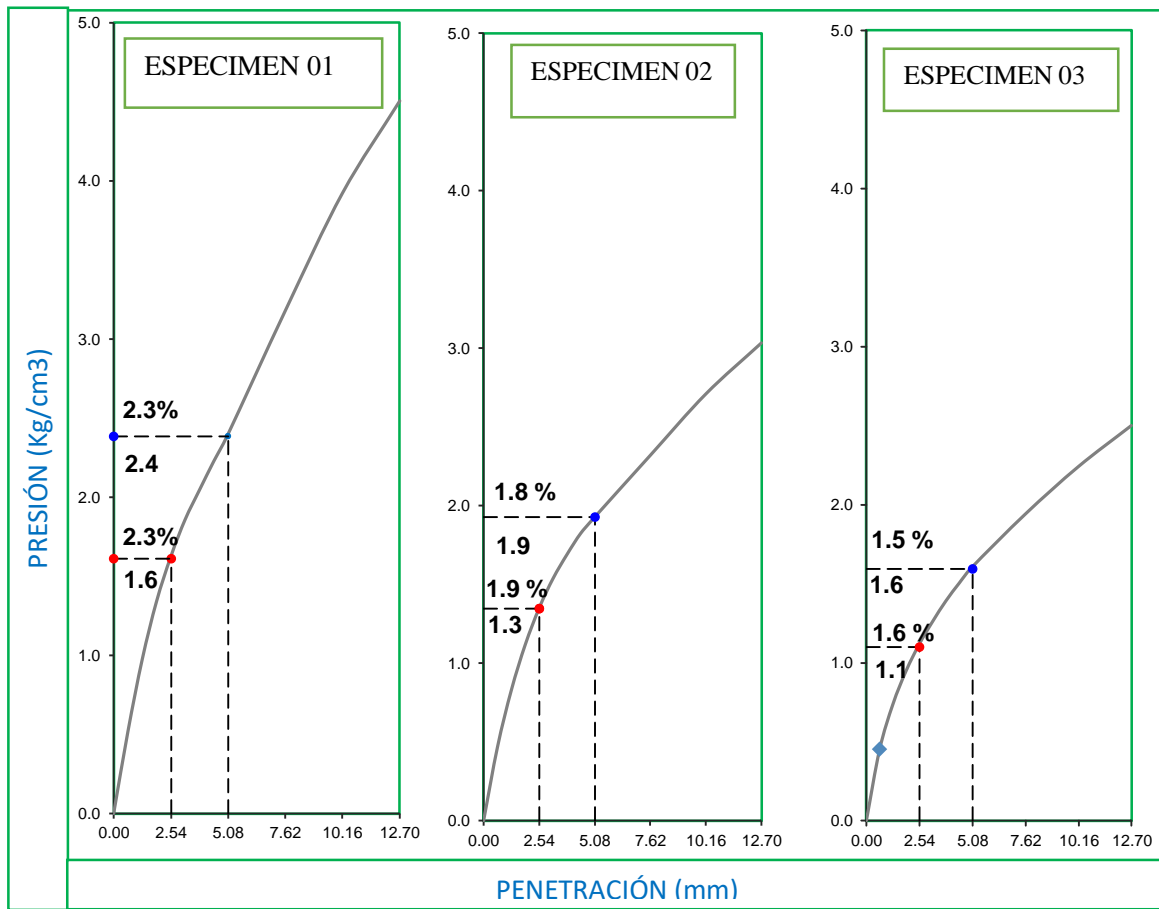


Figura 25: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 en estado natural.

En la estratigrafía 25 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados la cual forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen n° 01 se observa como resultado una presión ejercida de 2.4kg/cm³ con un porcentaje de 2.3% en relación a una penetración de 0.2", una presión de 1.6kg/cm³ con un porcentaje de 2.3% en relación a una penetración de 0.1", en el espécimen n° 02 se observa como resultado una presión ejercida de 1.9kg/cm³ con un porcentaje de 1.8% en relación a una penetración de 0.2", una presión de 1.3kg/cm³ con un porcentaje de 1.9% en relación a una penetración de 0.1", en el espécimen n° 03 se observa como resultado una presión ejercida de 1.6kg/cm³ con un porcentaje de 1.5% en relación a una penetración de 0.2" y una presión de 1.1kg/cm³ con un porcentaje de 1.6% en relación a una penetración de 0.1"

Tabla 24: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 en estado natural.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
CS - 02	Suelo Natural	0.1"	2.3%	1.9%
CS - 02	Suelo Natural	0.2"	2.2%	1.8%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 se observa el resultado de la muestra CS-02 en estado natural, el ensayo de CBR al 100% determino 2.3% de CBR para una penetración de 0.1” y 2.2% de CBR para una penetración de 0.2”, así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 1.9% de CBR para una penetración de 0.1” y 1.8% de CBR para una penetración de 0.2” por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada inadecuada para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que $CBR < 3\%$ es igual a sub rasante inadecuada como se observa en la tabla 4.

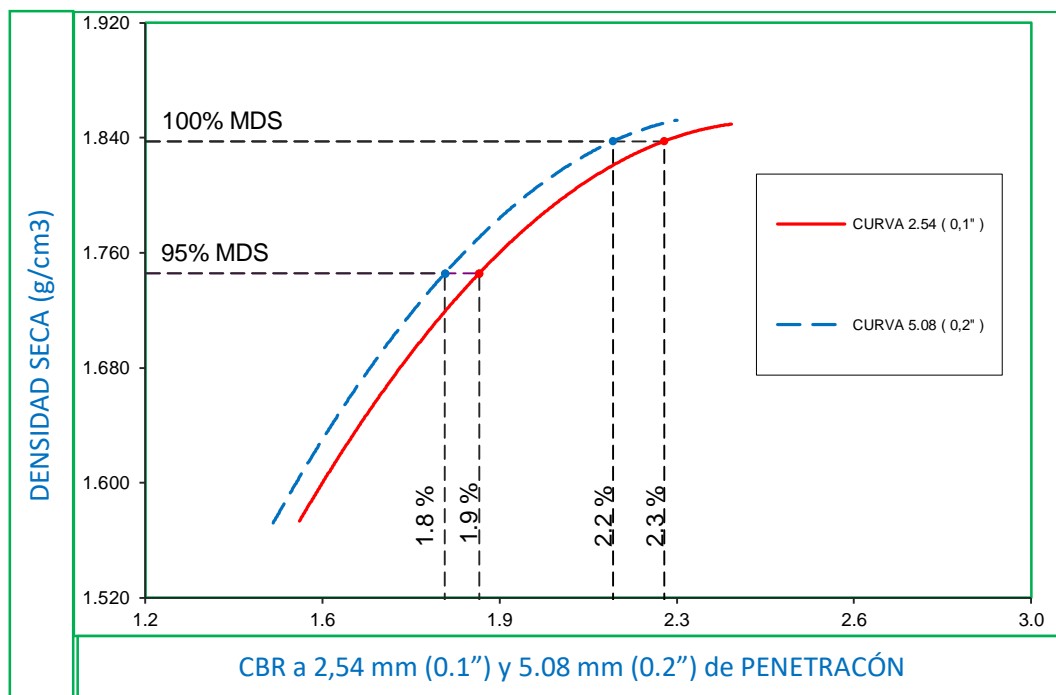


Figura 26: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 en estado natural.

En la estratigrafía 26 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 1.840g/cm³, el CBR es de 2.3% y 1,9% para una penetración de 0.1”, por consiguiente, para el CBR al 95% la

máxima densidad seca es de 1.720g/cm³, el CBR es de 2.2% y 1,8% para una penetración de 0.2”, por lo que estos valores determinan una sub rasante inadecuada.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra CS-02 con adición de 10% de Cenizas de Bagacillo CB, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 23.

Tabla 25: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 +10 % CB – CBR.

Muestra CS-02 + 10 % de Cenizas de Bagacillo CB embebido en agua 4 días			
Condición de la muestra ensayada	Especimen N° 01	especimen n° 02	especimen n° 03
Energía de compactación	27.7 Kg*cm/cm ³	12.2 Kg*cm/cm ³	6.1 Kg*cm/cm ³
Densidad seca (antes de ser remojada)	1.805 g/cm ³	1.730 g/cm ³	1.661 g/cm ³
Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
Expansión (hinchamiento)	6.1%	5.41%	4.54%
Humedad (antes de la compactación)	13.1%	13.3%	13.2%
Humedad de penetración	19.8%	21.1%	24.8%
Absorción	6.7%	7.8%	11.6%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 24 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 con adición de 10 % de Cenizas de Bagacillo CB, embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.805 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.1%, humedad de penetración es de 19.8%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 6.1% y una absorción de 6.7%, para el espécimen n° 02 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.730 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.3%, humedad de penetración es de 21.1%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 5.41% y una absorción de 7.8%, el espécimen n° 03 la densidad seca antes de ser mojada

es de 1.661 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.2%, humedad de penetración de 24.8%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 4.54% y una absorción de 11.6%.

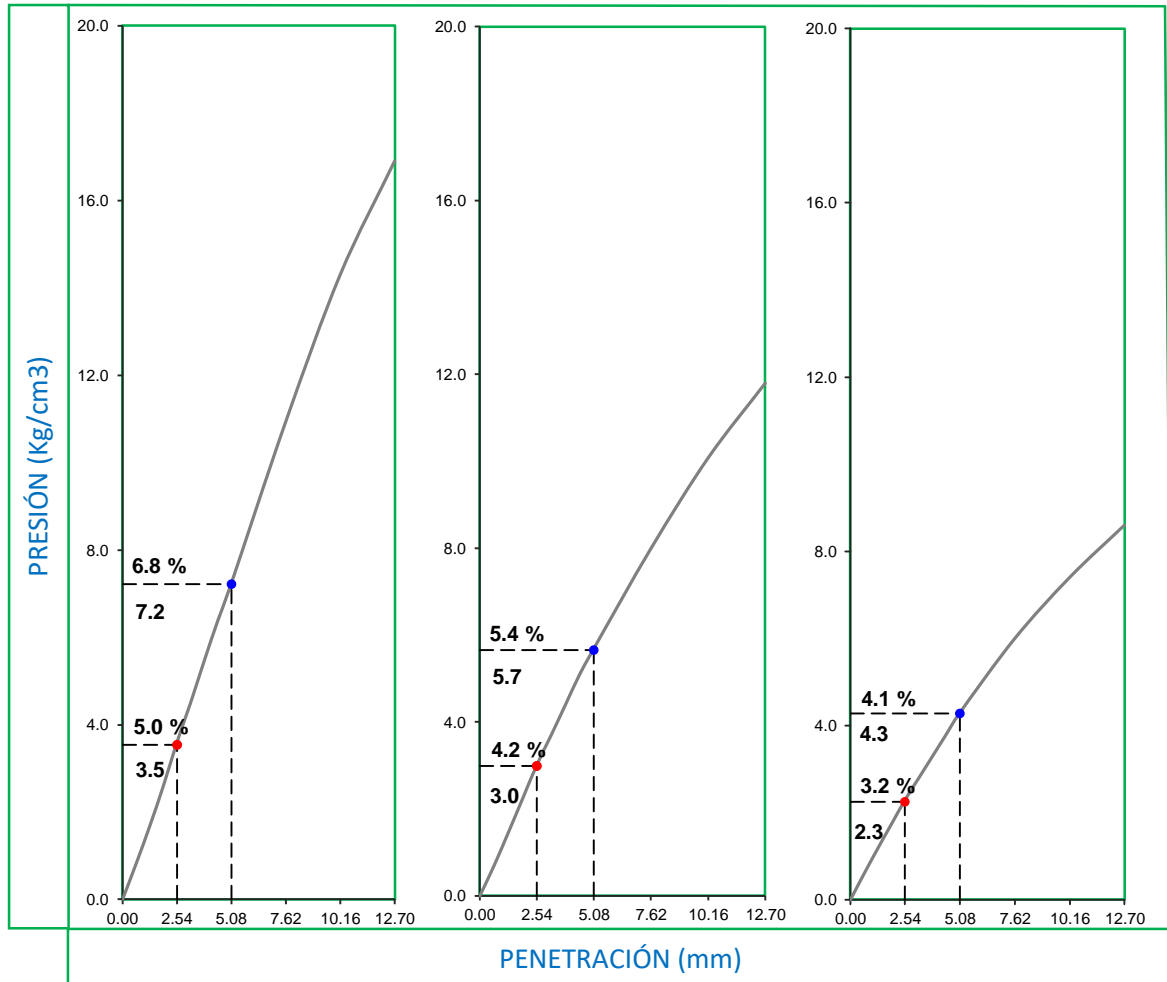


Figura 27: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 + 10% Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 27 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 con adición de 10 % de Cenizas de Bagacillo CB, ensayados la cual forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen n° 01 se observa como resultado una presión ejercida de 7.2kg/cm³ con un porcentaje de 6.8% en relación a una penetración de 0.2", una presión de 3.5kg/cm³ con un porcentaje de 5.0% en relación a una penetración de 0.1", en el espécimen n° 02 se observa como resultado una presión ejercida de 5.7kg/cm³ con un porcentaje de 5.4% en relación a una penetración de 0.2", una presión de 3.0kg/cm³ con un porcentaje de 4.2% en relación a una penetración de

0.1", en el espécimen n° 03 se observa como resultado una presión ejercida de 4.3kg/cm³ con un porcentaje de 4.1% en relación a una penetración de 0.2" y una presión de 2.3kg/cm³ con un porcentaje de 3.2% en relación a una penetración de 0.1".

Tabla 26: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 10 % de CB.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
CS - 02	CS-02 + 10 % CB	0.1"	5,3%	4.1%
CS - 02	CS-02 + 10 % CB	0.2"	6.8%	5.2%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25 se observa el resultado de la muestra CS-02 con adición de 10 % de Cenizas de Bagacillo CB, el ensayo de CBR al 100% determino 5.3% de CBR para una penetración de 0.1" y 6.8% de CBR para una penetración de 0.2", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 4.1% de CBR para una penetración de 0.1" y 5.2% de CBR para una penetración de 0.2" por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada inadecuada para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que el CBR ≥ 6 % A CBR < 10 % es igual a una sub rasante regular como se observa en la tabla 4.

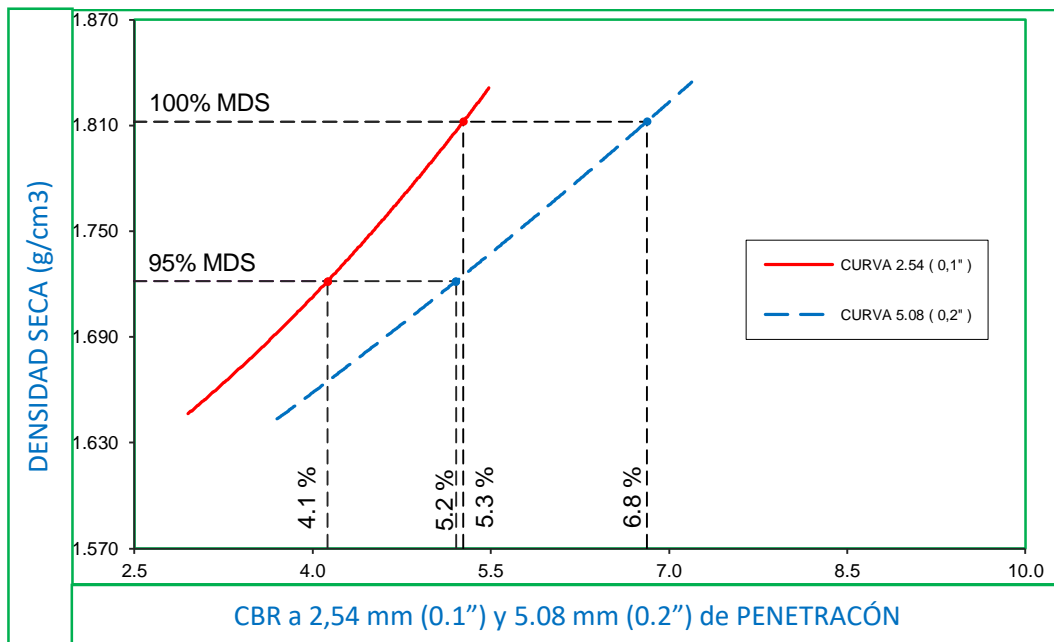


Figura 28: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 + 10% Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 28 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 1.812g/cm³, el CBR es de 5.3% y 4.1% para una penetración de 0.1”, por consiguiente, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 1.730g/cm³, el CBR es de 6.8% y 5.2% para una penetración de 0.2”, por lo que estos valores determinan una sub rasante inadecuada.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra CS-02 con adición de 15% de Cenizas de Bagacillo CB, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 25.

Tabla 27: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 +15 % CB – CBR.

Muestra CS-02 + 15 % de Cenizas de Bagacillo CB embebido en agua 4 días			
Condición de la muestra ensayada	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
Energía de compactación	27.7 Kg*cm/cm ³	12.2 Kg*cm/cm ³	6.1 Kg*cm/cm ³
Densidad seca (antes de ser remojada)	1.803 g/cm ³	1.716g/cm ³	1.661 g/cm ³
Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
Expansión (hinchamiento)	1.89%	3.92%	3.15%
Humedad (antes de la compactación)	13%	13.0%	13.5%
Humedad de penetración	18.0%	22.7%	22.9%
Absorción	4.6%	9.7%	9.4%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 26 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 con adición de 15 % de Cenizas de Bagacillo CB, embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.803 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.1%, humedad de penetración es de 18.0%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 1.89% y una absorción de 4.6%, para el espécimen n° 02 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.716 g/cm³,

humedad antes de la compactación es de 13.0%, humedad de penetración es de 22.7%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 3.92% y una absorción de 9.7%, el espécimen n° 03 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.661 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.5%, humedad de penetración de 22.9%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 3.15% y una absorción de 9.4%.

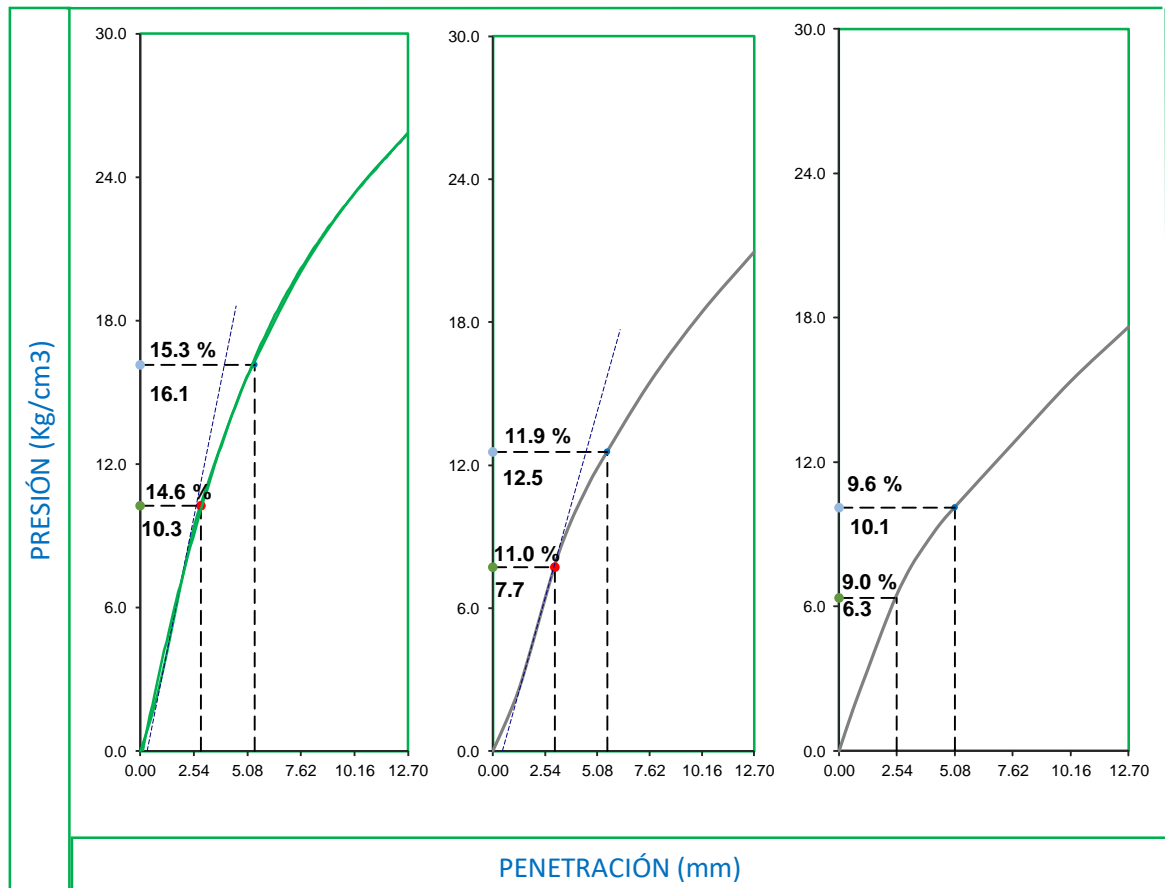


Figura 29: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 + 15% Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 29 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 con adición de 15 % de Cenizas de Bagacillo CB, ensayados la cual forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen n° 01 se observa como resultado una presión ejercida de 16.1kg/cm³ con un porcentaje de 15.3% en relación a una penetración de 0.2", una presión de 10.3kg/cm³ con un porcentaje de 14.6% en relación a una penetración de 0.1", en el espécimen n° 02 se observa como resultado una presión ejercida de 12.5kg/cm³ con un porcentaje de 11.9% en relación a una

penetración de 0.2", una presión de 7.7kg/cm³ con un porcentaje de 11.0% en relación a una penetración de 0.1", en el espécimen n° 03 se observa como resultado una presión ejercida de 10.1kg/cm³ con un porcentaje de 9.6% en relación a una penetración de 0.2" y una presión de 6.3kg/cm³ con un porcentaje de 9.0% en relación a una penetración de 0.1".

