



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tuna,
carretera: Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Cadillo Salvador, Ignacia Liz (ORCID: 0000-0003-0839-3630)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado salud, amor y bondad.

A mi madre Lidia, quien con su amor y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, y por su apoyo durante todo este tiempo.

A mi padre, hermanos y a mi hijo quienes con su amor incondicional y sus consejos me han guiado en todo momento, además por confiar y creer en mí siempre

Cadillo Salvador, Ignacia Liz

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia por brindarme la confianza, su apoyo, sus consejos y palabras de aliento.

A mi hijo Jheampol, por su cariño y apoyo durante todo este proceso.

A mi asesor por la orientación y ayuda brindada para la realización de esta tesis.

A mis amigos que fueron un apoyo adicional para hacer frente a este propósito

Cadillo Salvador, Ignacia Liz

Índice

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Variables y operacionalización	21
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.5. Procedimientos	24
3.6. Método de análisis de datos	25
3.7. Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS	62
ANEXOS	67

Índice de tablas

Tabla 1. Tamaño de tamices para análisis	14
Tabla 2. Clasificación de suelos de acuerdo a su índice de plasticidad.....	15
Tabla 3. Clasificación de categoría de CBR	18
Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
Tabla 5. Método de análisis de datos	25
Tabla 6. Ensayos al suelo natural de subrasante de la carretera Tinco – Ataquero	32
Tabla 7. Composición química de la ceniza de tuna.....	322
Tabla 8. Granulometría de la muestra extraída de suelo natural de la calita C1 .	355
Tabla 9. Clasificación SUCS y AASHTO del suelo en su estado natural (C-01) ...	37
Tabla 10. Límites de Atterberg de la muestra extraída del suelo natural	37
Tabla 11. Relación del contenido de humedad (%) y peso vol. Seco (T/M3)	38
Tabla 12. Relación de soporte de la muestra extraída en su estado natural	39
Tabla 13. Determinación del CBR a 0.2” de penetración en el suelo natural	400
Tabla 14. Composición del suelo natural y agente estabilizante (CT)	42
Tabla 15. Dosificaciones de agente estabilizante al 4%, 6% y 8% al suelo natural	422
Tabla 16. Variación de los límites de Atterberg del suelo y la adición de C.T.	43
Tabla 17. Contenido de humedad vs la densidad seca	455
Tabla 18. Análisis del suelo con ceniza de tuna usando esfuerzo modificado	477
Tabla 19. Relación de soporte de california para el suelo con Ceniza de tuna ...	477
Tabla 20. Variación del CBR del suelo con adiciones de C.T.	488
Tabla 21. Prueba de normalidad para la variación del IP	511
Tabla 22. Prueba de T para la variación del índice de plasticidad	511
Tabla 23. Prueba de normalidad para los ensayos realizados.	522
Tabla 24. Prueba de T para el contenido de humedad y densidad seca óptimos	533
Tabla 25. Prueba de normalidad para la variación del índice CBR.....	544
Tabla 26. Prueba de T para la variación del índice de CBR (%).....	544
Tabla 27. Matriz de operacionalización de variables	74