Tabla 28: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 15 % de CB.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
CS - 02	CS-02 + 15 % CB	0.1"	14.4%	10.9%
CS - 02	CS-02 + 15 % CB	0.2"	15.2%	11.7%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 27 se observa el resultado de la muestra CS-02 con adición de 15 % de Cenizas de Bagacillo CB, el ensayo de CBR al 100% determino 14.4% de CBR para una penetración de 0.1" y 15.2% de CBR para una penetración de 0.2", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 10.9% de CBR para una penetración de 0.1" y 11.7% de CBR para una penetración de 0.2" por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada inadecuada para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que el CBR ≥ 10 % A CBR < 20 % es igual a una sub rasante buena como se observa en la tabla 4.

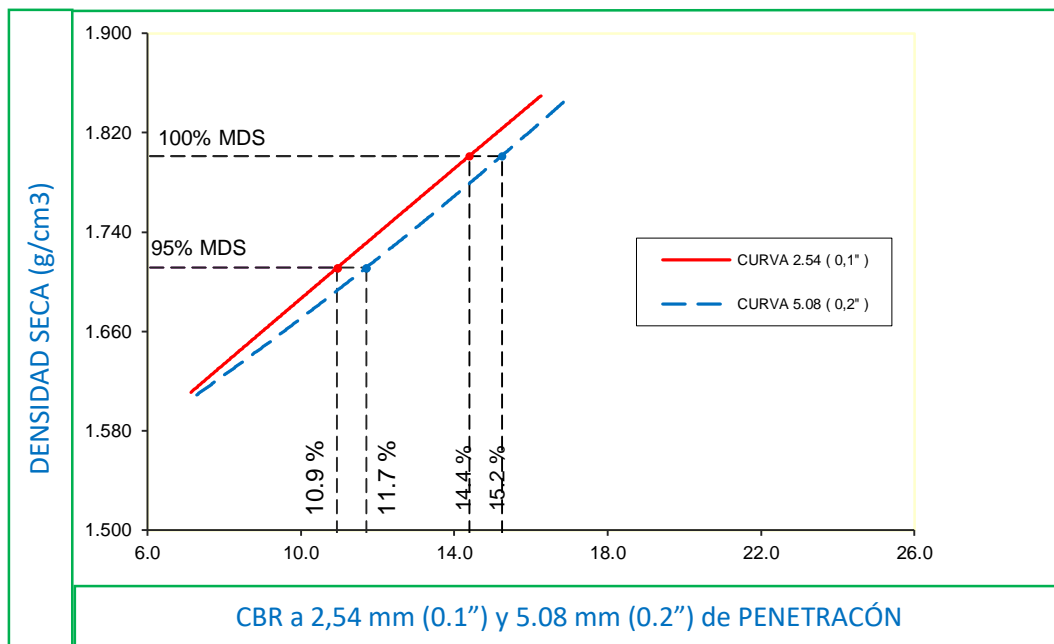


Figura 30: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 + 15% Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 30 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 1.803g/cm³, el CBR es de 14.4% y 15.2% para una penetración de 0.1”, por consiguiente, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 1.716g/cm³, el CBR es de 11.7% y 10.9% para una penetración de 0.2”, por lo que estos valores determinan una sub rasante inadecuada.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra CS-02 con adición de 20% de Cenizas de Bagacillo CB, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 27.

Tabla 29: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-02 +20 % CB – CBR.

Muestra CS-02 + 20 % de Cenizas de Bagacillo CB embebido en agua 4 días			
Condición de la muestra ensayada	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
Energía de compactación	27.7 Kg*cm/cm ³	12.2 Kg*cm/cm ³	6.1 Kg*cm/cm ³
Densidad seca (antes de ser remojada)	1.791 g/cm ³	1.703 g/cm ³	1.598 g/cm ³
Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
Expansión (hinchamiento)	3.17%	3.94%	3.95%
Humedad (antes de la compactación)	14%	13.8%	14.3%
Humedad de penetración	21.2%	26.0%	27.0%
Absorción	7.2%	12.2%	12.7%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 28 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 con adición de 20 % de Cenizas de Bagacillo CB, embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.791 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 14.0%, humedad de penetración es de 21.2%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 3.17% y una absorción de

7.2%, para el espécimen n° 02 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.703 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 13.8%, humedad de penetración es de 26.0%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 3.94% y una absorción de 12.2%, el espécimen n° 03 la densidad seca antes de ser mojada es de 1.598 g/cm³, humedad antes de la compactación es de 14.3%, humedad de penetración de 27.0%, todas ellas sometidas a la energía de compactación, dando como resultado la expansión del suelo en 3.95% y una absorción de 12.7%.

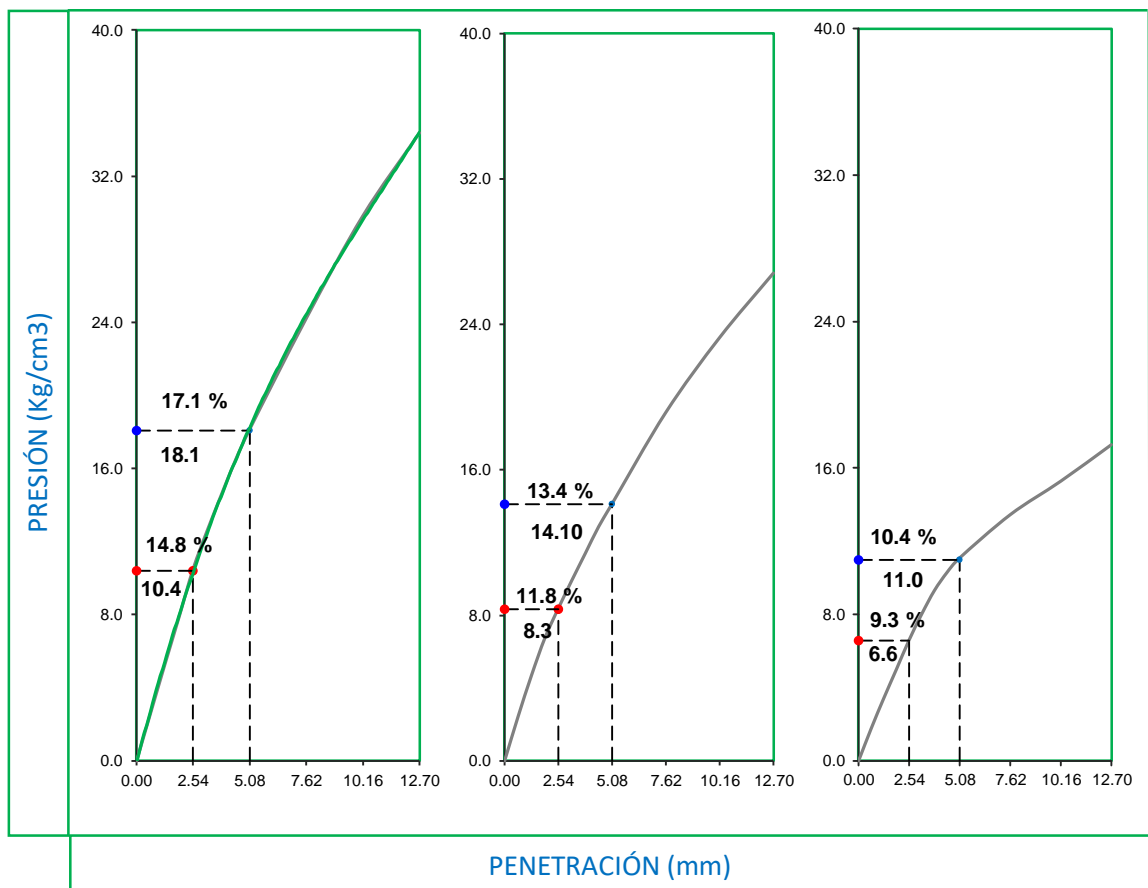


Figura 31: Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 + 20% Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 31 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados a la muestra CS-02 con adición de 20 % de Cenizas de Bagacillo CB, ensayados la cual forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración, en el espécimen n° 01 se observa como resultado una presión ejercida de 18.1kg/cm³ con un porcentaje de 17.1% en relación a una penetración de 0.2", una presión de 10.4kg/cm³ con un porcentaje de 14.8% en relación a una penetración de 0.1", en el espécimen n° 02 se observa como resultado una presión ejercida de 14.10kg/cm³ con un porcentaje de 13.4% en relación a una

penetración de 0.2”, una presión de 8.3kg/cm³ con un porcentaje de 11.8% en relación a una penetración de 0.1”, en el espécimen n° 03 se observa como resultado una presión ejercida de 11.0kg/cm³ con un porcentaje de 10.4% en relación a una penetración de 0.2” y una presión de 6.6kg/cm³ con un porcentaje de 9.3% en relación a una penetración de 0.1”.

Tabla 30: Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 20 % de CB.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
CS - 02	CS-02 + 20 % CB	0.1"	14.9%	11.9%
CS - 02	CS-02 + 20 % CB	0.2"	17.3%	13.4%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se observa el resultado de la muestra CS-02 con adición de 20 % de Cenizas de Bagacillo CB, el ensayo de CBR al 100% determino 14.9% de CBR para una penetración de 0.1” y 17.3% de CBR para una penetración de 0.2”, así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 11.9% de CBR para una penetración de 0.1” y 13.4% de CBR para una penetración de 0.2” por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada inadecuada para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas – MTC, que establece que el CBR ≥ 10 % A CBR < 20 % es igual a una sub rasante buena como se observa en la tabla 4.

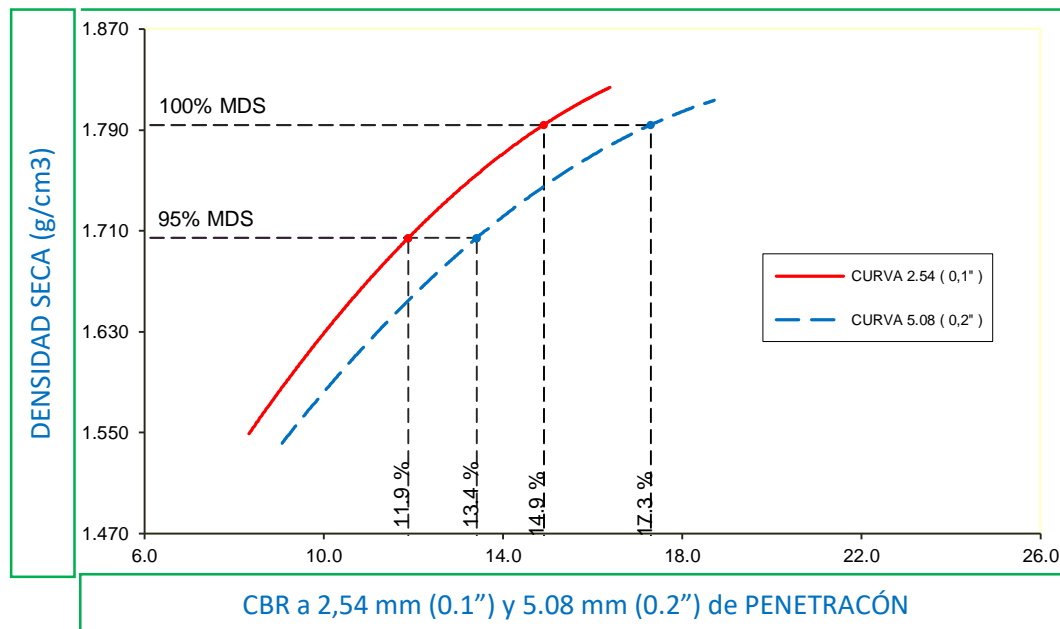


Figura 32: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 + 20% Cenizas de Bagacillo CB.

En la estratigrafía 32 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 1.803g/cm³, el CBR es de 14.9% y 11.9% para una penetración de 0.1", por consiguiente, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 1.716g/cm³, el CBR es de 17.3% y 13.4% para una penetración de 0.2", por lo que estos valores determinan una sub rasante inadecuada.

Tabla 31: Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra CS-02 + dosificaciones de 10%, 15% y 20% de Cenizas de Bagacillo CB.

Ensayo de CBR	CBR al 100 %		CBR al 95 %	
	Penetración 0.1"	Penetración 0.2"	Penetración 0.1"	Penetración 0.2"
CS - 02 Estado Natural	2.3%	2.2%	1.9%	1.8%
CS-02 + 10 % de adición de CB	5.3%	6.8%	4.1%	5.2%
CS-02 + 15 % de adición de CB	14.4%	15.2%	10.9%	11.7%
CS-02 + 20 % de adición de CB	14.9%	17.3%	11.9%	13.1%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se observa los resultados de ensayo de CBR los valores que se muestra están en relación a la dimensión de penetración con al porcentaje de CBR, el comportamiento vario favorablemente de acuerdo a las combinaciones de la muestra con respecto a la adición de Cenizas de Bagacillo CB en porcentajes del 10%, 15% y 20 % mientras se adiciona en mayores porcentajes, mayor será la mejora de resistencia del suelo. En la muestra de suelo CS-02 en estado natural el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 2.3% de CBR, así mismo con penetración de 0.2" dio valor 2.2% de CBR, as mismo el ensayo de CBR al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 1.9% de CBR, así mismo con penetración de 0.2" dio valor 1.8% de CBR, en la dosificación CS-02 + 10 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 5.3% de CBR, así mismo con penetración de 0.2" dio valor 6.8% de CBR, as mismo el ensayo de CBR al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 4.1% de CBR, así mismo con penetración de 0.2" dio valor 5.2% de CBR, en la dosificación CS-02 + 15 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 14.4% de CBR, así mismo con penetración de 0.2" dio valor 15.2% de CBR, as mismo el ensayo de CBR al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 10.9% de CBR, así mismo con penetración de 0.2" dio valor 11.7% de CBR, en la dosificación CS-02 + 20 % de adición de Cenizas de Bagacillo CB el

ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1” dio valor 14.9% de CBR, así mismo con penetración de 0.2” dio valor 17.3% de CBR, as mismo el ensayo de CBR al 95 % con penetración de 0.1” dio valor 11.9% de CBR, así mismo con penetración de 0.2” dio valor 13.1% de CBR,

Contrastación de hipótesis

Con los resultados obtenidos en laboratorio de suelos del MTC y representadas en las figuras de estos, se aprueba la hipótesis que la adición de Cenizas de Bagacillo CB, influye de manera positiva en la estabilización de suelo arcilloso para uso como sub rasante en las vías de la Av. Universitaria, 2019, el porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento de la estabilidad de los suelos arcillosos es del 15 % de Cenizas de Bagacillo CB.

Con las figuras elaboradas sustentada en base a los resultados obtenido en laboratorio, con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso, se comprueba que las cenizas de Bagacillo CB, influyen de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas de suelo arcilloso para uso como sub rasante en las vías de la Av. Universitaria, 2019.

Por medio del ensayo de Proctor Modificado se obtuvo resultados, las cuales se representaron en figuras, de estos, se afirma la hipótesis que la adición de ceniza de Bagacillo CB influye de manera efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y optimo contenido de humedad e suelos arcillosos para uso como sub rasante en las vías de la Av. Universitaria, 2019, el porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y optimo contenido de humedad de los suelos arcillosos es del 15 % de Cenizas de Bagacillo CB.

Por medio del ensayo de CBR se obtuvo resultados, las cuales se representaron en figuras de estos, se afirma la hipótesis que la adición de ceniza de Bagacillo CB influye de manera efectiva en el mejoramiento de la resistencia de suelos arcillosos para uso como sub rasante en las vías de la Av. Universitaria, 2019, el porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento efectivo de la resistencia de los suelos arcillosos es del 15 % de Cenizas de Bagacillo CB.

IV. DISCUSIÓN

OG. Determinar la influencia de la adición de ceniza de Bagacillo CB en porcentajes de 10%, 15 % y 20 %, en el mejoramiento de la estabilidad del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en las vías de acceso de la Av. Universitaria, 2019.

En la investigación de Salas y Pinedo (2016), titulado “Cenizas de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de la sub rasante”, los autores buscaron determinar la estabilización de suelos arcillosos a través de la adición cenizas de Bagazo de caña, los tesisistas obtuvieron mejoras positivas en la estabilización de la sub base, debido a que combinaron a su muestra con de cenizas de bagazo de caña en dosificaciones del 5%, 10%, y 15%, estos en función a su peso específico del suelo arcilloso,

Mientras que en la presente investigación a diferencia de los dos autores se empleó el 10%, 15% y 20% de Cenizas de Bagacillo CB, las cuales como resultado determinaron que las Cenizas de Bagacillo CB influyen positivamente en el mejoramiento de la estabilidad de suelos arcillosos para su uso como sub rasante, es decir las Cenizas de Bagacillo CB es un aditivo estabilizador que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso.

En ese sentido comparando resultados a pesar de la diferencia de combinación en la dosificación de porcentajes se define que las Cenizas de Bagacillo CB es un aditivo estabilizador que influye positivamente en mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso, por tanto, se puede corroborar que la información determinada por Salas y Pinedo y la presente tesis tienen relación, ya que, ambas investigaciones otorgan valiosa información.

O1. Determinar las características del suelo arcilloso para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, de modo que, podamos conocer su granulometría, Clasificación SUCS - AASTHO, Limite Líquido (LL), Limite Plástico (LP) y Índice de Plasticidad (IP) de la muestra natural extraído de a Av. Universitaria, 2019.

Para la investigación de Carrasco (2017), en su tesis titulado “Estabilización de los Suelos Arcillosos adicionando Cenizas de Caña de Azúcar”, el autor corrobora a través de los ensayos físicos la clasificación de su muestra, Carrasco establece que su clasificación de suelo mediante el sistema el sistema SUCS es un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL), en esa misma teoría establece a su muestra mediante el sistema AASTHO como suelo arcilloso

A6 (11), tal como puede observar en la tabla 2, el autor define un porcentaje de 15.84% de índice de plasticidad para su muestra, la cual indica que es un suelo con baja resistencia, se puede inferir que su investigación pudo conocer las características físicas. Mientras tanto en esta investigación a diferencia de Carrasco, se conoció a través de los ensayos de granulometría que el material que pasa por el tamiz N° 200 es del 87% la cual la considera como suelo arcilloso, en la tabla 18 se observa los resultados de clasificación SUCS, AASHTO y índice plasticidad obtenido de la muestra' CS-02.

Por tanto, realizando una comparación podemos decir los resultados tienen coincidencias, pero sin embargo, poseen resultados con valores distintos esto se debió al tipo de suelo de la que están compuestas las muestras de cada autor poseen diferentes propiedades, en ese sentido se puede afirmar que se pudo determinar las características físicas de la muestra conociendo resultados reales y objetivos tal como se puede observar en la tabla 18, por lo tanto, se finaliza que ambas investigaciones otorgan valiosa información.

O2. Realizar ensayo de Proctor Modificado para determinar el óptimo contenido de humedad, adicionando ceniza de Bagacillo CB, en el mejoramiento de suelo arcilloso para su uso como sub rasante en las vías de la Av. Universitaria, Lima – 2019.

Por otro lado, Maldonado y Sarrin (2018), en su tesis titulado Estabilización de Suelos con fines de Pavimentación del Valle San Rafael con Ceniza de Cascara de Arroz, propuso que para el ensayo de Proctor Modificado su muestra en estado natural tuvo que pasar por la malla N° 4 para tener un cuarteo uniforme y homogéneo de modo que este no altere el proceso de compactación así obtener resultados óptimos, mientras que por otro lado la teoría de Castro (2017) establece que para el buen desempeño del ensayo del Proctor Modificado y tener óptimos resultados la adición de agua en el cuarteo debe ser dispersado uniformemente y combinado homogéneamente, ya que, de esto dependerá que la compactación sea uniforme.

Estas dos teorías discrepan pero sin embargo obtuvieron resultados favorables, para Maldonado y Sarrin (2018), el resultado de su muestra en estado natural obtuvo una máxima densidad seca 0.462gr/cm³ con relación a su óptimo contenido de humedad de 9.40%, así mismo definen que añadiendo el 10% de cenizas de cascara de arroz, el valor de densidad máxima seca aumento a 0.51gr/cm³ con relación a su óptimo contenido de humedad que aumento a 10.50% por tanto justifica sus mejoras en el ensayo de Proctor, por otro lado

Castro (2017) obtuvo una máxima densidad seca de 1.81 gr/cm², con un óptimo contenido de humedad de 16.90% en su muestra en estado natural, de ese modo ellos determinaron que utilizando el 10% de cenizas de cascara de Arroz el óptimo contenido de humedad aumenta a 19.20% con relación a su máxima densidad seca que es de 1,68gr/cm², mientras tanto en esta investigación los ensayos del Proctor determinaron también mejoras en los resultados obtenidos tal como se puede observar en la tabla 20..

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo de Proctor Modificado podemos decir los resultados tienen coincidencias, pero sin embargo, poseen resultados con valores distintos, en ese sentido se puede afirmar que se pudo determinar que la adición de Cenizas de Bagacillo mejora la máxima densidad seca con relación a su óptimo contenido de humedad, por lo tanto, se finaliza que ambas investigaciones otorgan valiosa información.

O3. Realizar ensayo de CBR para determinar la resistencia del suelo arcilloso estabilizado, con ceniza de Bagacillo CB, en el mejoramiento de suelo arcilloso para su uso como sub rasante en las vías de la Av. Universitaria, 2019.

En la investigación que realizó Espinoza (2018), en su investigación titulada Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de Caña de azúcar, definió que para la mejorar la estabilización de suelos arcillosos, la adición de cenizas de caña de azúcar deben ser en mayores porcentajes, de tal manera que el valor CBR del suelo natural incremente positivamente, Espinoza pudo determinar que la adición del 20 % Cenizas de Bagazo de caña aumenta favorablemente el CBR de 7.6% a 15.18%, mientras que en la presente investigación a diferencia de Espinoza definió que la adición óptima de cenizas de Bagacillo CB a la muestra de suelo CS-02 es del 15%, con esa dosificación se pudo determinar que el incremento de CBR fue de 2.3% a 15.2% cuyos valores se puede observar en la tabla 26.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo de CBR entre ambas investigaciones podemos decir los resultados tienen coincidencias, pero sin embargo, poseen resultados con valores distintos, en ese sentido se puede afirmar que se pudo determinar que la adición de Cenizas de Bagacillo CB, mejora positivamente la resistencia del suelo, por lo tanto, se finaliza que ambas investigaciones otorgan valiosa información.

V. CONCLUSIONES

OG. Se determinó que la adición de Cenizas de Bagacillo CB en 10%, 15% y 20%, influye de manera positiva en el mejoramiento de la estabilización de suelos arcillosos CS-02 recogido de la Av. Universitaria, por consiguiente, se determina que las Cenizas de Bagacillo CB es un aditivo estabilizador económico, sustentable que aumenta las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcillosos para ser usada como sub rasante, así mismo se determinó el Análisis de precios unitarios (APU) del proceso de fabricación hasta puesta en obra de las Cenizas de Bagacillo, la cual tiene un precio de S/ 1.09 por Kg y la partida estabilización de suelos arcillosos adicionando Cenizas de Bagacillo CB tiene un precio de S/ 11.09 por m³.

O1. A través de los ensayos realizados en laboratorio a la muestra de suelo CS-02 en estado natural, se pudo determinar que el tipo de suelo es arcilloso, debido a las características físicas y mecánicas que posee, se determinó que el suelo analizado por los tamices define que el material que pasa por la malla N° 200 es del 85%, la cual determina que la muestra de suelo de la calicata CS-02 es arcilla, su clasificación mediante el sistema SUCS es (CL) la cual lo define como un suelo arcilloso de baja plasticidad, su clasificación mediante el sistema AASHTO es A-6 (11) la cual lo define como arcilla limoso, el Limite Liquido (LL) es 35%, el Limite Plástico (LP) es de 23%, por lo tanto el índice de plasticidad (IP) es de 12%, por consiguiente la máxima densidad seca para la muestra CS-02 en estado natural es 1.838g/cm³, el óptimo contenido de humedad es de 13.2% en estado natural, por tanto se concluye que se determinó objetivamente las características físicas y mecánicas de la muestra de suelo CS-02.

O2. El ensayos de Proctor Modificado realizados a la muestra de suelo arcilloso CS-02 se pudo determinar el porcentaje optimo a adicionar de Cenizas de Bagacillo CB a la muestra de suelo CS-02 es del 15% de cenizas de CB, ya que, con esta combinación se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso estudiado, la máxima densidad seca para la muestra MCS-02 + 15% de CB es de 1.801g/cm³, el óptimo contenido de humedad es de 13.4%, de tal modo, se concluye que la adición de Cenizas de Bagacillo CB influyen positivamente en el mejoramiento del optimo contenido de humedad del suelo arcilloso para uso como sub rasante.

O3. De acuerdo a los ensayos de CBR realizados a la muestra de suelo arcilloso CS-02 el porcentaje optimo a adicionar de Cenizas de Bagacillo CB a la muestra de suelo CS-02 es

del 15% de cenizas de CB, ya que, con esta combinación se pudo determinar que el CBR aumenta hasta en 6.6 veces su valor CBR, el CBR de la muestra en estado natural es de 2.3% considerada como sub rasante inadecuada y con la combinación del 15% de cenizas el CBR aumento a 15.2% considerada como una sub rasante buena, se determinó la máxima densidad seca de la combinación de la muestra CS-02+10% CB es de 1.801g/cm³, así mismo se logró determinar el óptimo contenido de humedad de la combinación de la muestra CS-02+10% CB que es 13.4%. Así mismo se pudo determinar que la muestra de suelo CS-02 en estado natural sumergida en agua durante 04 días, determino una expansión de hinchamiento de 9.06% y una absorción de 14.3%, por lo tanto se concluye, la combinación de la muestra de suelo CS-02 + 15 % de Cenizas de Bagacillo CB redujo favorablemente la expansión de hinchamiento a 1.89% y redujo la absorción a 4.6%, por tanto, se concluye que Cenizas de Bagacillo CB influyen positivamente en el mejoramiento de la resistencia del suelo arcillosos para uso como sub rasante.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones de estabilización de suelos arcillosos empleando mayores porcentajes las Cenizas de Bagacillo CB, para conseguir el valor óptimo de CBR, de modo que, esta pueda ser definida como una sub rasante excelente, así mismo para realizar una comparación objetiva de costos se tiene que realizar el análisis de costo unitario (APU), para la obtención de Bagacillo la cantera más cercana se encuentra a 2 horas y 30 minutos de la ciudad de Lima, este material orgánico se encuentra en la Planta Azucarera Andahuasi, ubicada en el distrito de Sayán a 20 minutos de la Provincia de Huacho.

Se recomienda para realizar los ensayos de granulometría, clasificación de suelos y límites de Atterberg, las muestras de suelo obtenida tienen que ser tratadas con mucho cuidado es necesario registrarlos mediante códigos de modo que facilite su reconcomiendo, para que estos a la hora de la manipulación en laboratorio no genere confusiones y estas no vulneren los resultados.

Se recomienda para el ensayo de Proctor Modificado con adición de Cenizas de Bagacillo CB usar el método A, la cual consiste en emplear molde de 101,6 mm (4pulg) el material empleado tiene que ser tamizado en la malla N° (4,75mm) donde tiene que pasar 20% o menos del material retenido, 25 golpes por cada capa un total de 5 capas, el agua que se agrega debe ser dispersada en la muestra de modo que este humedad uniformemente y homogéneo así mismo se recomienda que el ensayo se deber realizar con dos o tres personas de modo que cada uno tenga una función establecida para no generar confusión en el procedimiento de los ensayos.

Se recomienda para el ensayo de CBR la adición de agua no debe de variar más del 2% de la humedad del Proctor Modificado, las lecturas deben ser objetivas y precisas, dentro del tiempo establecido y programado de modo que no se susciten errores técnicos que puedan vulnerar los resultados, los equipos de laboratorio como en campo deberán estar avalados por su certificación de calibración de modo que estas nos puedan otorgar resultados óptimos y objetivos.

REFERENCIAS

ATKINSON John. The Mechanics of Soils and Foundations. 2nd Ed. London: CRC Press, 2017. 480 pp.

ISBN: 9781315273549

BAENA, Guillermina. Metodología para la investigación. 1ra ed. México: Grupo editorial Patria, 2014. 25 pp.

ISBN: 978-607-744-003-1

BAJAJ Jheelu. Performance Evaluation of Block Cotton Soil Stabilized with Sugarcane Bagasse Ash and Randomly Distributed Core Fibres. India: Radharaman Engineering College, 2016. 6 pp.

BARNES Graham. Soil Mechanics principles and practice United States: Red Globe Press, 2016. 551 pp.

ISBN: 978-1-137-51220-8

BECERRA Becerra, Erika L. Caracterización del desecho agroindustrial de la palma de aceite “cuesco” para el mejoramiento de las capas granulares de la estructura de pavimento. Tesis (Magister en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2017. 77 pp.

BROOKS Robert, M. Soil stabilization with Fly ash and Corn Waste Ash – Improvements in Engineering Characteristics. Thesis (Civil Engineer). Philadelphia, 2019. 6 pp.

ISSN: 0973-4562

BEEGHLY Joel. Recent Experiences with Lime-Fly Ash Stabilization of Pavement Subgrade Soil Base, and Recycled Asphalt. Thesis (Civil Engineer). Kentucky: University of Kentucky, 2018. 18 pp.

CACERES, Lucio y FARINASSO, Federico, Infraestructura vial del Uruguay, Uruguay, 1 (80). Agosto 2015.

CAÑAR Triviano, Edwin S. Análisis comparativo de la Resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinada con cenizas de carbón. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad técnica de Ambato, 2017. 167 pp.

CASTRO Cuadra, Axel F. Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de sub rasante. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017. 211 pp.

CARRAZCO Mejía, Danny A. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro Provincia del Santa. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 195 pp.

CEMENT Stabilized Soil Blocks Admixed with Sugarcane Bagasse Ash by Jijo James [et al.]. India: CivilEngineering, TagoreEngineeringCollege, Chennai 600 127, 2016. 10 pp.

CLAVERIA Pía, TRIANA Daniel y VARON Jenny. Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para sub rasante. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, 2018. 107 pp.

CUIPAL Chávez, Betty. Estabilización de la sub rasante de suelo arcilloso con uso de plomero sintético en la carretera Chachapoyas-Huancas, Amazonas. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 152 pp.

DUQUE Gonzalo y ESCOBAR Carlos. Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímico de las arcillas. 8 pp.

ENHANCING The Engineering Properties of Expansive Soil Using bagasse ash and Hydrated Lime by Liet Chi [et al.]. Australia: School of Civil and Environmental Engineering, University of Technology Sydney, 2016. 8 pp.

GALLARDO Romel, CUANALO Oscar y QUINTERO Leidy. Análisis del comportamiento de suelos de alta plasticidad con la adición de material de residuos en la fabricación de ladrillo de cerámica. Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander de Ocaña, 2017. 6pp.

GAVILANES Bayas, Erick G. Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pampa Barrio Colinas del Sur. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador, 2015. 146 pp.

HENAO Salomón, LIBREROS Juan y MAURY Aníbal. Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros, Cali: Pontificia Universidad Javeriana, 2018. 7 pp.

HERMÁNDEZ Roberto, FERNANDEZ Collado y BAPTISTA Pilar. Metodología para la investigación. 6. Ed. Mc. Graw Hill Education, 2014. 634 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

INSTITUTO de la construcción y gerencia. Ingeniería de Pavimentos. Lima: ICG, 2015.

INFORME económico de la construcción, Lima, 1 (38). Julio 2018.

KENNEDY Charles, LEELEE Letam and OKWULEHIE Kelechi. Comparative on Strength Variance of Cement / lime with costus afer Bagasse fibre ash Stabilized lateritic Soil. Nigeria: Civil Engineering Department, University of Uy, 2018. 13 pp.

KOSTER Kay, ERKENS Gilles and ZWANENBURG Cor. A new soil mechanics approach to quantify and predict land subsidence by peat compression. Netherlands: Department of Geo-Engineering, Deltares, Delft, 2016. 8 pp.

MAMANI Lux y YATACO Alejandro. Estabilización de suelos arcillosos aplicando cenizas de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el Departamento de Ayacucho. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad San Martin de Porras, 2017. 198 pp.

JAMES Jijo, KASINATHA P. and MANIKANDA J. Cement Stabilized Soil Blocks Admixed with Sugarcane Bagasse Ash. India: Tagore Engineering College, 2016. 10 pp.

MAY-TAY Pinel, Daniel E. Valorización de cenizas de bagazo procedentes de Honduras posibilidades de uso en matrices de cemento Portland. Tesis (Ingeniero Civil). España: Universidad Politécnica de Valencia, 2014. 157 pp.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). Manual de suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Lima: MTC, 2018. 355 PP.

MISHRA Mamta, MAHESHWARI U. and SAXENA N. Improving Strength of Soil using Fiber and Fly ash – A Review. Thesis (Civil Engineer). India: Kamla Nehru Institute of Technology Sultampur, 2016. 5 pp.

MOYA Alonso, ASECNIO L. and NAVARRO V. A Tool for the Multiphysics Analysis of the Deformational Behaviour of Soils and its Interaction with Building Foundations. La Mancha: Universidad de Castilla, 2016. 7 pp.

NJIDEKA Obianigwe and BEN Ngene. Soil Stabilization for Road Construction: Comparative Analysis of Three-Prong Approach. Ota: Covenant University, 2019, 13 pp.

PEREZ Callantes, Carolina A. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. 151 pp.

REMEDICATION of Expansive Soils Using Agricultural Waste Bagasse Ash by Hayder Hasan [et al.]. Australia: University of Technology Sydney (UTS), Sydney, 2016. 8 pp.

RIYAD M., RAFIZUL I. and JOHORA F. Effect of Fly Ash Content on the Engineering Properties of Stabilized Soil South western Region of Bangladesh. Thesis (Civil Engineer). Bangladesh: University of Engineering & Technology Khulna, 2019. 10 pp.

SADEEQ J., SALAHUDEEN A. and TUJJANI S. Effect of Bagasse Ash on Lime Stabilized Lateritic Soil. Nigeria: Department of Civil Engineering, Ahmadu Bello University, 2015. 11 pp.

SERRANO Erika y PADILLA Edgar. Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de los materiales de sub rasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. Bogotá: Universidad de la Salle, 2018. 25 pp.

TERRONEZ Cruz, Andrea T. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña de azúcar para el mejoramiento de la sub rasante en el sector Barraza, Trujillo. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. 385 pp.

ULLOA López, Horacio. Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio de Potosí- Rivas. Tesis (Ingeniero Civil). Nicaragua: Universidad Autónoma de Nicaragua, 2015. 113 pp.

ZAMORA Christian y JMENEZ Andrés. Diseño de pavimentos flexible sobre suelos expansivos estabilizados usando ceniza volante y polvo de ladrillo. Cali: Pontificia Universidad Javeriana de Cali, 2015. 5 pp.

ZUMRAWL Magdl, M. Stabilization of pavement Subgrade by Using Fly Ash Activated by Cement. Thesis (Civil Engineer). Sudan: University of Khartoum, 2105. 8 pp.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema de la Investigación	Objetivo de la Investigación	Hipotesis de la Investigación	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variable independiente			Diseño de la investigación: Experimental
¿En qué medida la ceniza de Bagacillo (CB), influye en el mejoramiento de la estabilización del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?	Determinar la influencia de la adición de ceniza de Bagacillo (CB) en porcentajes de 10%, 15 % y 20 %, en el mejoramiento de la estabilidad del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.	La adición de Ceniza de Bagacillo (CB), influye de manera positiva en el mejoramiento de la estabilización de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.	Cenizas de Bagacillo CB	Dosificación	Incorporación de "n" 10 % de cenizas de bagacillo Incorporación de "n" 15 % de cenizas de bagacillo Incorporación "n" 20 % de cenizas de bagacillo	Tipo de la investigación: Aplicativo
Problemas específico	Objetivo específico	Hipotesis objetivo	Variable dependiente			Nivel de la investigación: Explicativa
¿En qué medida la Ceniza de Bagacillo (CB), influye en las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.	La Cenizas de Bagacillo (CB) influye de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.	Estabilización de suelos arcillosos	1. Tipo de suelo	1. Analisis granulometrico, clasificacionde suelos, Limites de Atterberg	Enfoque de la investigación: Cuantitativo
¿En qué medida la ceniza de Bagacillo (CB), influye en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?	Determinar la influencia de la ceniza de Bagacillo (CB), en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo arcilloso para su uso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019.	La adición de ceniza de Bagacillo (CB), influye de manera efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y optimo contenido de humedad de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.		2. Densidad maxima seca y Optimo contenido de humedad	2. Ensayo de Proctor Modificado	Población: Tramo de la Av. Universitaria tramo el cual constra de tres calicatas CS-01, CS-02 y CS-03
¿En qué medida la ceniza de Bagacillo (CB), influye en la resistencia del suelo arcilloso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019?	Determinar la influencia de la ceniza de Bagacillo (CB), en la resistencia del suelo arcilloso para su uso en la sub rasante de la Av. Universitaria, 2019.	La adición de ceniza de Bagacillo (CB), influye de manera efectiva en el mejoramiento de la resistencia de suelos arcillosos para uso como sub rasante en la Av. Universitaria, 2019.		3. Resistencia del suelo	3. CBR AL 0.1" Y CBR AL 0.2"	Muestra: CS-02 suelo de arcilla sin estabilizar

ANEXO 2: PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida	01.01.01	Selección y obtención de Bagacillo				
Rendimiento	kg/DIA	1,000.0000	Costo unitario directo por kg:			0.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1	Peón	hh	1.0000	0.0080	15.16	0.12
						0.12
	Materiales					
2	Bagacillo	kg		1.0000	0.23	0.23
						0.23

Partida	01.01.02	Transporte de Bagacillo a horno de incineración				
Rendimiento	kg/DIA	2,000.0000	Costo unitario directo por kg:			0.15
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial S/.
	Mano de Obra					
3	Operador de equipo pesado	hh	0.5000	0.0020	20.64	0.04
						0.04
	Equipos					
4	Cargador sobre llantas de 125-135 hp 3 yd3	hm	0.5000	0.0020	27.75	0.06
5	Camión volquete de 15 m3	hm	0.5000	0.0020	26.50	0.05
						0.11

Partida	01.01.03.01	Incineración de Bagacillo a horno a 100° c				
Rendimiento	kg/DIA	225.0000	Costo unitario directo por kg:			0.40
Código	Descripción Recurso	UND	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial S/.
	Mano de Obra					
6	Operario calderero	hh	0.2500	0.0089	20.60	0.18
						0.18
	Equipos					
7	Horno industrial para incinerar Bagacillo	hm	0.2500	0.0089	25.00	0.22
						0.22

Partida	01.01.03.02	Transporte de Cenizas Bagacilloa zona de proyecto av. Universitaria, Carabayllo, Lima				
Rendimiento	kg/DIA	1,000.0000	Costo unitario directo por kg:			0.19
Código	Descripción Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial S/.
	Mano de Obra					
3	Operador de equipo pesado	hh	0.5000	0.0040	20.64	0.08
						0.08
	Equipos					
5	Camión volquete de 15 m3	hm	0.5000	0.0040	26.50	0.11
						0.11

Item	Descripción	und.	costo unit.
01.01.01	Selección y obtención de Bagacillo	kg	0.35
01.01.02	Transporte de Bagacillo a horno de incineración	kg	0.15
01.01.03.01	Incineración de Bagacillo a horno a 100° c	kg	0.40
01.01.03.02	Transporte de Bagacillo a zona de proyecto av. Universitaria, Carabayllo, Lima	kg	0.19
TOTAL			1.09

Partida	01.02.02	Mejoramiento de sub rasante con Cenizas de Bagacillo CB.				
Rendimiento	m3/DIA	350.0000	Costo unitario directo por m3:			11.09
Código	Descripción Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial S/.
	Mano de Obra					
8	capataz	hh	1.0000	0.0229	26.83	0.61
1	peón	hh	4.0000	0.0914	15.16	1.39
						2.00
	Materiales					
9	agua puesta en obra	m3		0.1200	12.37	1.48
						1.48
	Equipos					
10	herramientas manuales	%mo		5.0000	2.00	0.10
11	rodillo liso vibratorio autopropulsado 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0229	137.87	3.16
12	motoniveladora 130 - 135 hp	hm	1.0000	0.0229	190.01	4.35
						7.61

**ANEXO 3: FORMATOS DE INSTRUMENTOS PARA
LA RECOLECCIÓN DE DATOS**




LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NTP 339:128 - ASTM D 422

CALICATA:		UBICACIÓN:		Prof. (m):	
CANtera:		MUESTRA:			
PESO INICIAL:					
MALLAS	DIAMETRO	PESO RETENIDO (grs.)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				% RETENIDO	% PASA
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
N°4					
N°10					
N°20					
N°40					
N°60					
N°140					
N°200					

Curva Granulométrica




 SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 51630

RESULTADOS: ASTM - D 2487 / D 3282

COEFICIENTE DE:	UNIFORMIDAD (cu)	
	CURVATURA	
	GRAVA (N° 4 < Diam < 2")	
	ARENA (N° 200 < Diam < 4)	
CLASIFICACIÓN	INICIO (Diam < N° 200)	
	ASSTHO	
	SUCS	


 SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN
 INGENIERO CIVIL
 CIP 51630

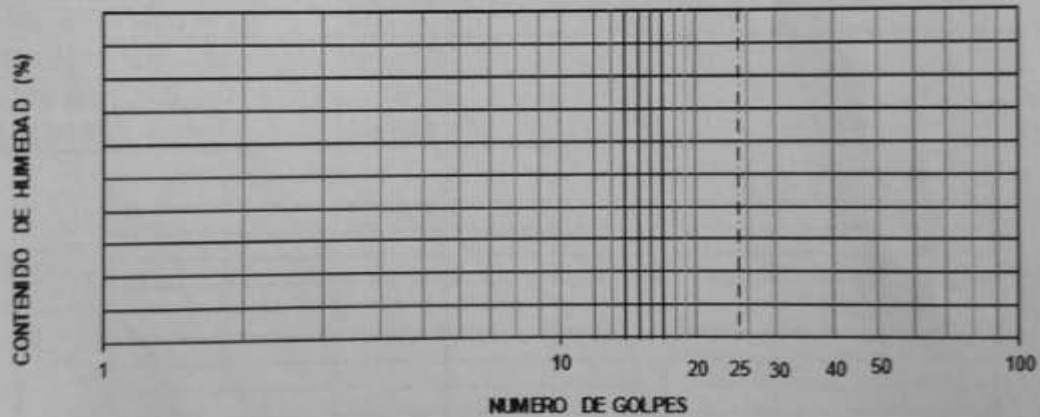


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG
ASTM D 4318 / NTP 339.129


CANTERA:					
MUESTRA:					
PROF. (m):					

		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
PRUEBA	N°					
RECIPIENTE	N°					
NUMERO DE GOLPES	N°					
1 PESO DEL RECIPIENTE	(g)					
2 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)					
3 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)					
5 PESO DEL SUELO SECO (2-4)	(g)					
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5*100)	(g)					

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LIMITE LIQUIDO:	
LIMITE PLASTICO:	
INDICE PLASTICO:	


SANTOS RICARDO PADILLA PICHÓN
INGENIERO CIVIL
CIP 51630



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
ASTM D1556 / NTP 339:141

MOLDE N°		VOL. MOLDE (cc)		TIPO DE MOLDE:	6"	TENPERATIRA DE SECADO (°C):
CAPAS N°		GOLPES (N°):		PEO DE MOLDE (gr):		METODO:

MUESTRA:	N°					
PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE	Grs.					
PESO DEL MOLDE	Grs.					
PESO DEL SUELO HUMEDO (3)-(2)	Grs.					
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO(4)/(1)	Grs./cc					

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE	N°					
PESO DE SUELO HUMEDO + CAPSULA	Grs.					
PESO DE SUELO SECO + CAPSULA	Grs.					
PESO DE LA CAPSULA	Grs.					
PESO DEL AGUA (8)-(9)	Grs.					
PESO DEL SUELO SECO (9)-(7)	Grs.					
HUMEDAD (10)/(11)	%					
DENSIDAD DEL SUELO (5)/[1+(12/100)]	Grs./cc					

Densidad Seca (gr/cm³)

Contenido de humedad %

DENSIDAD MAXIMA:

HUMEDAD OPTIMA:

Margarita Boza Olaychea
INGENIERA CIVIL
EIP 88500



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE CBR
ASTM D 1883 / NTP 339:145

PROYECTO:		PROF. (m):	
CALICATA:		MUESTRA N°	
UBICACIÓN:		FECHA:	
PROGRESIVA:		ENSAYADO POR:	

MOLDE N°						
N° DE CAPAS						
N° DE GOLPES POR CAPA						
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE						
PESO DE MOLDE						
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO						
PESO DE SUELO HUMEDO						
DENSIDAD HUMEDA						
RECIPIENTE N°						
PESO DE RECIPIENTE						
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO						
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO						
PESO DE AGUA						
PESO DE SUELO SECO						
COTENIDO DE HUMEDAD						
DENSIDAD SECA						

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES				25 GOLPES				10 GOLPES			
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			

PENETRACION

PENETRACION (pulg.)	PATRON (Lb/pulg)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025										
0.050										
0.075										
0.100	100									
0.150										
0.200	150									
0.250										
0.300										
0.400										
0.500										

Msc. Luis Alarcos G.