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Especificación general del suelo en su estado natural	11
Figura 2. Unidades estructurales básicas de un suelo	12
Figura 3. Análisis granulométrico de la muestra	13
Figura 4. Conjunto de tamices para análisis granulométrico	14
Figura 5. Equipo para el ensayo de compactación	15
Figura 6. Equipos de ensayo del CBR	16
Figura 7. Características iniciales de la tuna o nopal seco	19
Figura 8. Procedimiento del trabajo de investigación	24
Figura 9. Ubicación de Ancash en el mapa del Perú	28
Figura 10. Ubicación de Ataquero en el mapa de Carhuaz, Ancash.....	29
Figura 11. Ubicación del tramo estudiado de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash	29
Figura 12. Ubicación de la calicata C – 01 tramo de subrasante 0 + 500 km	30
Figura 13. Profundidad de la calicata C – 01 tramo de subrasante 0 + 500 km....	31
Figura 14. Tuna para la obtención de la ceniza como agente estabilizante	31
Figura 15. Curva de pérdida de masa – Análisis termogravimétrico.....	333
Figura 16. Curva calorimétrica ATD	344
Figura 17. Curva granulométrica del suelo extraído en su estado natural	36
Figura 18. Relación del contenido de humedad y el peso seco máximo	388
Figura 19. Ensayo de los especímenes de acuerdo a los cargas de penetración	400
Figura 20. Densidad seca (g/cm ³) vs CBR del suelo natural.....	411
Figura 21. Comportamiento del límite líquido de la muestra y adición de CT	433
Figura 22. Comportamiento del límite plástico de la muestra y adición de CT....	444
Figura 23. Comportamiento del índice de plasticidad de la muestra y adición de CT	444
Figura 24. Comportamiento del contenido de humedad vs la máxima densidad seca	466
Figura 25. Comportamiento del CBR de la muestra natural y la adición de la C.T..	48
48Figura 26. Comportamiento máxima densidad seca con la adición de C.T.	499

Figura 27. Comportamiento del óptimo contenido de humedad (%)	499
Figura 28. Moliendo la cascara de tuna para los ensayos	106
Figura 29. Obtencion de la ceniza	106
Figura 30. Inspeccion a la carretera Ataquero - Trancapampa.....	107
Figura 31. Reconocimiento de inicio de via a trabajar.....	107
Figura 32. Anotacion y conteo vehicular.....	108
Figura 33. Obtencion de muestra de suelos a travez de la elaboracion de calicata	108
Figura 34. Calicata C-01 que se ha realizado en la subrasante 00+500 km	109
Figura 35. Contenido de humedad	109
Figura 36. Analisis granulometrico de suelo arcilloso	110
Figura 37. Analisis de limte plastico	110
Figura 38. Analisis de limite liquido	111
Figura 39. Peso de la ceniza de tuna (Proctor modificado)	111
Figura 40. Evaluacion de las muestras en la bandeja en la laboratorio (proctor modificado)	112
Figura 41. Elaboracion de los tratamientos para los ensayos respectivos (proctor modificado)	112
Figura 42. Elaboracion de ensayo proctor modificado en el laboratorio.	113
Figura 43. Ensayo de las distintas dosificaciones para el proctor modificado.....	113
Figura 44. Elaboración del ensayo CBR.....	114
Figura 45. Inspeccionando el ensayo CBR	114

Resumen

El presente trabajo investigación tuvo como propósito determinar la influencia de la adición de ceniza de tuna en la estabilización de subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, para la realización del estudio, el suelo natural fue recolectado de la zona más crítica, la ceniza de tuna se obtiene al calcinar (fibras) fue a una temperatura 135°C, para lo cual se utilizó diferentes dosificaciones (4%, 6% y 8%), el diseño de investigación es explicativa con tipo de estudio aplicada, el objeto de estudio fue la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash, la población fue el tramo de la carreta y la muestra fue la calicata del suelo de la carretera seleccionada, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia. Como principales resultados se obtuvo un tipo de suelo CL: Arcillas limosas inorgánicas, con una máxima densidad seca de 1.85 gr/cm³ y el óptimo contenido de humedad 7.61%, con un CBR de 5.51%, luego se adiciono los porcentajes de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) donde se obtuvo una mejor estabilización del suelo con una adición de 6%, siendo la máxima densidad seca de 1.92 gr/cm³ y un CBR de 8.62%, llegando a la conclusión que al agregar 6% de ceniza de tuna a la muestra se disminuye el Índice de Plasticidad en 8.51%, ya que el Índice de Plasticidad de la muestra en su estado natural fue de 16.21% y al agregar el estabilizante (6% ceniza de tuna) se redujo a 14.83%. Se determinó que las cenizas de tuna es un agente estabilizante que logra mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo limo arcilloso para ser usado como subrasante, ya que se obtuvo resultados que se abarca en los requerimientos y exigencias de la normativa vial Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para construcción (EG-2013) y la norma técnica CE. 010 de pavimentos urbanos.