Reg. CIP N° 1202910

PLANILLA DE INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del validador : Dr. / Mg. Santos Ricardo Padilla Picheu
 1.2 Cargo e Institución donde labora : Decano Universidad Cesar Vallejo
 1.3 Nombre del Instrumento y Finalidad de su aplicación : Ficha de Observación
 1.4 Título de la Investigación : Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de bagacillo para el mejoramiento de la subrasante de la av. Universitaria, 2019.
 1.5 Autor del Instrumento : Ademir Ccanto Diaz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	DEFICIENTE 00 - 20%	REGULAR 21 - 40%	BUENO 41 - 60%	MUY BUENO 61 - 80%	EXCELENTE 81 - 100%
1. CLARIDAD	Formulado con lenguaje apropiado y específico				X	
2. OBJETIVIDAD	Expresado en conductas observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance tecnológico				X	
4. ORGANIZACIÓN	Establece una organización lógica				X	
5. SUFICIENCIA	Contiene aspectos de calidad y cantidad				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de estrategia				X	
7. CONCISTENCIA	Basados en aspectos científicos y teóricos				X	
8. COHERENCIA	Entre índice, indicadores y dimensiones				X	
9. METODOLOGIA	Responde al propósito del diagnostico				X	
10. PERTINENCIA	Es funcional para el propósito				X	
PROMEDIO					X	

III. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN: 80 %

IV. RESULTADO DE LA OPINIÓN APICABLE

- (X) El instrumento puede ser aplicable tal como está elaborado
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lima, 04 Julio 2019.

Firma del experto
 DNI:
 CELULAR:

SANTOS RICARDO PADILLA PICHEU
 INGENIERO CIVIL
 CIP 51630

PLANILLA DE INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador : Dr. / Mg. *Margarita Bosa Olaechea*
 1.2 Cargo e Institución donde labora :
 1.3 Nombre del Instrumento y Finalidad de su aplicación : Ficha de Observación
 1.4 Título de la Investigación : Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de bagacillo para el mejoramiento de la subrasante de la av. Universitaria, 2019.
 1.5 Autor del Instrumento : Ademir Ccanto Diaz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	DEFICIENTE 00 - 20%	REGULAR 21 - 40%	BUENO 41 - 60%	MUY BUENO 61 - 80%	EXCELENTE 81 - 100%
1. CLARIDAD	Formulado con lenguaje apropiado y específico				✓	
2. OBJETIVIDAD	Expresado en conductas observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance tecnológico				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Establece una organización lógica				✓	
5. SUFICIENCIA	Contiene aspectos de calidad y cantidad				✓	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de estrategia				✓	
7. CONCISTENCIA	Basados en aspectos científicos y teóricos				✓	
8. COHERENCIA	Entre índice, indicadores y dimensiones				✓	
9. METODOLOGIA	Responde al propósito del diagnóstico				✓	
10. PERTINENCIA	Es funcional para el propósito				✓	
PROMEDIO					✓	

III. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN:%

IV. RESULTADO DE LA OPINIÓN APICABLE

- () El instrumento puede ser aplicable tal como está elaborado
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lima, 01/07 2019.

Firma del experto
 DNI:
 CELULAR:

Margarita Bosa Olaechea
 INGENIERA CIVIL
 CIP: 80500

PLANILLA DE INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador

: Dr. / Mg. *LUIS ALARCO GUTIERREZ*

1.2 Cargo e Institución donde labora

: *DTC - UCV - LN*

1.3 Nombre del Instrumento y Finalidad de su aplicación

: Ficha de Observación

1.4 Título de la Investigación

: Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de bagacillo para el mejoramiento de la subrasante de la av. Universitaria, 2019.

1.5 Autor del Instrumento

: Ademir Ccanto Diaz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	DEFICIENTE 00 - 20%	REGULAR 21 - 40%	BUENO 41 - 60%	MUY BUENO 61 - 80%	EXCELENTE 81 - 100%
1. CLARIDAD	Formulado con lenguaje apropiado y específico				X	
2. OBJETIVIDAD	Expresado en conductas observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance tecnológico				X	
4. ORGANIZACIÓN	Establece una organización lógica				X	
5. SUFICIENCIA	Contiene aspectos de calidad y cantidad				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de estrategia				X	
7. CONCISTENCIA	Basados en aspectos científicos y teóricos				X	
8. COHERENCIA	Entre índice, indicadores y dimensiones				X	
9. METODOLOGIA	Responde al propósito del diagnostico				X	
10. PERTINENCIA	Es funcional para el propósito				X	
PROMEDIO					80 %	

III. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN: *80* %

IV. RESULTADO DE LA OPINIÓN APICABLE

() El instrumento puede ser aplicable tal como está elaborado

() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lima, *04 de Julio* 2019.

Firma del experto

DNI: *43738493*

CELULAR: *956961702*



ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen 1: Ubicación del lugar de estudio de la Av. Universitaria km 22 – km 23, vista a través del Google Earth Pro.



Imagen 2: Ubicación de las calicatas CS-01, CS-02 y CS-03 de la Av. Universitaria km 22 – km 23, vista a través del google Earth Pro.



Imagen 3: Vehículos de carga pesada transportando material para construcción de las canteras que están al margen del río Chillón.



Imagen 4: Ubicación del lugar de estudio de la Av. Universitaria km 24.



Imagen 5: Ubicación y trazo de la calicata CS-01 progresiva 24 + 500.



Imagen 6: Excavación de calicata CS-01 progresiva 24 + 500 para recoger muestra.



Imagen 7: Ubicación de las calicata CS-01 progresiva 24 + 500 para la toma de muestra de suelo a 150 m de profundidad.



Figura 8: Muestra de la calicata CS-01 de la progresiva 24 + 500.



Imagen 9: Ubicación y trazo de la calicata CS-02 en la progresiva 25 + 000.



Imagen 10: Ubicación de las calicatas CS-02 en la progresiva 25 + 000 para la toma de muestra de suelo a una profundidad de 1.50m.



Imagen 11: Ubicación de las calicatas CS-02 en la progresiva 25 + 000 para la toma de muestra de suelo.



Imagen 12: Recojo de muestra de calicata CS-02 en la progresiva 25 + 000 a 1.50 m. de profundidad.



Imagen 13: Ubicación y trazo de la calicata CS-03 en la progresiva 25 + 500.



Imagen 14: Ubicación de las calicatas CS-03 en la progresiva 25 + 500 para la toma de muestra de suelo a 1.5 m de profundidad.



Imagen 15: Ubicación de las calicatas CS-03 en la progresiva 25 + 500 para la toma de muestra de suelo a una profundidad de 1.50 m.



Imagen 16: Recojo de muestra de calicata CS-03 en la progresiva 25 + 500 a 1.50 m. de profundidad.



Imagen 17: Viaje a la Azucarera Andahuasi para el recojo de Bagacillo.



Imagen 18: Azucarera Andahuasi cantera para el recojo de Bagacillo.



Imagen 19: Azucarera Andahuasi cantera de Bagacillo.



Imagen 20: Azucarera Andahuasi cantera recojo de Bagacillo.



Imagen 21: Preparacion de la muestra CS-02 por la malla N°40 .



Imagen 22: Tamizado de la muestra CS-02 – análisis granulométrico.



Imagen 23: Lavado de la muestra CS-02 – análisis granulométrico.



Imagen 24: Ensayo de límites de Atterberg a la muestra de suelo arcilloso CS-02.



Imagen 25: Ensayo de límites de Atterberg a la muestra de suelo arcilloso CS-02.



Imagen 26: Ensayo de límites de Atterberg a la muestra de suelo arcilloso CS-02.



Imagen 27: Ensayo de límites de Atterberg a la muestra de suelo arcilloso CS-02.



Imagen 28: Ensayo de límites de Atterberg a la muestra de suelo arcilloso CS-02.



Imagen 29: Ensayo de Proctor Modificado de la muestra de suelo CS-02 a la muestra en estado natural.



Imagen 30: Preparación de la muestra de suelo CS-02 en estado natural.



Imagen 31: Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 en estado natural.



Imagen 32: Probeta compactada Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 en estado natural.



Imagen 33: Muestreo de la probeta para ser llevada al horno sometida a energía modificada a la muestra de suelo CS-02 en estado natural.

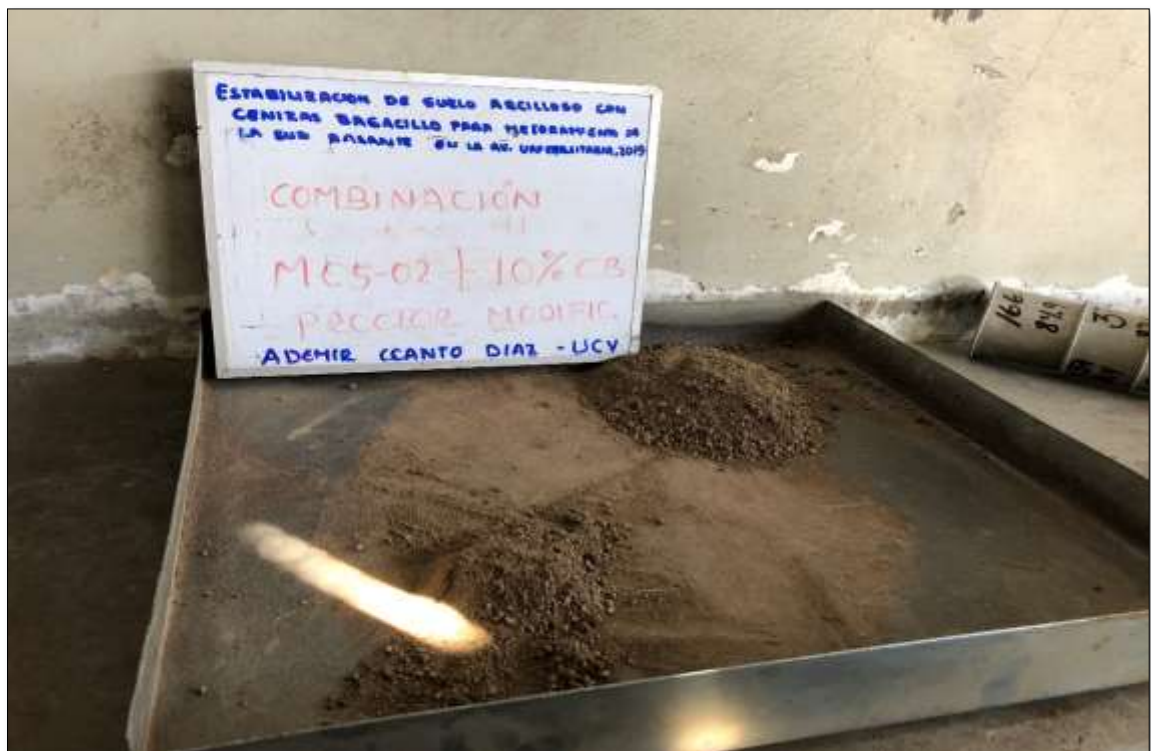


Figura 34: Ensayo de Proctor Modificado de la muestra de suelo CS-02 + 10 % CB.



Imagen 35: Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 10% CB



Imagen 36: Probeta compactada Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 10% CB.



Imagen 37: Muestreo de la probeta para ser llevada al horno sometida a energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 10% de CB.



Imagen 38: Ensayo de Proctor Modificado de la muestra de suelo CS-02 + 15 % CB.



Imagen 39: Ensayo de Proctor Modificado de la muestra de suelo CS-02 + 15 % CB.



Imagen 40: Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 15% CB.



Imagen 41: Probeta compactada Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 15% CB.



Imagen 42: Muestreo de la probeta para ser llevada al horno sometida a energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 15% de CB.



Imagen 43: Ensayo de Proctor Modificado de la muestra de suelo CS-02 + 20 % CB.



Imagen 44: Ensayo de Proctor Modificado de la muestra de suelo CS-02 + 20 % CB.



Imagen 45: Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 15% CB.



Imagen 46: Probeta compactada Compactación con energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 2% CB.



Imagen 47: Muestreo de la probeta para ser llevada al horno sometida a energía modificada a la muestra de suelo CS-02 + 20% de CB.



Imagen 48: Muestras de las probetas compactadas son llevadas al horno.



Imagen 49: Ensayo de CBR de la muestra de suelo CS-02 a la muestra en estado natural.



Imagen 50: Muestreo de la probeta para ser llevada al del ensayo de CBR a la muestra de suelo CS-02 en estado natural.



.Imagen 51: Probeta compactada del ensayo de CBR de la muestra CS-02 en estado natural.



Imagen 52: Probeta compactada del ensayo de CBR en estado natural, sumergida en agua por 4 días.



Imagen 53: Ensayo de CBR de la muestra de suelo CS-02 + 10 % Cb.

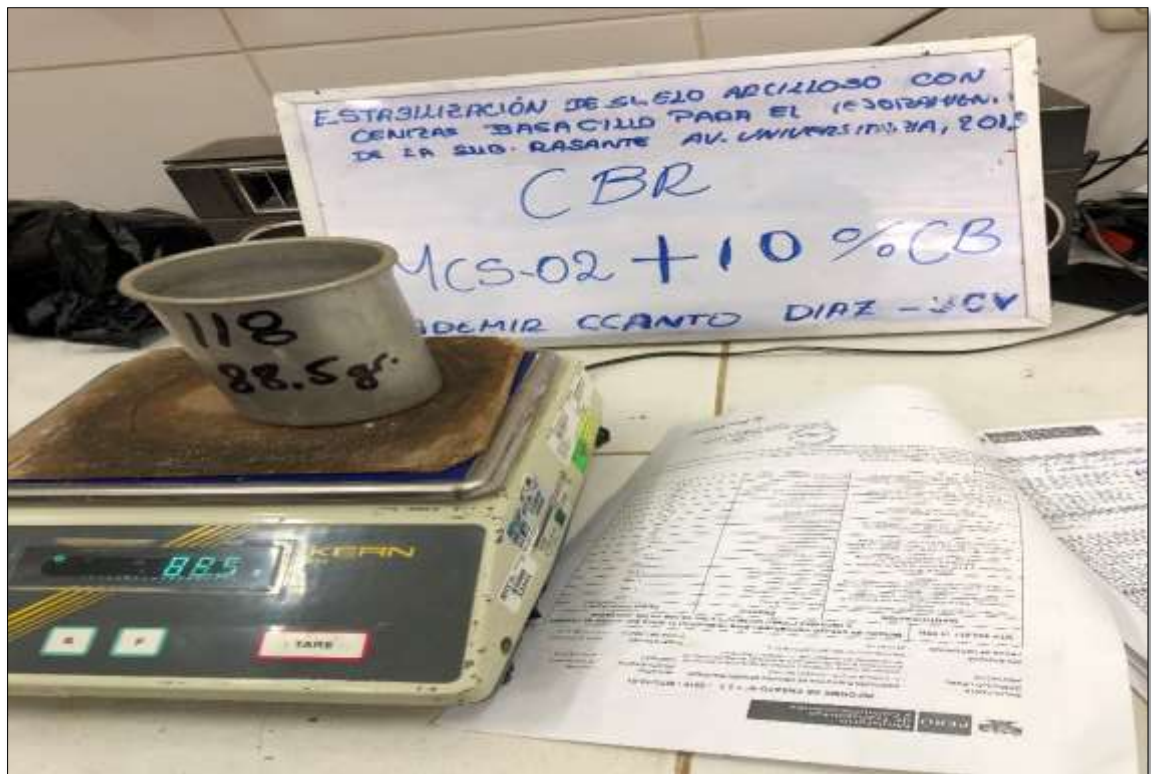


Imagen 54: Muestreo de la probeta para ser llevada al del ensayo de CBR a la muestra de suelo CS-02 + 10 % de CB.



Imagen 55: Probeta compactada del ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 10% de CB.



Imagen 56: Probeta compactada del ensayo de CBR de muestra CS-02 + 10 % de CB, sumergida en agua por 4 días.



Imagen 57: Ensayo de CBR de la muestra de suelo CS-02 + 15 % Cb.

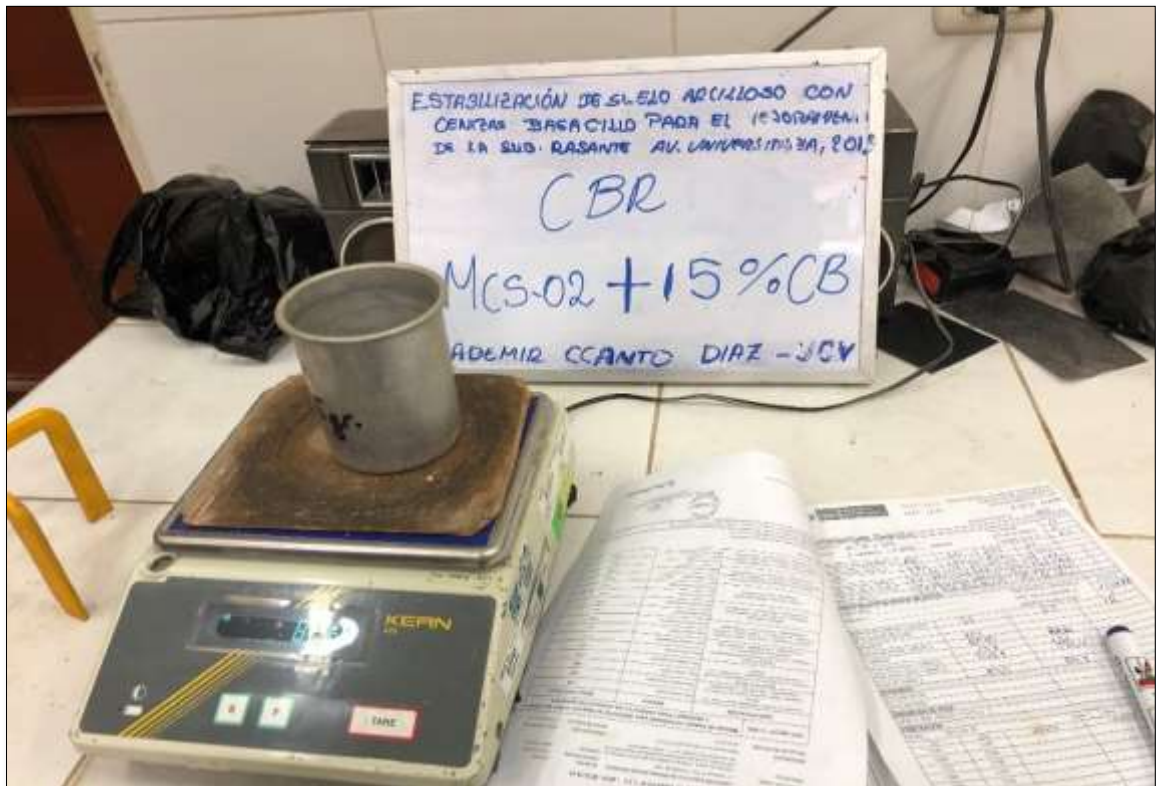


Imagen 58: Muestreo de la probeta para ser llevada al del ensayo de CBR a la muestra de suelo CS-02 + 15 % de CB.

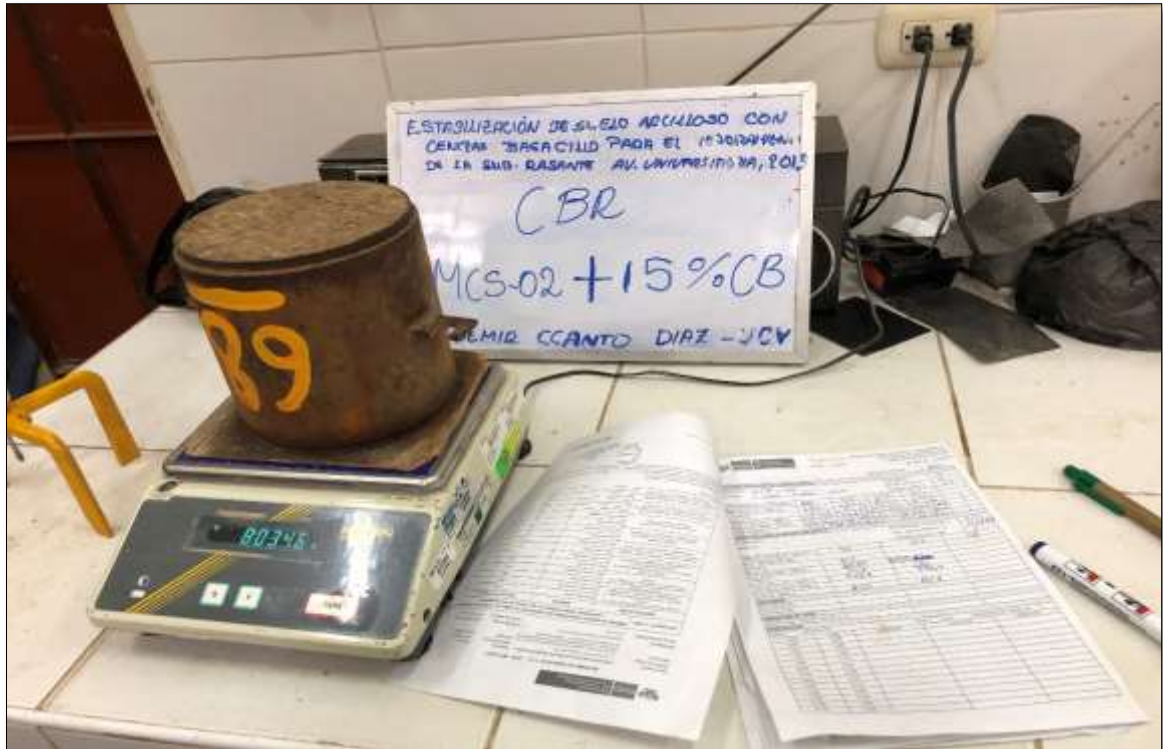


Imagen 59: Probeta compactada del ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 15% de CB

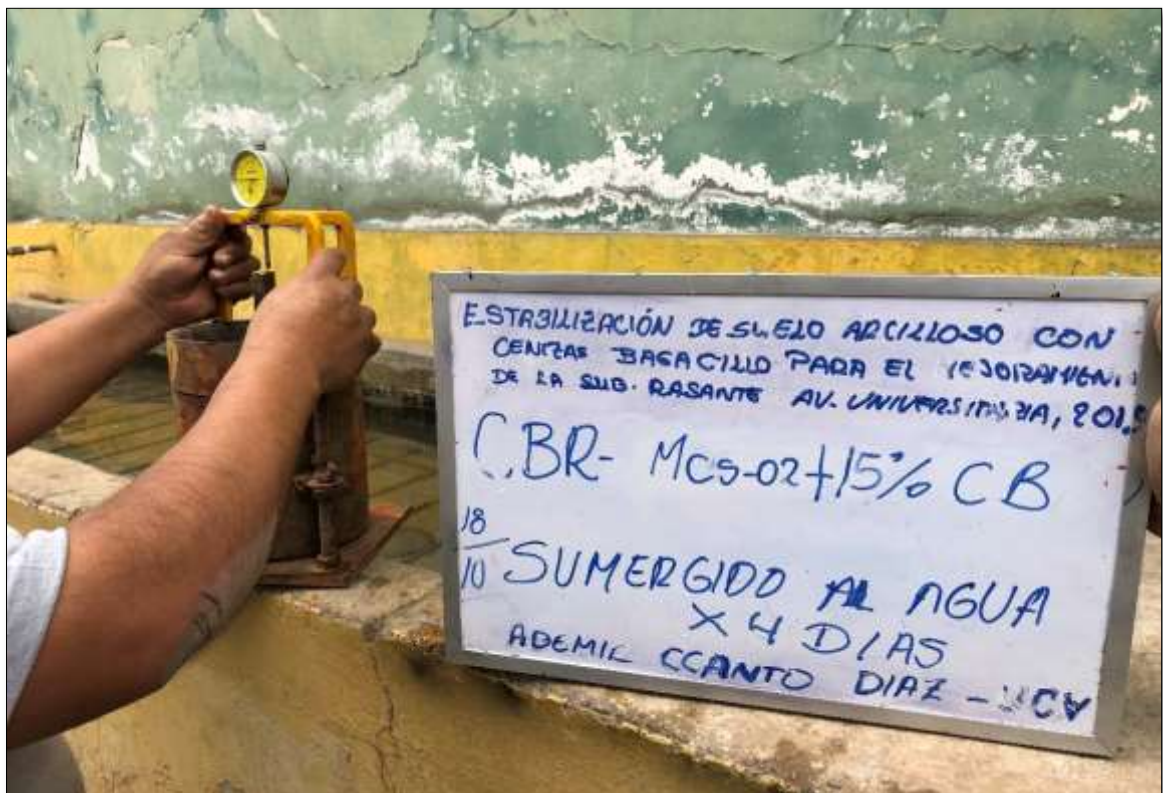


Imagen 60: Probeta compactada del ensayo de CBR de muestra CS-02 + 15 % de CB, sumergida en agua por 4 días.



Imagen 61: Ensayo de CBR de la muestra de suelo CS-02 + 20 % Cb.



Imagen 62: Muestreo de la probeta para ser llevada al del ensayo de CBR a la muestra de suelo CS-02 + 20 % de CB.



Imagen 63: Probeta compactada del ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 20% de CB.

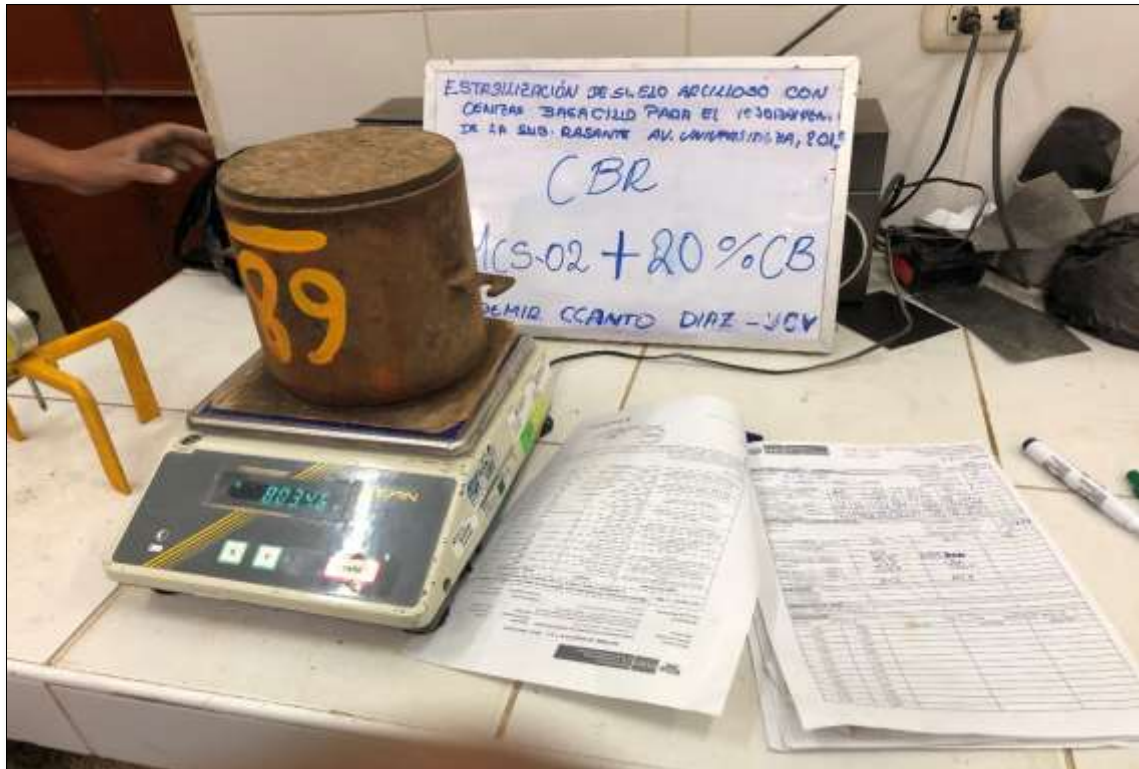


Imagen 64:: Probeta compactada del ensayo de CBR de la muestra CS-02 + 20% de CB.



Imagen 65: Probeta compactada del ensayo de CBR de muestra CS-02 + 20 % de CB, sumergida en agua por 4 días.



Imagen 66: Equipo de trabajo del laboratorio MTC.

ANEXO 5: ENSAYOS DE LABORATORIO



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General de
Programas y Proyectos
de Transportes

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

Lima, 25 OCT. 2019

OFICIO N° 243 - 2019-MTC/19.01.EE

Señores:

ADEMIR CCANTO DIAZ

Av. El Retablo Nro. 1170 – Coop. Vivienda Primavera
Comas
Lima 07.-

Asunto : Informe de Ensayos de Laboratorio

Referencia : a) REC N° 201-2019-FE-02
b) O.S. N° 251-2019-MTC/19.01.EE

Me dirijo a Usted en atención a los documentos de la referencia, a fin de remitir el Informe de Ensayo N° 262-2019-MTC/19.01.EE (15 folios), con los resultados de ensayos de laboratorio, específicamente solicitados y realizados a una (01) muestra de suelo (calicata), tomada, remitida e identificada por vuestra representada.

Atentamente,




ING. CESAR A. FERREYROS CORCUERA
ESTUDIOS ESPECIALES

C.c.
Control de Calidad
MAC
Archivo

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac, Lima 25 Perú
T. (511) 4813707
www.mtc.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO

LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 2 - 2 019-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	:	ADERR CCANTO DIAZ	MUESTRA	:	Suelo
DIRECCIÓN LEGAL	:	Av. El Retablo N° 1170 Coop. Volando Primavera - Condes - Lima	IDENTIFICACIÓN	:	El que se indica
PROYECTO	:	"Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de bagazo para el mejoramiento de la sub-casaca en la Av. Universitaria, 2019"	CANTIDAD	:	501 kg
REFERENCIA	:	REC N° 201-2-019-PE-02	PRESENTACIÓN	:	Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	:	2 019.10.11	FECHA ENSAYO	:	2 019.10.16

MALLAS		DENOMINACIÓN	Suelo arcilloso							
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)						
3"	76.200	MTC E-109 (2 016)								
2 1/2"	63.500									
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700									
3/8"	9.520									
1/4"	6.300									
N° 4	4.750				100					
N° 6	3.350			1	99					
N° 8	2.360			1	98					
N° 10	2.000			-	98					
N° 16	1.190			1	97					
N° 20	0.840			-	97					
N° 30	0.600			1	96					
N° 40	0.425			1	95					
N° 50	0.297			1	94					
N° 60	0.250			2	92					
N° 100	0.149			1	91					
N° 200	0.075		4	87						
- N° 200	-	NTP 330.132 (2 014)	87	-						
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		MTC E-110 (2 016)		35						
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		MTC E-111 (2 016)		23						
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTC E-110 (2 016)		12						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUC-S)		NTP 330.134 (2 014)		CL						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 330.135 (2 014)		A-6 (11)						

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo por preparación: 2 019.10.11.
- Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 00028642-000-2017 del 07.01.08).
- Este documento se suscribe al emplear de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 17 de Octubre de 2 019

USA (10)
Experimento
O.S. N° 201



LABORATORIO



Av. Tarma Anexo M 150 - Miraflores

Tel: (051) 684 5707

email: mail: lce@lce.mtc.gob.pe

LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2 6 2 - 2 019-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA	: Suelo
DOMICILIO LEGAL	: Av. El Rotablo N° 1170 Coop. Vivienda Primavera - Comas - L.	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de bagacillo para el mejoramiento de la sub rasante en la Av. Universitaria, 2019"	CANTIDAD	: 161 kg
REFERENCIA	: REC N° 201-2 019-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 019.10.11.	FECHA DE ENSAYO	: 2 019.10.15 al 16.

MTC E-113 (2 016) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (*)

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO
Suelo arcilloso	2,712

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM D - 854 - (2014). "Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 019.10.11.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 88/INDECOP1 - CRT del 07.01.88).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la responsabilidad de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 17 de Octubre de 2 019

USA (20)
peso/gc/bredic
O.S. N° 251



LABORATORIO



CEE

Av. Típica Amaru N° 150 - Rímac

Tel: (051) 461-3707

email: mac_dee@rtc.gob.pe

LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO N° 2 6 2 - 2 019-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA	: Suelo
DOMICILIO LEGAL	: Av. El Retablo N° 1170 Coop. Vivienda Primavera - Comas - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de bagacillo para el mejoramiento de la sub rasante en la Av. Universitaria, 2019"	CANTIDAD	: 161 kg
REFERENCIA	: REC N° 201-2 019-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 019.10.11.	FECHA DE ENSAYO	: 2 019.10.15 al 16.

NTP 339.132 (2 014) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (75 µm). MÉTODO A (*)

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Suelo arcilloso	86,8

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM D-1140 (2017) "Standard test method for amount of material in soils finer than the N° 200(75 µm) sieve".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 019.10.11.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.


ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA

Lima, 17 de Octubre de 2 019

 USA (3/3)
 ceso/pma/bedic
 O.S. N° 251


Av. Tipac Amaru N° 150 - Rimac

Telf.: (061) 481-3707

email: mtc_doe@mtc.gob.pe



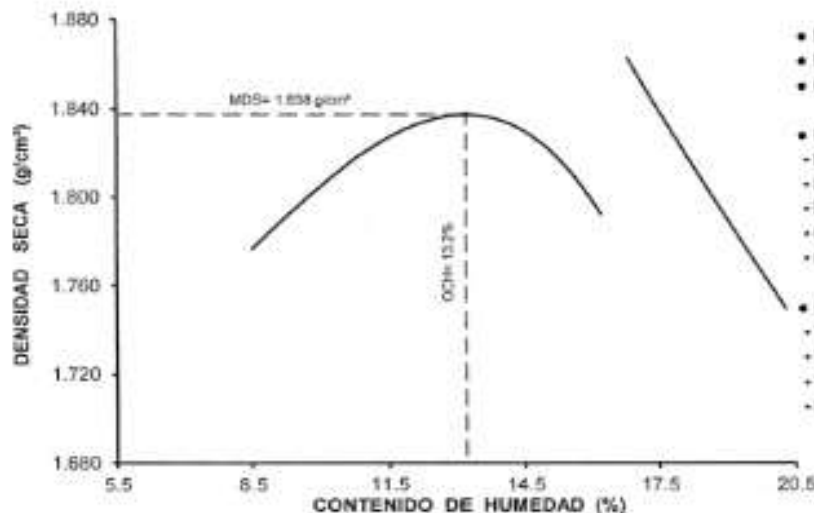
LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ MUESTRA : SUELOS
 DOMICILIO LEGAL : Av. El Retablo N° 1170, Coop. Vv.Primavera - Comas. IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural CS-02
 PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019
 REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02 CANTIDAD : 170 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.11 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.16 al 2019.10.17

MTC E-115 (2000) COMPACTACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN- m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))

01 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	3380.0	3452.0	3507.5	3510.0				
02 - Masa del Molde (g)	1552.0	1552.0	1552.0	1552.0				
03 - Masa Suelo Humedo (g)	1828.0	1900.0	1955.5	1958.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	936.0	936.0	936.0	936.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.953	2.030	2.089	2.092				
06 - Tarro N°	97	6	48	121	109	167	100	20
07 - Masa suelo humedo + tarro (g)	547.5	516.0	468.5	480.0	499.0	483.0	454.0	458.5
08 - Masa suelo seco + tarro (g)	510.4	480.5	430.0	421.8	450.4	434.7	413.1	405.9
09 - Masa del agua (g)	37.1	35.4	38.5	38.1	48.6	48.3	50.9	49.6
10 - Masa del tarro (g)	90.7	92.9	88.8	89.3	92.9	89.1	93.2	89.3
11 - Masa suelo seco (g)	419.7	387.7	341.2	332.6	357.5	345.6	319.9	319.6
12 - Contenido de Humedad (%)	8.84	9.13	11.28	11.46	13.59	13.98	15.91	15.52
13 - Promedio de Humedad (%)	9.0		11.4		13.8		15.7	
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.792		1.822		1.836		1.808	



- Método de compactación "A"
- Máxima densidad seca, g/cm³ 1.838
- Óptimo cont. de humedad, % 13.2
- Características del espécimen:
 - Masa espec. rel. de sólidos (MTC E-113) 2.712
 - Límite líquido, % (MTC E-110) 35.0
 - Índice de plasticidad, % (MTC E-111) 12.0
 - Clasificación SUCS (NTP 330.136) CL
 - Clasificación AASHTO (NTP 330.135) A-6-(11)
- Retenidos acumulados, % (*):
 - + Tamiz 3/4" (19.050 mm) (MTC E-107) 0.0
 - + Tamiz 3/8" (9.525 mm) (MTC E-107) 0.0
 - + Tamiz N° 4 (4.750 mm) (MTC E-107) 0.0
 - + Pasa tamiz N°200 (0.075 mm) (NTP 330.132) 87.0

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOP-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (1/12)
 pscl/hrs/lcc
 O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 24 de Octubre del 2019



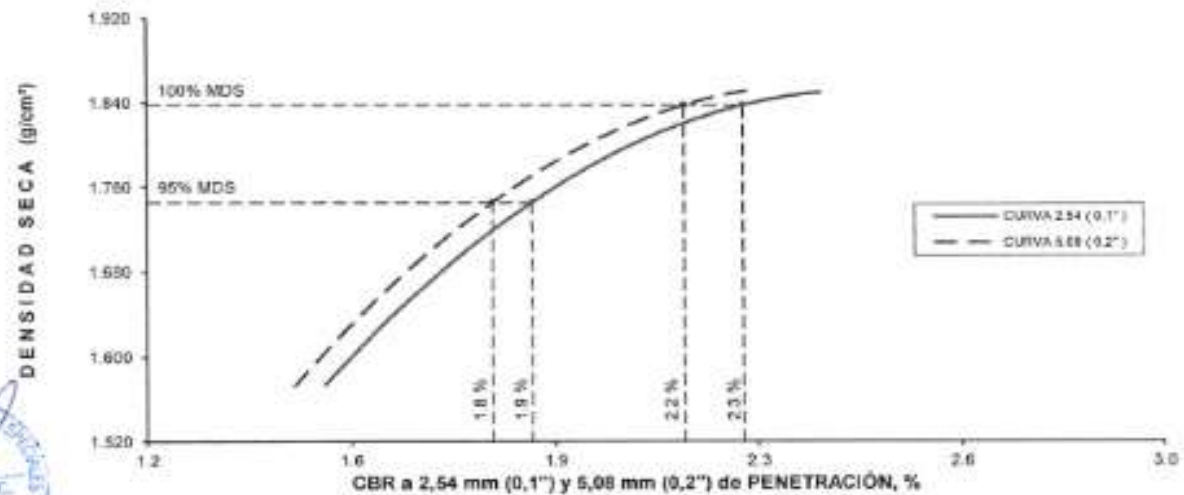
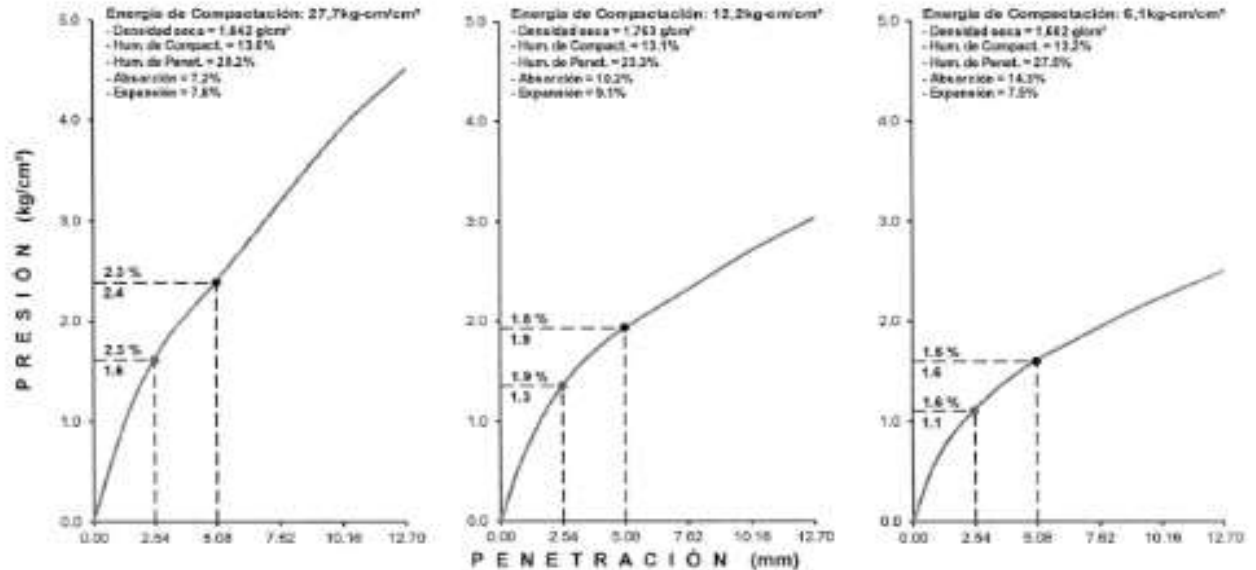


LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA : SUELOS
DOMICILIO LEGAL : Av. El Roble N° 1170, Coop. Vlv. Primavera - Comas	IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural CS-02
PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019	
REFERENCIA : REC. N° 201 - 2019 - FE - 02	CANTIDAD : 170 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.11	PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



UCC (2/12)
psc/hna/lcc
O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 24 de Octubre del 2019.





PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

000006

LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ
MUESTRA : SUELOS
DOMICILIO LEGAL : Av. El Relleño N° 1170, Coop. Vv.Primavera - Comas.
IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural CS-02
PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagaicillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019
REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.11
CANTIDAD : 170 kg
PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
FECHA DE ENSAYO : 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

- Procedimiento de Compactación (MTC E-115 (2000)) : "A"
Método de Preparación (MTC E-115 (2000)) : Húmedo
Máxima Densidad Seca (MDS) (MTC E-115 (2000)) : 1.838 g/cm³ (18.02 kN/m²)
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (MTC E-115 (2000)) : 13.2 %

- Penetración : 2.54 mm (0.1") 5.08 mm (0.2")
CBR al 100% de la MDS : 2.3 % 2.2 %
CBR al 95% de la MDS : 1.9 % 1.8 %

Table with 4 columns: Condición de la muestra ensayada, Especimen N° 01, Especimen N° 02, Especimen N° 03. Rows include: Energía de compactación, Densidad seca, Masa de sobrecarga, Expansión, Humedad, Humedad de penetración, Absorción.

- Características de los especímenes
Retenido acumulado en tamices (*) (MTC E-107) : 3/4" (19,050 mm) 0.0 %
Pasa tamiz N° 200 (NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm) 87.0 %
Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas (MTC E-113) : 2.712
Límite líquido (MTC E-110) : 35.0 %
Índice de plasticidad (MTC E-111) : 12.0 %
Clasificación SUCS (NTP 339.134) : CL
Clasificación AASHTO (NTP 339.135) : A-6-(11)

Observaciones :
Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
(*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11
Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOP- CRT del 07.01.98).
Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (3/12)
psc/hns/lcc
O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amari Nº 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mtc_lee@mtc.gob.pe



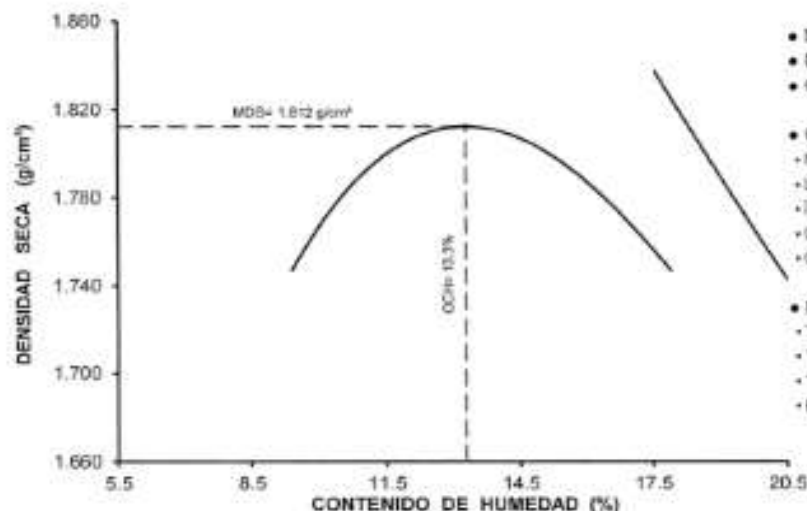
LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ MUESTRA : SUELOS
 DOMICILIO LEGAL : Av. El Retablo N° 1170, Coop. Vv Primavera - Comas. IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02
 PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019. + 10 % de Ceniza de Bagacillo (CB)
 REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02 CANTIDAD : 170 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.16 al 2019.10.17

MTC E-115 (2000) COMPACTACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN- m/m² (56000 pie-lbf/pie²))

01 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	3770.0	3827.0	3855.0	3853.5				
02 - Masa del Molde (g)	1915.0	1915.0	1915.0	1915.0				
03 - Masa Suelo Humedo (g)	1855.0	1912.0	1940.0	1938.5				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	937.0	937.0	937.0	937.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.980	2.041	2.070	2.069				
06 - Tarro N°	166	37	85	133	89	138	110	115
07 - Masa suelo humedo + tarro (g)	450.5	513.5	457.0	496.5	440.5	409.0	368.0	439.0
08 - Masa suelo seco + tarro (g)	413.5	473.9	414.9	450.6	395.1	367.8	324.8	390.8
09 - Masa del agua (g)	37.0	39.6	42.1	45.9	45.4	41.2	43.2	48.2
10 - Masa del tarro (g)	64.9	87.4	88.8	84.6	87.2	86.8	85.0	89.4
11 - Masa suelo seco (g)	328.6	386.5	326.1	366.0	307.9	281.0	239.8	301.4
12 - Contenido de Humedad (%)	11.26	10.25	12.91	12.54	14.75	14.66	18.02	15.99
13 - Promedio de Humedad (%)	10.8		12.7		14.7		17.0	
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.787		1.811		1.805		1.768	



- Método de compactación "A"
- Máxima densidad seca, g/cm³ 1.812
- Óptimo cont. de humedad, % 13.3

- Características del espécimen:
 - Masa espec. rel. de sólido (MTC E-113) 2.712
 - Límite líquido, % (MTC E-110) 35.0
 - Índice de plasticidad, % (MTC E-111) 12.0
 - Clasificación SUCS (NTP 399.134) CL
 - Clasificación AASHTO (NTP 399.135) A-6-(11)

- Retenidos acumulados, % (*):
 - Tamiz 34" (19,050 mm) (MTC E-107) 0.0
 - Tamiz 38" (9,525 mm) (MTC E-107) 0.0
 - Tamiz N° 4 (4,750 mm) (MTC E-107) 0.0
 - Para tamiz N°20 (0,074 mm) (NTP 399.132) 87.0

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (4/12)
 psc/lhrs/lcc
 O.S. N° 251

CONTROL DE CALIDAD
 P. SAGASTEGUI
 BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481.3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe

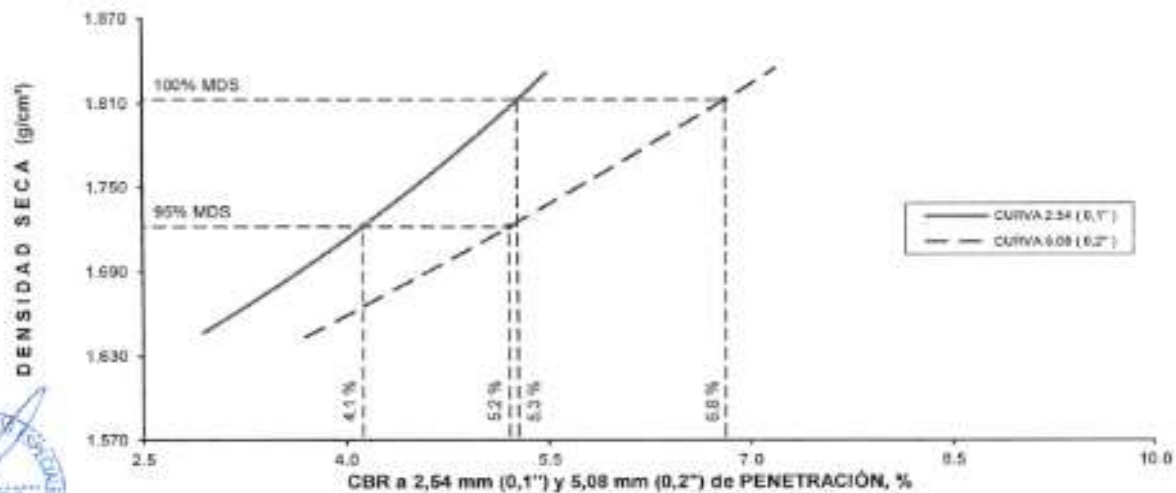
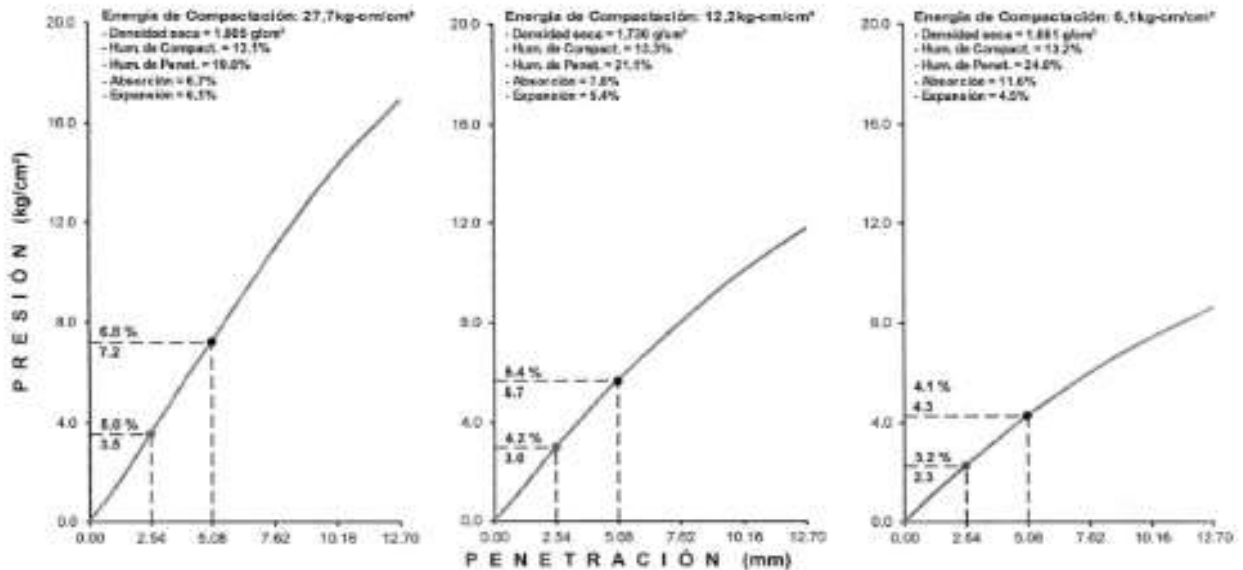


LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA : SUELOS
DOMICILIO LEGAL : Av. El Reble N° 1170, Coop. Vv. Primavera - Comas.	IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02
PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019	+ 10 % de Ceniza de Bagacillo (CB)
REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02	CANTIDAD : 170 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10	PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



UCC (5/12)
psc/hra/lcc
O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 155 - Rimac

Tel: (051) 481.3707

email: mac_dee@mfc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA : SUELOS
DOMICILIO LEGAL : Av. El Roble N° 1170, Coop. Vv.Pr Primavera - Comas.	IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02
PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019	+ 10 % de Ceniza de Bagacillo (CB)
REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02	CANTIDAD : 170 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10	PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

• Procedimiento de Compactación	(MTC E-115 (2000))	:	"A"	
• Método de Preparación	(MTC E-115 (2000))	:	Húmedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(MTC E-115 (2000))	:	1.812 g/cm ³	(17.77 kN/m ²)
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(MTC E-115 (2000))	:	13.3 %	

• Penetración	2,54 mm (0,1")	5,08 mm (0,2")
• CBR al 100% de la MDS	5.3 %	6.8 %
• CBR al 95% de la MDS	4.1 %	5.2 %

• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días		
	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm ²	12.2 kg*cm/cm ²	6.1 kg*cm/cm ²
• Densidad seca (antes de ser remojada)	1.805 g/cm ³	1.730 g/cm ³	1.661 g/cm ³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	6.09 %	5.41 %	4.54 %
• Humedad (antes de la compactación)	13.1 %	13.3 %	13.2 %
• Humedad de penetración	19.8 %	21.1 %	24.8 %
• Absorción	6.7 %	7.8 %	11.6 %

• Características de los especímenes			
• Retenido acumulado en tamices (*)	(MTC E-107)	:	3/4" (19,050 mm) 0.0 %
	(MTC E-107)	:	3/8" (9,525 mm) 0.0 %
	(MTC E-107)	:	N°4 (4,074 mm) 0.0 %
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132)	:	N°200 (0,074 mm) 87.0 %
• Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas	(MTC E-113)	:	2.712
• Límite líquido	(MTC E-110)	:	35.0 %
• Índice de plasticidad	(MTC E-111)	:	12.0 %
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134)	:	CL
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135)	:	A-6-(11)

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (6/12)
 pcc/hra/lcc
 O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mtc_dee@mtc.gob.pe



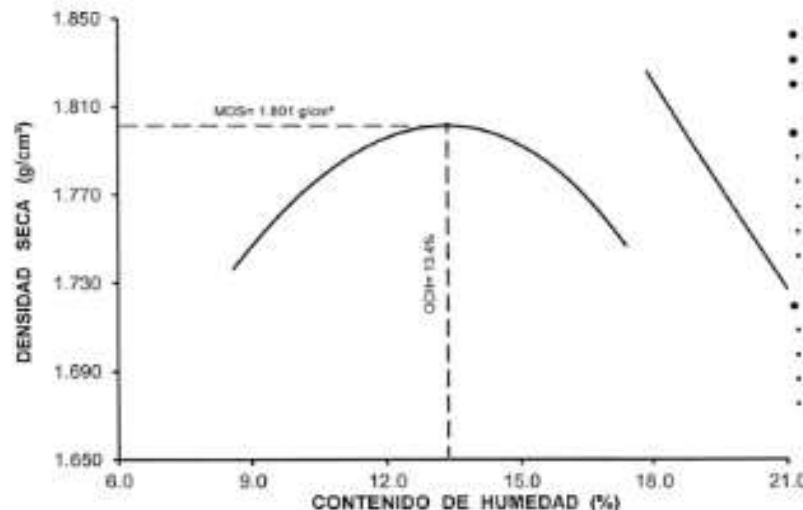
LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ MUESTRA : SUELOS
 DOMICILIO LEGAL : Av. El Retablo N° 1170, Coop. Viv. Primavera - Comas. IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02
 PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019 + 15 % de Ceniza de Bagacillo (CB)
 REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02 CANTIDAD : 170 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.16 al 2019.10.17

MTC E-115 (2000) COMPACTACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN- m/m² (56000 pie-lbf/pie²))

01 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	3732.5	3785.0	3833.5	3848.0				
02 - Masa del Molde (g)	1915.0	1915.0	1915.0	1915.0				
03 - Masa Suelo Humedo (g)	1817.5	1870.0	1918.5	1933.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	937.0	937.0	937.0	937.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.940	1.996	2.047	2.063				
06 - Tarro N°	131	73	56	31	53	96	113	126
07 - Masa suelo humedo + tarro (g)	487.0	403.0	471.0	506.0	505.0	538.0	444.0	474.0
08 - Masa suelo seco + tarro (g)	457.1	372.8	430.0	461.3	454.5	483.1	395.9	421.4
09 - Masa del agua (g)	29.9	30.2	41.0	43.7	50.5	54.9	48.1	52.6
10 - Masa del tarro (g)	143.0	87.3	82.3	85.4	84.4	84.6	90.7	89.0
11 - Masa suelo seco (g)	314.1	305.5	347.7	375.9	370.1	398.5	305.2	332.4
12 - Contenido de Humedad (%)	9.52	9.89	11.79	11.63	13.65	13.78	15.76	15.82
13 - Promedio de Humedad (%)	9.7		11.7		13.7		15.8	
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.768		1.787		1.800		1.782	



- Método de compactación **"A"**
- Máxima densidad seca, g/cm³ **1.801**
- Óptimo cont. de humedad, % **13.4**
- Características del espécimen:
 - Masa espec. rel. de sólidos (MTC E-113) **2.712**
 - Límite líquido, % (MTC E-110) **35.0**
 - Índice de plasticidad, % (MTC E-111) **12.0**
 - Clasificación SUCS (NTP 339.134) **CL**
 - Clasificación AASHTO (NTP 339.135) **A-6-(11)**
- Retenidos acumulados, % (*):
 - Tamiz 3/4" (19.050 mm) (MTC E-107) **0.0**
 - Tamiz 3/8" (9.525 mm) (MTC E-107) **0.0**
 - Tamiz N° 4 (4.763 mm) (MTC E-107) **0.0**
 - Pasa tamiz N°200 (0.075 mm) (NTP 339.132) **87.0**

Observaciones :
 Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11
 Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOP-CRT del 07.01.98).
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (7/12)
 psc/fra/lcc
 O.S. N° 251



BACIJ. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 24 de Octubre del 2019



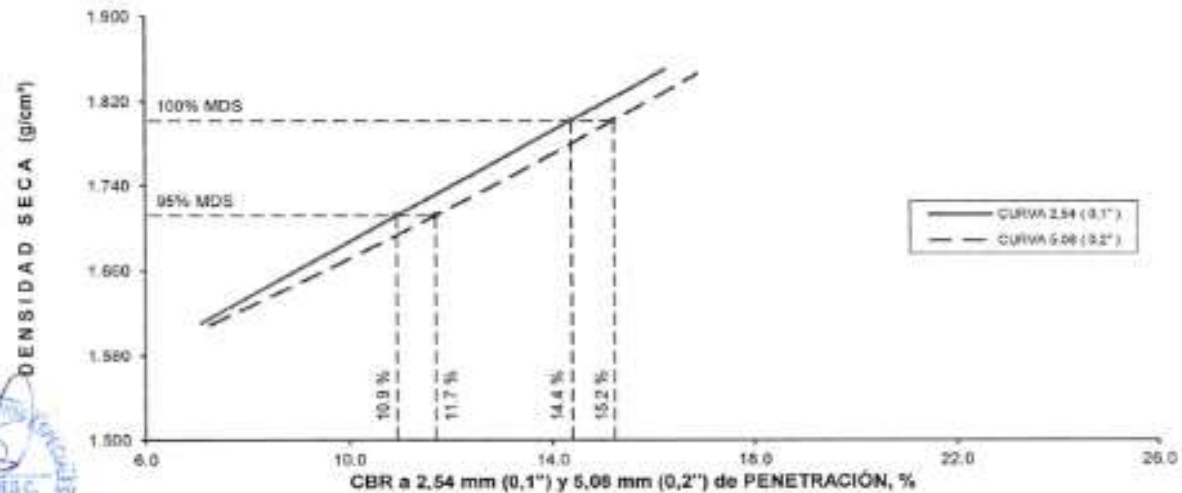
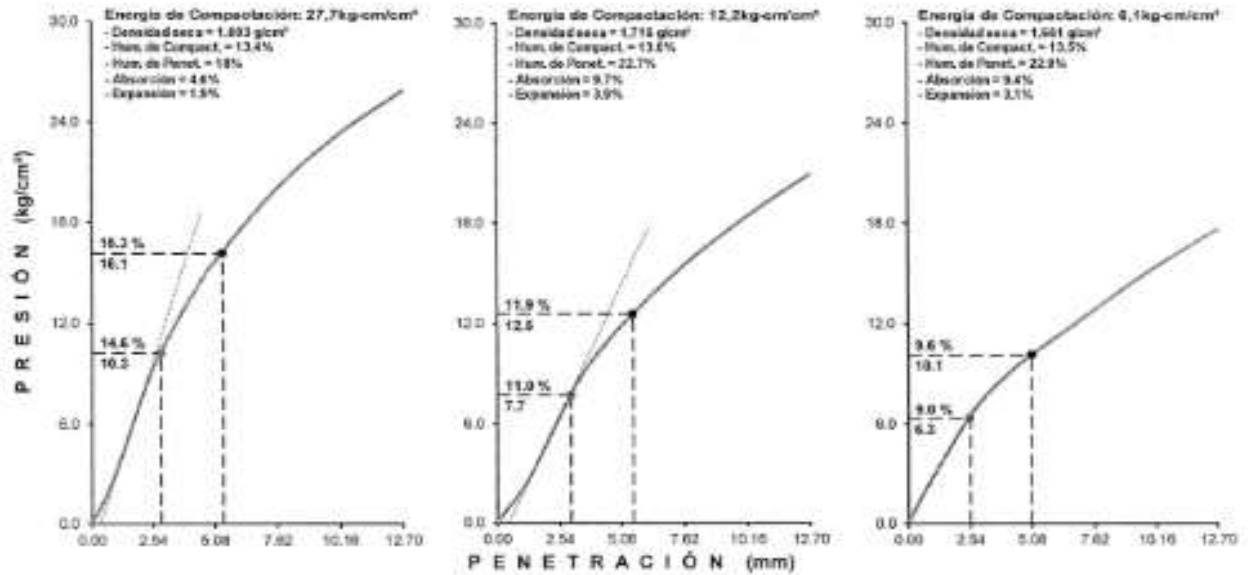


LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA : SUELOS
DOMICILIO LEGAL : Av. El Retablo N° 1170, Coop. Vv. Primavera - Conas.	IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02
PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - base en la Av. Universitaria, 2019	+ 10 % de Ceniza de Bagacillo (CB)
REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02	CANTIDAD : 170 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10	PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



UCC (8/12)
psc/hrs/lcc
O.S. N° 251

CONTROL DE CALIDAD
P. SAGASTEGUI
BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Tupac Amaru 150 - Rimac. Tel: (051) 481-3707 email: mtc_lee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ
 DOMICILIO LEGAL : Av. El Retablo N° 1170, Coop. Vir. Primavera - Comas.
 PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019

MUESTRA : SUELOS
 IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02 + 15 % de Ceniza de Bagacillo (CB)

REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10

CANTIDAD : 170 kg
 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

- Procedimiento de Compactación (MTC E-115 (2000)) : "A"
- Método de Preparación (MTC E-115 (2000)) : Húmedo
- Máxima Densidad Seca (MDS) (MTC E-115 (2000)) : 1.801 g/cm³ (17.67 kN/m³)
- Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (MTC E-115 (2000)) : 13.4 %

- Penetración : 2,54 mm (0,1") 5,08 mm (0,2")
- CBR al 100% de la MDS : 14.4 % 15.2 %
- CBR al 95% de la MDS : 10.9 % 11.7 %

• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días		
	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm ²	12.2 kg*cm/cm ²	6.1 kg*cm/cm ²
• Densidad seca (antes de ser remojada)	1.803 g/cm ³	1.716 g/cm ³	1.661 g/cm ³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	1.89 %	3.92 %	3.15 %
• Humedad (antes de la compactación)	13.4 %	13.0 %	13.5 %
• Humedad de penetración	18.0 %	22.7 %	22.9 %
• Absorción	4.6 %	9.7 %	9.4 %

- Características de los especímenes
- Retenido acumulado en tamices (*) (MTC E-107) : 3/4" (19,050 mm) 0.0 %
 (MTC E-107) : 3/8" (9,525 mm) 0.0 %
 (MTC E-107) : N°4 (4,074 mm) 0.0 %
- Pasa tamiz N° 200 (NTP 339,132) : N°200 (0,074 mm) 87.0 %
- Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas (MTC E-113) : 2.712
- Límite líquido (MTC E-110) : 35.0 %
- Índice de plasticidad (MTC E-111) : 12.0 %
- Clasificación SUCS (NTP 339,134) : CL
- Clasificación AASHTO (NTP 339,135) : A-6-(11)

Observaciones :
 Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11
 Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOP-CRT del 07.01.98).
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (N12)
 psc/hrs/lcc
 O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mtc_dee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

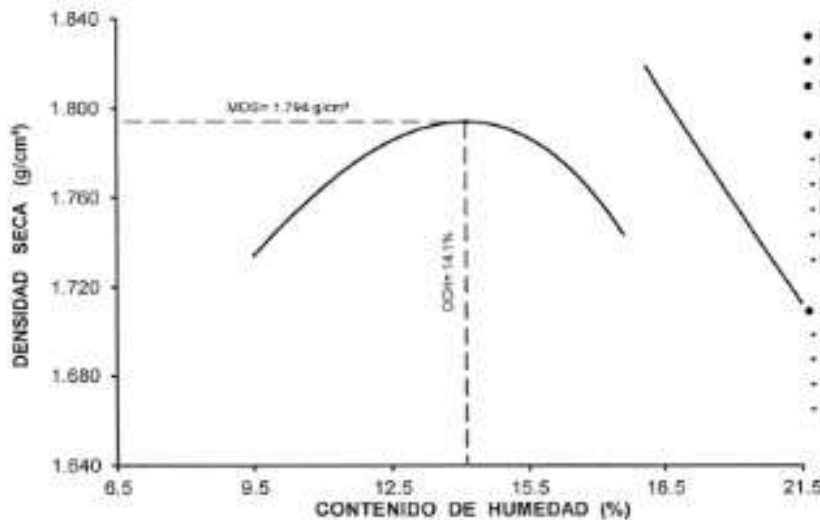
INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ MUESTRA : SUELOS
 DOMICILIO LEGAL : Av. El Retablo N° 1170, Cseop. Viv. Primavera - Comas. IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02
 PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019 + 20 % Ceniza de Bagacillo

REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02 CANTIDAD : 170 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.10 al 2019.10.17

MTC E-115 (2000) COMPACTACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN- m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))

01 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	3717.0	3788.0	3835.0	3850.0				
02 - Masa del Molde (g)	1915.0	1915.0	1915.0	1915.0				
03 - Masa Suelo Humedo (g)	1802.0	1873.0	1920.0	1935.0				
04 - Volumen del Molde (cm³)	937.0	937.0	937.0	937.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.923	1.999	2.049	2.065				
06 - Tarro N°	116	54	157	75	63	46	9	64
07 - Masa suelo humedo + tarro (g)	456.0	491.5	456.0	519.0	531.5	562.0	452.5	546.0
08 - Masa suelo seco + tarro (g)	421.7	454.2	415.5	472.2	476.5	503.2	398.4	481.4
09 - Masa del agua (g)	34.3	37.3	40.5	46.8	55.0	58.8	54.1	64.6
10 - Masa del tarro (g)	83.1	87.4	83.3	86.7	87.1	89.8	86.0	83.2
11 - Masa suelo seco (g)	338.6	366.8	332.2	385.5	389.4	413.4	332.4	398.2
12 - Contenido de Humedad (%)	10.13	10.17	12.19	12.14	14.12	14.22	16.28	16.22
13 - Promedio de Humedad (%)	10.1		12.2		14.2		16.2	
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.747		1.782		1.794		1.777	



- Método de compactación "A"
- Máxima densidad seca, g/cm³ 1.794
- Óptimo cont. de humedad, % 14.1
- Características del espécimen:
 - Masa espec. relat. de sólidos (MTC E-113) 2.712
 - Límite líquido, % (MTC E-110) 35.0
 - Índice de plasticidad, % (MTC E-111) 12.0
 - Clasificación SUCS (NTP 339.134) CL
 - Clasificación AASHTO (NTP 330.135) A-6-(11)
- Retenidos acumulados, % (*):
 - Tamiz 39" (10.00 mm) (MTC E-107) 0.0
 - Tamiz 38" (9.525 mm) (MTC E-107) 0.0
 - Tamiz N° 4 (4.750 mm) (MTC E-107) 0.0
 - Pasa tamiz N°200 (0.075 mm) (NTP 339.132) 87.0

Observaciones :
 Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11
 Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (10/12)
 psc/hrs/lcc
 O.S. N° 251



BACH. INDR PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Topoc Ameru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac_dew@mrc.gob.pe

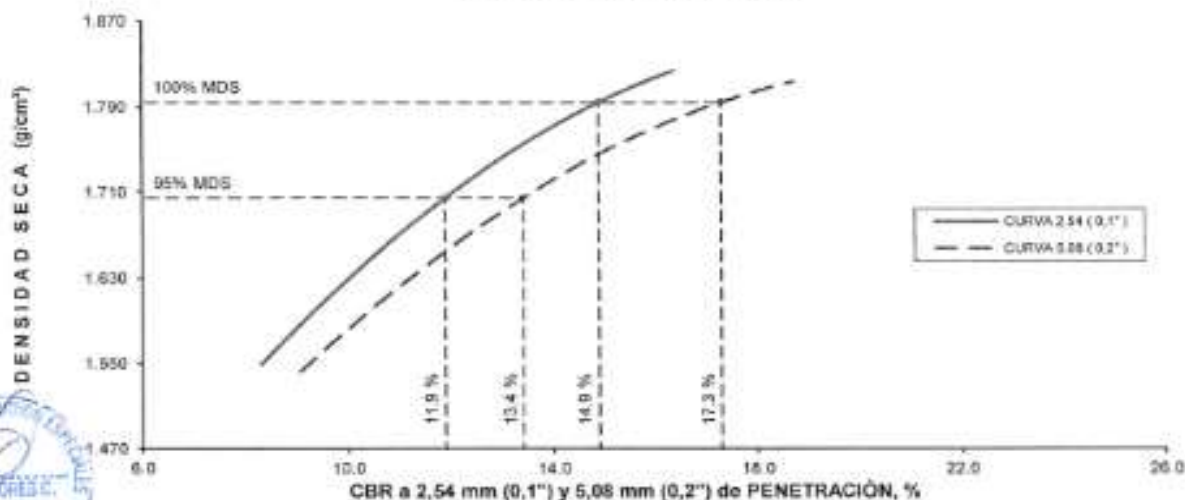
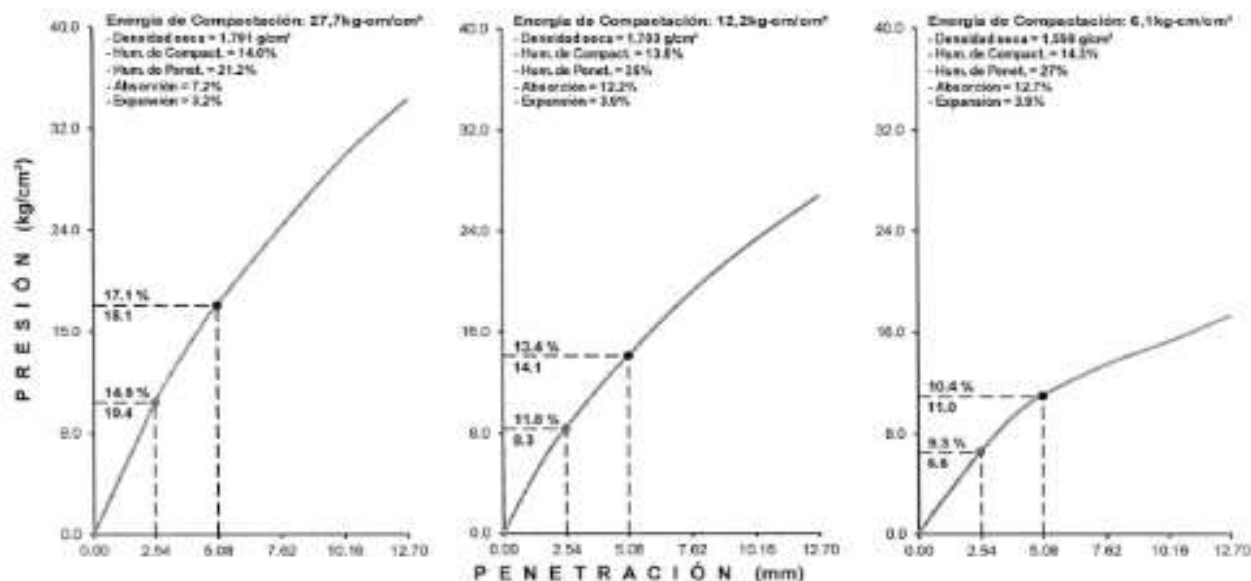


LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA : SUELOS
DOMICILIO LEGAL : Av. El Retable N° 1170, Coop. Vv.Primavera - Conas.	IDENTIFICACIÓN : Suelo Natural SC-02
PROYECTO : Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - rasante en la Av. Universitaria, 2019	+ 20 % Ceniza de Bagacillo
REFERENCIA : REC N° 201 - 2019 - FE - 02	CANTIDAD : 170 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.10.10	PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



UCC (11/12)
psc/hrw/lcc
O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
Fecha: 24 de Octubre del 2019





LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 262 - 2019 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ADEMIR CCANTO DIAZ	MUESTRA	: SUELOS
DOMICILIO LEGAL	: Av. El Retablo N° 1170, Coop. Vv. Primavera - Comas.	IDENTIFICACIÓN	: Suelo Natural SC-02
PROYECTO	: Estabilización de suelo arcilloso con Cenizas de Bagacillo (CB), para el mejoramiento de la sub - casante en la Av. Universitaria, 2019		+ 20 % Ceniza de Bagacillo
REFERENCIA	: REC N° 201 - 2019 - FE - 02	CANTIDAD	: 170 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019.10.10	PRESENTACIÓN	: 04 Sacos de Polietileno
		FECHA DE ENSAYO	: 2019.10.18 al 2019.10.22

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

• Procedimiento de Compactación	(MTC E-115 (2000))	:	"A"	
• Método de Preparación	(MTC E-115 (2000))	:	Húmedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(MTC E-115 (2000))	:	1.794 g/cm ³	(17.59 kN/m ²)
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(MTC E-115 (2000))	:	14.1 %	

• Penetración	2,54 mm (0,1")	5,08 mm (0,2")
• CBR al 100% de la MDS	14.9 %	17.3 %
• CBR al 95% de la MDS	11.9 %	13.4 %

• Condición de la muestra ensayada

Embebido en agua; 4 días

	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm ²	12.2 kg*cm/cm ²	6.1 kg*cm/cm ²
• Densidad seca (antes de ser remojada)	1.791 g/cm ³	1.703 g/cm ³	1.598 g/cm ³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	3.17 %	3.94 %	3.95 %
• Humedad (antes de la compactación)	14.0 %	13.6 %	14.3 %
• Humedad de penetración	21.2 %	20.0 %	27.0 %
• Absorción	7.2 %	12.2 %	12.7 %

• Características de los especímenes

• Retenido acumulado en tamices (*)	(MTC E-107)	:	3/4" (19,050 mm)	0.0 %
	(MTC E-107)	:	3/8" (9,525 mm)	0.0 %
	(MTC E-107)	:	N°4 (4,074 mm)	0.0 %
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132)	:	N°200 (0,074 mm)	87.0 %
• Peso Especifico Relativo de Partículas Sólidas	(MTC E-113)	:	2.712	
• Límite líquido	(MTC E-110)	:	35.0 %	
• Índice de plasticidad	(MTC E-111)	:	12.0 %	
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134)	:	CL	
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135)	:	A-6-(11)	

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.10.11

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPH-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (12/12)
 psc/hns/lcc
 O.S. N° 251



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 24 de Octubre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Tupac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe

ANEXO 6: NORMAS TECNICAS



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



MANUAL DE CARRETERAS

SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS

R.D. N° 10 - 2014 - MTC/14





CAPÍTULO IV

SUELOS





SUELOS

En este capítulo se desarrollan pautas para identificar las características y la clasificación de los suelos que se utilizarán en la construcción de los pavimentos de las carreteras del Perú.

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aun con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

4.1 Exploración de suelos y rocas

AASHTO para la investigación y muestreo de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM D420-69; para el presente manual, se aplicará para todos los efectos el procedimiento establecido en las normas MTC E101, MTC E 102, MTC E 103 y MTC E 104, que recoge los mencionados alcances de AASHTO y ASTM. En este capítulo se dan pautas complementarias para llevar a cabo el muestreo e investigación de suelos y rocas.

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía.

El programa de exploración e investigación de campo incluirá la ejecución de calicatas o pozos exploratorios, cuyo espaciamiento dependerá fundamentalmente de las características de los materiales subyacentes en el trazo de la vía. Generalmente están espaciadas entre 250 m y 2,000 m, pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los casos de:

- cambio en la topografía de la zona en estudio;
- por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular
- delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o inadecuados;
- zonas que soportarán terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0 m;
- zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural ($h < 0.6$ m);
- en zonas de corte, se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de sub rasante.

De las calicatas o pozos exploratorios deberán obtenerse de cada estrato muestras representativas en número y cantidades suficientes de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y del equipo de ensayo a ser usado.





Con las muestras obtenidas en la forma descrita, se efectuarán ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos, asimismo se determinará un perfil estratigráfico de los suelos (eje y bordes), debidamente acotado en un espesor no menor a 1.50 m, teniendo como nivel superior la línea de sub rasante del diseño geométrico vial y debajo de ella, espesores y tipos de suelos del terrapién y los del terreno natural, con indicación de sus propiedades o características y los parámetros básicos para el diseño de pavimentos. Para obtener el perfil estratigráfico en zonas donde existirán cortes cerrados, se efectuarán métodos geofísicos de prospección que permitan determinar la naturaleza y características de los suelos y/o roca subyacente (según Norma MTC E 101).

4.2 Caracterización de la sub rasante

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo al [cuadro 4.1](#).

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, si se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía, tal como se mencionan en el [numeral 4.1](#) del presente manual.

Cuadro 4.1
Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 vehículos, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 5 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Dúales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 vehículos, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 5 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 vehículos, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 vehículos, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 vehículos, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tráfico: carreteras con un IMDA ≤ 200 vehículos, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/H y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC.





El número de calcatas indicado en el [cuadro 4.1](#), se aplica para pavimentos nuevos, reconstrucción y mejoramiento. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de calcatas indicadas en el referido cuadro espaciadas cada 2.0 km en vez de cada km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de calcatas del [cuadro 4.1](#) espaciadas cada 4.0 km en vez de cada km. En el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos se tendrá en cuenta los resultados de las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo 4 calcatas) en correspondencia con los puntos de ensayo, una calcata donde la deflexión es máxima, una segunda calcata donde la deflexión es cercana a la deflexión característica, una tercera calcata donde la deflexión es cercana a la deflexión promedio y una cuarta calcata donde la deflexión ha sido mínima.

Las calcatas y ensayos efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar calcatas y ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud entre 500 m y 1,000 m el número de calcatas a realizar será la cantidad de calcatas para un kilómetro indicada en el [cuadro 4.1](#). Si el tramo tiene una longitud menor a 500 m, el número de calcatas a realizar será la mitad de calcatas indicada en el [cuadro 4.1](#).

Si a lo largo del avance del estacado las condiciones topográficas o de trazo, muestran por ejemplo cambios en el perfil de corte a terraplén; o la naturaleza de los suelos del terreno evidencia un cambio significativo de sus características o se presentan suelos erráticos o irregulares, se deben ejecutar más calcatas por kilómetro en puntos singulares, que verifiquen el cambio.

También se determinará la presencia o no de suelos orgánicos, suelos expansivos, napa freática, rellenos sanitarios, de basura, etc., en cuyo caso las calcatas deben ser más profundas, delimitando los sectores con sub rasante pobre o inadecuada que requerirá, para determinar el tipo de estabilización o mejoramiento de suelos de la sub rasante, de estudios geotécnicos de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable sustente en su Informe Técnico que la solución adoptada según la naturaleza del suelo, alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Este tipo de estudios también se realizarán en caso de terraplenes con altura mayor a 5.0 m. En este caso, los valores representativos resultado de los ensayos será sólo válida para el respectivo sector.

Donde se encuentre macizo rocoso dentro de la profundidad de investigación, se deberá aplicar lo establecido en la norma MTC E 101.

4.2.1 Registros de excavación

De los estratos encontrados en cada una de las calcatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación de la calcata (con coordenadas UTM, WGS84), número de





muestra y profundidad y luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada uno de los estratos del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales. Así mismo se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de Módulos de resiliencia (M_R) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de M_R , la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera (ver [cuadro 4.2](#)).

Cuadro 4.2
Número de Ensayos M_R y CBR

Tipo de Carretera	N° M_R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD-037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(*) La necesidad de efectuar los ensayo de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencias, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra

El número de ensayos indicado en el [cuadro 4.2](#), se aplica para pavimentos nuevos, mejoramiento y rehabilitación. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de ensayos indicados en el referido cuadro, por 2 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Tercera Clase "Cada 4.0 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 2.0 km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de ensayos del [cuadro 4.2](#), por 3 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Segunda Clase "Cada 4,5 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 1.5 km). Para el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos, se tendrá en cuenta las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo dos CBR) en correspondencia con los puntos de ensayo, un CBR donde la deflexión ha



sido máxima y el segundo CBR donde la deflexión es cercana a la deflexión característica.

Los ensayos de M_R o de CBR efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud menor a la indicada, en el **cuadro 4.2**, para el número de M_R o de CBR a realizar, la cantidad de ensayos indicada en el cuadro debe ser tomada como mínima.

Se podrán realizar ensayos in situ, como el CBR en el terreno según ensayo MTC E 133-2000 y el ensayo mediante Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), cuya principal limitación se presenta en las mediciones de suelos con bolonería, pero resulta muy útil en suelos finos o blandos, donde precisamente se requiere de mayores evaluaciones del suelo y sus estratos, por lo que en este caso debe efectuarse este tipo de ensayos que permitirá tramificar mejor la capacidad soporte de la sub rasante. La cantidad de ensayos mínima será igual al número de calicatas indicado en el **cuadro 4.1**.

Los ensayos utilizando el LWD (deflectómetro de impacto liviano) o el SPT (ensayo de penetración estándar), se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del MTC vigente, complementariamente se podrán utilizar las normas internacionales ASTM o AASHTO.