Palabras clave: Estabilización, plasticidad, CBR, Proctor, Ceniza de tuna.

Abstract

The purpose of the present research work was to determine the influence of the addition of prickly pear ash on the stabilization of the subgrade of the Tinco - Ataquero highway, for the study, the natural soil was collected from the most critical carrot, the prickly pear ash obtained by calcining (fibers) was at a temperature of 135 ° C, for which different dosages were used (4%, 6% and 8%), the research design is explanatory with the type of study applied, the object of study was the Tinco - Ataquero highway, Carhuaz, Ancash, the population was the stretch of the cart and the sample was the soil pit of the selected highway, the sampling was non-probabilistic for convenience. As main results, a type of soil CL was obtained: inorganic silty clays, with a maximum dry density of 1.85 gr / cm³ and the optimum moisture content of 7.61%, with a CBR of 5.51%, then the percentages of prickly pear ash were added. (4%, 6% and 8%) where a better soil stabilization was obtained with an addition of 6%, the maximum dry density being 1.92 gr / cm³ and a CBR of 8.62%, reaching the conclusion that when adding 6 % of prickly pear ash to the sample, the Plasticity Index is reduced by 8.51%, since the Plasticity Index of the sample in its natural state was 16.21% and when adding the stabilizer (6% prickly pear ash) it was reduced to 14.83%. It was determined that prickly pear ashes is a stabilizing agent that manages to improve the physical and mechanical properties of clay silt soil to be used as a subgrade, since results were obtained that are covered by the requirements and demands of the road regulations Manual of Roads: General Technical Specifications for construction (EG-2013) and the CE technical standard. 010 of urban pavements.

Keywords: Stabilization, plasticity, CBR, Proctor, prickly pear ash.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tuna, carretera :Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021., presenta un aporte de gran importancia en el nivel científico para el campo de la investigación, ya que tuvo por finalidad estabilizar el suelo de la subrasante de la carretera : Tinco – Ataquero; lo que va a generar que los proyectos de obras civiles que se ejecuten en dicha zona, tenga un manejo en relación a la caracterización del tipo de suelo y su agregado de agente estabilizante. Es por ello que mediante la estabilización de subrasante a través de la agregación del agente estabilizante (ceniza de tuna), se va a identificar y solucionar la problemática del suelo, las cuales están relacionadas debido a su alta plasticidad, baja capacidad portante e inestabilidad volumétrica a la humedad. Aprovechamiento del nopal para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, se realizó mediante pruebas experimentales con la adición de 4%, 6% y 8% de ceniza de tuna.

A **nivel mundial** los agentes estabilizantes que se utilizan hoy en día son de gran variedad en el campo de las obras civiles, especialmente en los suelos de subrasante de las carreteras viales, en donde las propiedades de la ingeniería del suelo se estabilizan generalmente para la construcción del pavimento se verifico vías de transporte que se encuentran en mal estado (Ikeagwuani, et al., 2019). Desde hace mucho tiempo, los investigadores se esfuerzan seriamente por seleccionar materiales de construcción e introducir un diseño apropiado métodos para el desarrollo de infraestructura rentable. Algunas veces las características del suelo pueden mejorarse con los aditivos tales como cemento, cal, cenizas volantes, polvo de piedra, agregado reciclado, betún (Baba y Haripriya, 2017). Los niveles óptimos de humedad ayudan a aumentar la capacidad del suelo para estabilizarse, y la adición de ceniza mejora los problemas causados por el suelo en diversas estructuras de ingeniería, como aceras y edificios. (Prasa y Sharma, 2014).

A **nivel nacional** la subrasante de las carretas de los sitios alejados de las regiones comerciales muestra enormes retos para la estabilización de los suelos, en los que se tiene senderos pavimentados y sin pavimentar; las vías con más frecuencia de tránsito vehicular son especialmente relevantes, por esa razón se prueba mayormente a pavimentos y superficies urbanas en mal estado. Actualmente, muchas carreteras están en pésimas condiciones, al menos el 70% de las

carreteras y aceras tienen problemas de infraestructura, como en la situación en las principales ciudades, y muchas carreteras son intransitables e inconvenientes para las ciudades. La estabilización del suelo con estabilizadores reduce las tasas de propagación y optimiza el soporte del suelo, lo que le permite elegir un método clásico rentable. (Terrones, 2019).

En cuanto al **tramo de la carretera Tinco – Ataquero**, el cual muestra una expansión total de 2km, con propiedades bastante desequilibrado, el manejo de la mencionada vía de tránsito peatonal y vehicular no es la correcta, pues no se tiene en cuenta las principales características de los suelos, es así que no se realiza un correcto mantenimiento por las propiedades mecánicas de la vía, es por ello que es fundamental el análisis de las características del suelo para su posterior uso y mantenimiento de obra y optimización de la durabilidad, que permita sub-basar este tipo de suelos caracterizados y estabilizados. Utilizados tanto para pavimento como. Se proporciona resistencia de subgraves o base. De esta forma, la acera no se deformará. Una de ellas es un método conocido como estabilización de suelo del lote, en el cual se va a manipular de una manera íntima las características físicas y mecánicas de los suelos, adicionando agentes químicos como elementos estabilizantes, y con ello aumentar el nivel de estabilidad, durabilidad y fácil mantenimiento del suelo en donde ubica la vía, esto ayuda al soporte de la carpeta asfáltica y contribuye a la distribución uniforme o simétrica de las cargas que se generan a causa del parque automotor y se debe tener en consideración para la obra de pavimento. La durabilidad del pavimento es dependiente de la calidad suelos de subrasante, es así que de acuerdo al tipo de suelo tienen la posibilidad de provocar inconvenientes en la composición del pavimento.

Otro inconveniente notable es la indicación de suelo arcilloso son muy recomendables para el desarrollo de infraestructura privada debido a su baja capacidad portante y al incumplimiento de las exigencias de los reglamentos técnicos emitidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Además de tener componentes del medio ambiente complejos en el área de la carretera conducen a un deterioro prematuro, disminuyendo la estabilización y resistencia del suelo, perjudican severamente la composición de la vía y ocasionan la congestión del tráfico y el flujo de tráfico insuficiente y al final carretera intransitable, debido a que al tener un flujo elevado provoca que se desgaste la vía en un periodo corto,

gracias a la escasa resistencia y durabilidad que tiene el material para tolerar el tránsito de vehículos que la parte importante son de carga pesada, pues son tanques cargados de crudo, volquetes, cama bajas y conjuntos de las arroceras; es esta razón por lo cual la vía se perjudica bastante veloz. Por lo que se reveló acerca de los problemas que existe en el **tramo de la carretera Tinco – Ataquero**, lo que está referente a la carretera relacionados con alta plasticidad, limitada capacidad portante e inestabilidad volumétrica asociada a la humedad, y en general claridad sobre el tema en cuestión y respecto a lo expuesto de forma holística sobre los problemas que se presentan en el objeto de estudio se propuso el **problema general de la investigación** ¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna como estabilizante de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?, y de los cuales se desprendieron **los problemas específicos** ¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna en la plasticidad de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?, ¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?, y ¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna en el índice CBR de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?.

La justificación de la investigación respecto a la contribución a **nivel científico** el presente trabajo de investigación brinda técnicas y herramientas para el estudio de la estabilización de suelos con fines de construcción de carreteras y caminos, en el cual se ha resuelto el problema de estabilización analizando sistémicamente las causas que generan estos problemas mecánicos es así que en todos los extremos del trabajo se aplica el método con la finalidad principal de obtener soluciones secuenciales, de acuerdo a los objetivos planteados, y esto que sea abordado de manera estándar y aplicando mejoras en cada actividad y que con ello se genere un conocimiento aplicable de manera científica, además se justifica a **nivel técnico** este trabajo brinda alternativa de solución de la estabilización de un suelo subrasante, el cual brinda ayuda constante a las empresas constructoras y al estado peruano, cuando se realizan las construcciones de carreteras u otras construcciones referentes a la estabilización de los suelos en donde se realizará la obra, esto también ayuda a los usuarios del servicio y con ello contribuir de manera global a la solución de problemas de este tema, así mismo a **nivel metodológica**