4.3 Descripción de los suelos

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a la metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS, se utilizarán los signos convencionales de los **cuadros 4.3 y 4.4**:

Cuadro 4.3
Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		Materia Orgánica
	A-2-6		Roca Sana
	A-2-7		Roca Desintegrada
	A-4		

Fuente: Simbología AASHTO





Cuadro 4.4 Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla gruesa, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla negra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limosa poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micaáceo o diatomáceo, limo elástico

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Tierras, suelo considerablemente orgánico

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E.101. Símbolos gráficos para suelos

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

- a. **Granulometría:** representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo se definen los siguientes términos:





Cuadro 4.5
Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

Tipo de Material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
	Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo: 0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla: Menor a 0.005 mm

b. La Plasticidad: es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC E 112).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:





Cuadro 4.6
Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

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

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de sub rasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

- c. Equivalente de Arena:** Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC E 114). Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar.

El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo:

Cuadro 4.7
Clasificación de suelos según Equivalente de Arena

Equivalente de Arena	Característica
si EA > 40	el suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	el suelo es poco plástico y no helado
si EA < 20	el suelo es plástico y arcilloso

- d. Índice de Grupo:** es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

- a** = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- b** = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- c** = LL - 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- d** = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice ≥ 20 , un suelo no utilizable para caminos.



Cuadro 4.8
Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Buena
IG está entre 0 - 1	Muy Buena

e. Humedad Natural: Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de sub rasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

f. Clasificación de los suelos: Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el [cuadro 4.9](#). Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Cuadro 4.9
Correlación de Tipos de suelos AASHTO - SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM -D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

Para complementar la información se presenta el [cuadro 4.10](#), que muestra la Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.





Cuadro 4.10
Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de: 2 mm (N° 10) 0.425 mm (N° 40) F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 50	máx. 50	min. 51									
	máx. 30	máx. 50	min. 51									
	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40) Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40) LL: Límite de Líquido IP: Índice de Plasticidad				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41
	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 ^(a)	min. 11 ^(b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente o bueno						Regular a insuficiente					

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-1b (IG 2) (2); A-4 (IG 1); A-7.5 (17), etc.
 IG = (F-35) [(2+0.005 (LL-40)) + 0.01 (F-15)(P-10)]





g. Ensayos CBR: (ensayo MTC E 132), una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la sub rasante, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de sub rasante, según **Cuadro 4.11**.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de sub rasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Cuadro 4.11
Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia

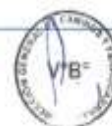
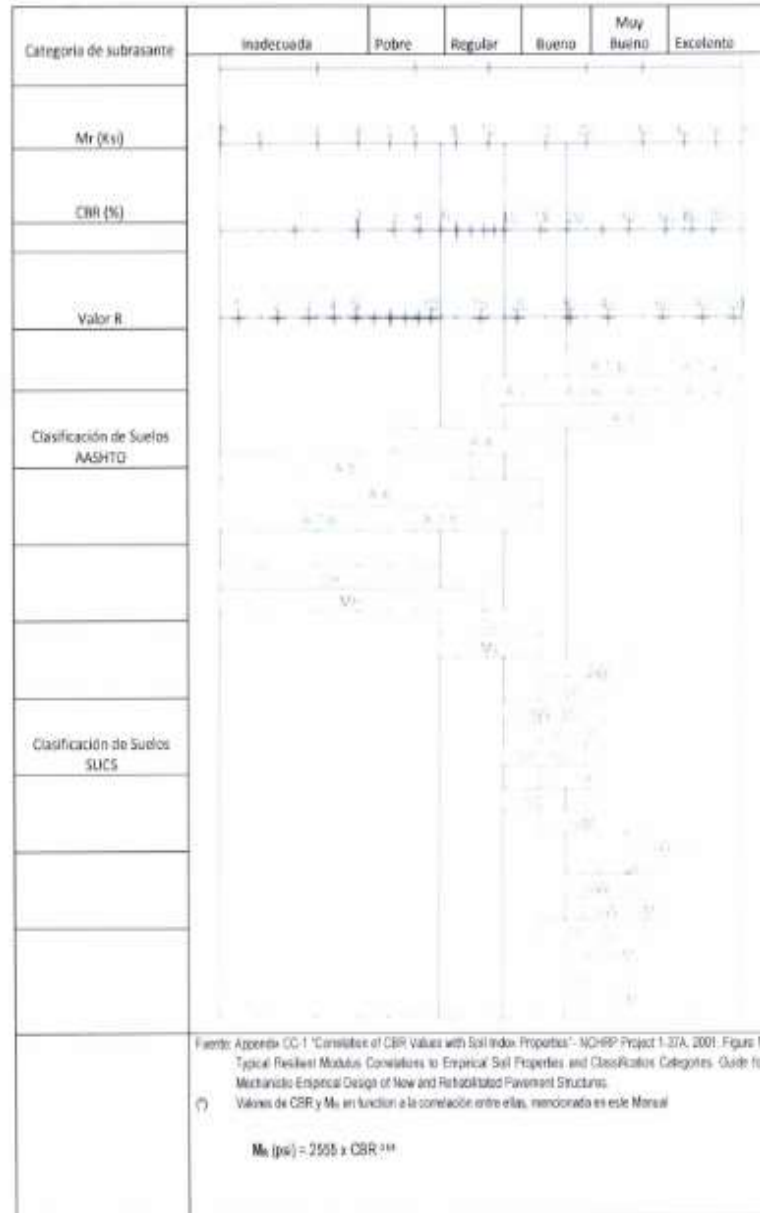




Figura 4.1
Correlaciones Típicas entre las Clasificaciones y
Propiedades de los Suelos con el Módulo de Resiliencia (*)





h. Ensayo de Módulo Resiliente

El método de diseño de pavimentos predominante en nuestro medio, es el correspondiente a la metodología AASHTO 1993 y el parámetro de importancia requerido por dicha metodología es el Módulo Resiliente (M_R) o Elástico del material que conforma el par Pavimento-Subrasante.

Debido a lo especializado en la realización del ensayo de Módulo Resiliente, se cuenta con las publicaciones Design Pamphlet for the Determination of Design Subgrade in support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures (Publicación Nº FHWA-RD-97-083) y Design Pamphlet for the Determination of Layered Elastic Moduli for Flexible Pavement Design in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures (Publicación Nº FHWA-RD-97-077). Además la Guía AASHTO, recomendó para esa edición de 1993 el uso de una correlación M_R -CBR, solo para casos de suelos finos y $CBR \leq 10\%$ obtenido por el método del Cuerpo de Ingenieros USA.

En décadas pasadas y a nivel mundial diversos investigadores hallaron para diferentes tipos de suelos, correlaciones aplicables a su propia realidad y que algunos diseñadores las adoptaron. Uno de estas correlaciones es la planteada por TRRL en 1983 para valores de CBR entre 2% a 12%, la misma que se contempló utilizar en el proyecto NCHRP 1-37A, pero que evaluada a través del proyecto 1-40A del mismo programa NCHRP. Se cuestionó su confiabilidad debido al procedimiento seguido en su determinación (técnicas de propagación de ondas) por lo que no es tomada en cuenta en la última edición de la guía AASHTO-2008 (manual MEPDG), recomendándose más bien (Tabla 11-10) valores característicos de M_R de acuerdo al tipo de suelo.

Para fines de diseño de pavimentos nuevos, se deben obtener los respectivos Módulos de Resiliencia (M_R) mediante el desarrollo del Ensayo en laboratorio. en vez del uso de correlaciones debido a que sus resultados son muy sensibles a los factores relacionados a las propiedades del suelo y procedimientos de ensayo CBR -recordar que es la condición de un suelo sumergido- y por ende tendrían un gran sesgo, por lo que la tendencia de las instituciones especializadas en el tema inciden más en el desarrollo del ensayo de Módulo Resiliente; otra opción a sopesar desde el punto de vista de ingeniería es la adopción de valores típicos del M_R según las características del suelo o material en estudio.

Para ejecutar el ensayo de Módulo Resiliente se utilizará la norma MTC E 128 (AASHTO T274). El Módulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de suelos, reconociéndole ciertas características no lineales. El Módulo de resiliencia se usa directamente en el diseño de pavimentos flexibles; y, para el diseño de pavimentos rígidos, debe convertirse a módulo de reacción de la sub rasante (valor k).





Con fines ilustrativos los catálogos de estructuras de pavimentos, mostrados en el presente manual, tienen un carácter referencial, por lo que necesariamente tendrán que ser validados en razón a los criterios expuestos en los párrafos precedentes.

A manera referencial se presenta la [Figura 4.1](#) de correlaciones típicas entre las clasificaciones y características de los suelos y el Módulo de Resiliencia, preparado por la NAPA Information Series 117 "Guidelines for Use of HMA Overlays to Rehabilitate PCC Pavements", 1994 y que está incluida en el documento Appendix CC-1 "Correlation of CBR values with soil index properties".

4.4 Ensayos de laboratorio

Con las muestras extraídas de las calicatas efectuadas, se realizarán los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E 110.
- Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E 111.
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E 108.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Contenido Sulfatos ASTM D-516
- Contenido Cloruros ASTM D-512
- Contenido Sales Solubles Totales MTC E 219.
- Clasificación AASHTO M-145

Ensayos Especiales

- California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC E 132, o Módulo resiliente de suelos de sub rasante AASHTO T 274, MTC E 128.
- Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115.
- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC E 114.
- Ensayo de Expansión Libre ASTM D-4546
- Colapsabilidad Potencial ASTM D-5333
- Consolidación Uniaxial ASTM D-2435

Los ensayos deben ser ejecutados en laboratorios competentes que cuenten con:

- Personal calificado
- Instalaciones que faciliten la correcta ejecución de los ensayos
- Métodos y procedimientos apropiados para la realización de los ensayos, siguiendo las Normas de Ensayos del MTC o normas internacionales como ASTM o AASHTO, incluyendo técnicas estadísticas para el análisis de los datos de ensayo.
- Equipos debidamente calibrados, que garanticen la exactitud o validez de los resultados de los ensayos. Antes del inicio de los ensayos o de la puesta en servicio el proveedor debe presentar los respectivos certificados de





PERU

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

calibración de sus equipos, emitidos por Laboratorios de Calibración acreditados.

- Aseguramiento de calidad de los resultados de los ensayos.
- Informe de resultados de cada ensayo, presentado en forma de informe de ensayo o certificado de ensayo, que exprese el resultado de manera exacta, clara, sin ambigüedades y objetivamente, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo.

4.5 Informe de exploración

4.5.1 Perfil estratigráfico

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se realizará una descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados en las calcatas o pozos. Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos para definir el CBR de diseño para cada sector homogéneo.

4.5.2 Sectorización

Para efectos del diseño de la estructura del pavimento se definirán sectores homogéneos donde, a lo largo de cada uno de ellos, las características del material del suelo de fundación o de la capa de sub rasante se identifican como uniforme. Dicha uniformidad se establecerá sobre la base de las características físico-mecánicas de los suelos (Clasificación, plasticidad). El proceso de sectorización requiere de análisis y criterio del proyectista, teniendo en cuenta las características del material de suelo de la sub rasante, el tráfico vial, el drenaje y/o subdrenaje, microclimas y otros aspectos que considere el Ingeniero Responsable.

Para la identificación de los sectores de características homogéneas, se tendrá en cuenta los resultados de las prospecciones y ensayos, previamente a ello se deberá establecer una estrategia para efectuar el programa exploratorio y, a partir de ello, se ordenará la toma de las muestras necesarias de cada perforación, de manera de poder evaluar aquellas características que siendo determinantes en su comportamiento, resulten de sencilla e indiscutible determinación.

4.5.3 Cortes y terraplenes

Los taludes de corte dependerán de la naturaleza del terreno y de su análisis de estabilidad (Estudio Geotécnico), pudiendo utilizarse (a modo referencial) las siguientes relaciones de corte en talud (V: H), que son apropiados para los tipos de materiales (rocas y suelos) indicados en el [cuadro 4.12](#).



**Cuadro 4.12**
Taludes de Corte

CLASE DE TERRENO	TALUD (V: H)		
	V ≤ 5m	5m < V ≤ 10m	V > 10m
Roca Fija	10 : 1	10 : 1 (*)	(**)
Roca Suelta	6 : 1 - 4 : 1	4 : 1 - 2 : 1 (*)	(**)
Conglomerados Cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos Consolidados Compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados Comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra Compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Tierra Suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas Sultas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arañas o zonas húmedas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad

(**) Requiere Análisis de Estabilidad

Nota: La relación V: H, indica que V corresponde a la altura vertical del talud y H la distancia horizontal.

Los taludes de relleno igualmente estarán en función de los materiales empleados, pudiendo utilizarse (a modo de taludes de relleno referenciales) los siguientes que son apropiados para los tipos de material incluidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.13
Taludes de Relleno

Materiales	Talud (V: H)		
	V ≤ 5m	5m < V ≤ 10m	V > 10m
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arenas Limpas	1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad

(**) Requiere Análisis de Estabilidad

4.5.4 Sub rasante

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo a la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica. En el [Capítulo 9](#) Estabilización de Suelos, se describen diversos tipos de estabilización de suelos.

Para poder asignar la categoría de sub rasante indicada en el [cuadro 4.10](#), los suelos de la explanación debajo del nivel superior de la sub rasante, deberán tener un espesor mínimo de 0.60 m del material correspondiente a la



categoría asignada, caso contrario se asignará a la categoría inmediata de calidad inferior.

El nivel superior de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una sub rasante excelente - muy buena ($\text{CBR} \geq 20\%$); a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena - regular ($6\% \leq \text{CBR} < 20\%$); a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante pobre ($3\% \leq \text{CBR} < 6\%$); y, a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada ($\text{CBR} < 3\%$). En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.

Cuando la capa de sub rasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material separador de 10 cm. de espesor como mínimo o un geosintético, según lo justifique el Ingeniero Responsable.

Se estabilizarán las zonas húmedas locales o áreas blandas o sub rasantes inadecuadas, cuya estabilización o mejoramiento será materia de un estudio geotécnico de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo diversas alternativas como estabilización con cal o cemento, estabilización química de suelos, geosintéticos, pedraplenes, enrocados, capas de arena, reemplazo, etc; definiendo y justificando en su Informe Técnico la solución adoptada, donde se indicará que con la solución adoptada el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad.

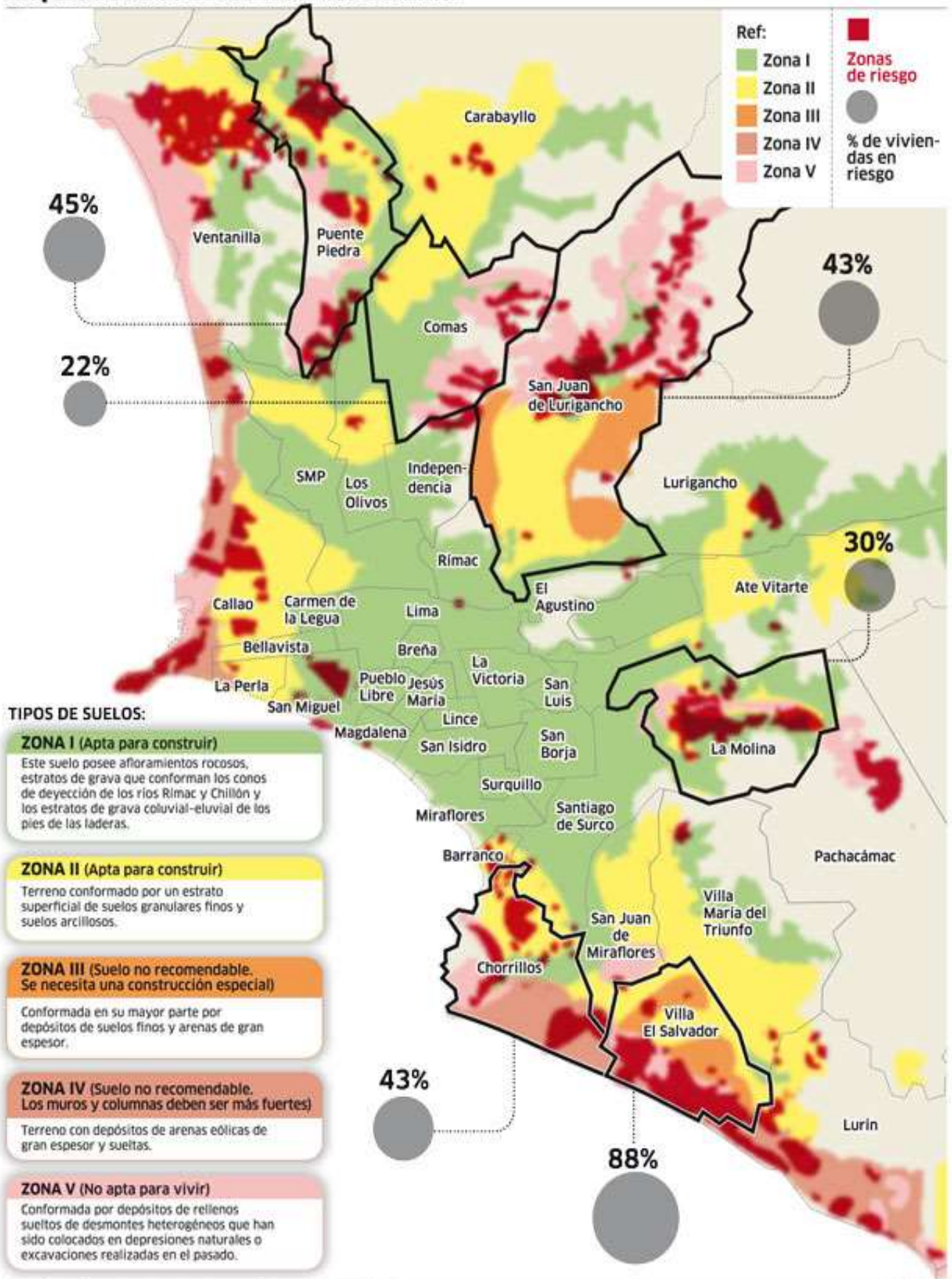
En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de los friajes o las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. En el caso de presentarse en los últimos 0.60 m de la sub rasante, suelos susceptibles al congelamiento por acción climática, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, por acción climática rigurosa, los suelos limosos, igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm; con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02 mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (Nº 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E 109).



ANEXO 7: ZONIFICACIÓN DE LOS SUELOS

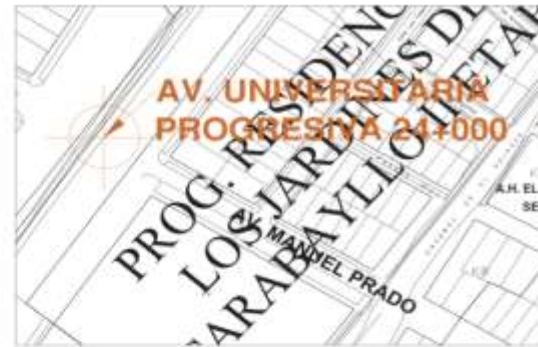
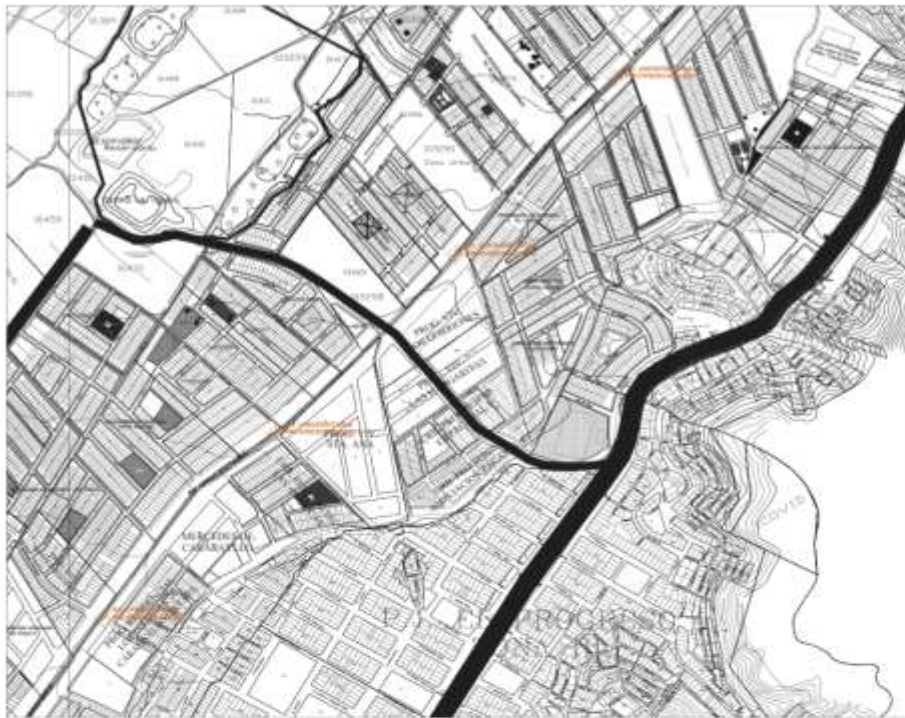
Mapa de suelos en los distritos de Lima



Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación

LA REPUBLICA

ANEXO 8: PLANOS



ESTABLECIMIENTO DE PUNTO BRICOLADO CON CORDÓN DE BAGAJELO (CB) PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS SURCADANTES DE LA AV. UNIVERSITARIA, LIMA - 2019			
PROYECTO:	ASERRA CUANTO DIAZ	UBICACIÓN:	AV. UNIVERSITARIA - CARABAYLLO
CLIENTE:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	PLANO:	PLANO DE UBICACIÓN
DISCIPLINA:	INGENIERIA CIVIL	ESCALA:	BRICADA
		FECHA:	DICIEMBRE 2019
			U-01