es que se podrá utilizar las herramientas y técnicas a través de la secuencia científica que se utilizó en el presente trabajo de investigación, los cuales podrán utilizarse en trabajos del mismo campo de investigación. Con respecto a la contribución **práctica**, se brinda una solución a las propiedades físicas y mecánicas del suelo con el objetivo de estabilizar el suelo por estabilización. Respecto a la contribución **social**, se podrá solucionar los daños que se ocasionan en la carretera vial, el cual impide que se movilicen los vehículos para el acceso a las necesidades que demanda el centro poblado de Tinco – Ataquero. Desde un punto de vista **económico**, reduce los costes de mantenimiento de la vía provocados por la constante separación de las losas asfálticas del tramo de carretera y por último a nivel personal el presente trabajo de investigación este trabajo delimita sistémicamente las herramientas y técnicas utilizadas en la estabilización de suelos y que con ello se contribuye a complementar las herramientas teóricas como base. Luego de la justificación del trabajo de investigación desde diferentes enfoques, para desarrollar el trabajo se planteó como **objetivo general** Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en las propiedades de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021, y para lograr el cumplimiento de ello se desprendieron como **objetivos específicos**: Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en la plasticidad de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021, Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021 y Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en el índice CBR de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021. Para ello también se planteó la **hipótesis general** como La adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) en el suelo de la subrasante de la carretera de Tinco – Ataquero, va a mejorar su propiedad física y mecánica entre un 30% a 55%, así mismo las **hipótesis específicas** se enunciaron como La adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) va disminuir el índice de plasticidad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021, la adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) va a mejorar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021 y por último La adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) va a mejorar el índice de CBR de la subrasante de la carretera Tinco Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Es de suma trascendencia tener en cuenta los trabajos que anteceden, dichos trabajos fueron seleccionados teniendo en importancia indagaciones mundiales y nacionales, destinadas a tener un extenso panorama que coopera a ofrecer solución al problema de averiguación. Posteriormente se procedió a detallar los precedentes a grado universal, nacional, artículos de revistas, los cuales desarrollaron trabajos semejantes, según Barragán y Cuervo (2019), en su tesis titulada “Análisis del comportamiento físico mecánico de la agregación de ceniza de cascarilla de arroz de la pluralidad blanco a un suelo areno – arcilloso”, para lo que se plantearon como **objetivo** examinar los componentes físico-mecánicos que están relacionados al tipo de suelo areno – arcilloso en su estado natural aditivos para estabilizantes de cenizas de cascarilla de arroz.. La **metodología** es de tipo aplicativo, explicativo y diseño empírico, obtuvieron como consecuencia mejorar la resistencia del suelo areno arcilloso con la suma de CCA al 10% pudiendo incrementar su capacidad de soporte en un 19% con en relación a la condición inicial del mismo. No obstante, no se tuvo el efecto deseado en cuanto al cambio volumétrico del suelo pues incremento su extensión en un promedio de 0.09% respecto a las diferentes adiciones del agente estabilizante (CCA) respecto a suelo en su estado natural, de lo que **concluyeron** que el contenido de 1% de aumento de CCA al suelo areno arcilloso tiene una incidencia en el crecimiento de su resistencia.

Según Cobos, Ortegón y Peralta (2019), en su tesis de titulación “Características del comportamiento geotécnico de suelos de procedencia volcánica estabilizados con ceniza provenientes de cascara de coco y cisco de café”, los autores han tenido como **objetivo** evaluar el comportamiento de geoingeniería de suelos volcánicos estabilizados con cenizas de Cisco. La **metodología** es de tipo aplicada, descriptivo y diseño experimental, y como resultado de la investigación se han observado cambios significativos en las propiedades mecánicas, esto sugiere que el suelo simplemente compactado no tiene suficiente capacidad de carga para soportar una carga dada, cambiar el método del estabilizador aumentará la compactación y aumentará la capacidad de carga rápidamente. De esto los investigadores **concluyeron** que los estabilizantes obtenidos a partir de las cenizas

CCF y CCO tienen la propiedad de provocar aglomeración y resultan ser la principal propiedad del suelo. Por lo tanto, para muestras con 6% de suelo, agregar un porcentaje de 15,00% produce una compresión superior al promedio, a menudo mejor que el 100,00% de las propiedades mecánicas de aumento en el suelo estable.

También Clavería et al., (2018) en su trabajo de investigación titulado “Caracterización del comportamiento geotécnicas de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante”, para ello los autores se plantearon como **objetivo** realizar una caracterización detallada del comportamiento que se en el suelo desde el punto de la geotecnia, cuyo origen es volcánico, los cuales han sido tratados y estabilizados con una proporción de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como parte del material de subrasante, para lo cual utilizaron una **metodología** de tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental con ello lograron obtener como **resultado** que los dos agentes estabilizantes que utilizaron en el material de subrasante como la CCA y CBCA, mejoran los suelos volcánicos, para lo cual se deben agregar un 10,00% y 15,00% respecto al volumen del material de sub rasante y en una uniforme distribución de tales agentes estabilizantes, de lo cual llegaron a la **conclusión** que la CCA y la CBCA mejoran significativamente las condiciones del suelo.

Araujo y Urbano (2020), en su tesis de investigación titulada “Estabilización a nivel de subrasante incorporando ceniza de cascara de arroz en calle integración – Chosica 2019” para lo cual se plantearon como **objetivo** determinar el nivel de estabilización que genera el agente estabilizante como es la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en el material de subrasante que se usa en la carretera en calle integración – Chosica, para ello utilizaron la **metodología** es de tipo aplicativo, explicativo y diseño experimental, los **resultados** al que llegaron los autores fueron que el uso del agente estabilizante de CCA en un proporción de 7,00%, y cuyas propiedades como la resistencia aumento de un valor de 22,10% hasta llegar a un valor de 30,10% respecto al CBR y así también un óptimo contenido de humedad de 15,10% y con ello su máxima densidad seca tiene un valor de 1,612 g/cm³ de

compactación, de lo cual llegaron a la **conclusión** que al adicionar el agente estabilizante CCA en una proporción de 4%, 7% y 10% influyen de manera positiva en la estabilización del material de subrasante de la carretera Integración – Chosica, como puntos de referencia el CBR, su densidad seca y el contenido de humedad.

Terrones (2019), en su tesis de investigación titulada “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018”, para ello se planteó determinar la proporción de estabilizadores como el bagazo de caña de azúcar (CBCA). Se adiciona en dosis del 5%, 10% y 15% sobre peso seco y actúa directamente sobre los materiales obtenidos de suelos arcillosos. Estabilización del sector de las rosas. Esto se debe a que la metodología a la que se aplica ese tipo de estudio y la adición de 15% de bagazo de caña de azúcar (CBCA) a la muestra de suelo fue manual, ya que alcanzó una resistencia promedio de 150.60 kPa y un porcentaje de CBR de 23.67%. Llegan a la conclusión de que los estabilizadores CBCA han mejorado significativamente las propiedades mecánicas del suelo y son las mejores condiciones para una dosis de estabilizador CBCA del 15%. Se da la capacidad de carga.

Rodríguez y Moreno (2019), en su trabajo de investigación titulada “Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa – Ancash – 2017”, para lo cual se plantearon como **objetivo** fue estabilizar los tipos de suelo existentes para reducir el efecto plasticidad del material de subbase de la carretera de Cáceres del Perú donde se utilizaron estabilizadores: cal, ceniza volante de cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar (1,5%, 2,5%), 3,5%) Como resultado de la utilización de métodos de investigación aplicada y diseño de investigación experimental, la densidad seca máxima del suelo fue de 1.694 g/cm³, y se obtuvo el contenido de humedad óptimo. Con 16,94 % y CBR 3,21 %, la adición de estabilizadores reveló que la cal fue el mejor estabilizador con una densidad seca máxima de 1,61 g/cm³ y una CBR de 11,40 % en campo de arroz. Agregar 2,5% de cal a la muestra reduce el índice de plasticidad en un 60,81%.

Goñas y Saldaña (2020) en su artículo de investigación titulado “Estabilización de suelo con ceniza de carbón para uso como subrasante mejorada”, en dicho trabajo los autores se plantearon como **objetivo** evaluar la incidencia de los residuos del proceso de la quema de carbón y carbón vegetal, en la estabilización del material que es utilizado en la construcción de carreteras, mejorando principalmente sus propiedades mecánicas, para llevar a cabo esta investigación utilizaron para ello una **metodología** de tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, de lo cual obtuvieron como **resultados** que al agregar agentes estabilizantes como la ceniza de carbón aumenta proporcionalmente la capacidad de soporte y la estabilización se da en las propiedades mecánicas y las formas de análisis del material y el agente estabilizante que ha sido adicionado y con lo cual llegaron a la **conclusión** que al adicionar el agente estabilizante como la ceniza de carbón y carbón vegetal mejoran significativamente la capacidad portante de los suelos que son del tipo CH y OH, pero al agregar estos agentes estabilizantes no se llega al nivel exigido por la normativa vigente respecto a la estabilización de subrasante para ser utilizada en carreteras.

Según Montejo, Raymundo y Chávez (2019) en su artículo de investigación titulado “Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cascara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura”, para dicho trabajo se plantearon como **objetivo** identificar la estabilización con ceniza de cascarilla de arroz como una alternativa para la remoción de residuos y mejoramiento de suelos. Para ello utilizamos una **metodología** de estudio descriptivo con un diseño de estudio no experimental y obtuvimos resultados. El diagrama de autoconstrucción, que se discutió más adelante y se comparó con el estudio tomado como referencia que los estabilizadores como la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) aumentan la capacidad portante del suelo, es el material estudiado como estabilizador (CCA), los investigadores llegaron a la **conclusión** que es beneficioso para la estabilización del suelo y, por lo tanto, puede deberse a la mejora de las propiedades del suelo como una subestructura mejorada de la carretera.

Según Ojeda, Mendoza y Baltazar (2018) en su artículo de investigación titulado “Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la

compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante”, para dicho trabajo se plantearon como **objetivo** determinar el grado de influencia que tiene el agente estabilizante como la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto parcial del cemento portland compuesto (CPC) para mejorar las propiedades de un suelo granulado arenoso y aplicaron una **metodología** experimental y aplicativo, obtuvieron como **resultado** mejoras en el suelo en las características de compactación, resistencia a la compresión y CBR, reduciendo hasta un 25% el consumo del CPC, de lo cual llegaron a la **conclusión** que es viable el uso de la CBCA como sustitución parcial del cemento para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de un suelo para la construcción de capas estructurales en carretera. Como el porcentaje de 25% y 50% muestran un mejoramiento en la compactación, resistencia a la compresión simple y al ensayo de CBR.

Praveen, Kurre y Chandrabai (2021), en su artículo de investigación titulado “Improvement of California Bearing Ratio (CBR) value of Steel Fiber reinforced Cement modified Marginal Soil for pavement subgrade admixed with Fly Ash”, se plantearon como **objetivo** mejorar las propiedades del suelo con agentes estabilizantes como las cenizas volantes, para lo cual utilizaron una **metodología** con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, de lo cual obtuvieron como **resultado** que las características del suelo inicial presentaba un índice de plasticidad (IP) superior a los límites especificados (>10) y el CBR de 2% a 10%, pero cuando agregaron 10% de ceniza presento un CBR de 5%, de lo cual llegaron a la **conclusión** que los agentes estabilizantes tales como las cenizas volantes, el cemento y la fibra de acero mejoran significativamente la estabilización de la subrasante.

Adeyanju et al., (2020) en su artículo de investigación titulado “Subgrade stabilization using rice husk ash-based geopolymer (GRHA) and cement kiln dust (CKD)” tuvieron como **objetivo** explorar la utilización de 2 residuos (ceniza de cascara de arroz (RHA) y polvo de horno de cemento (CKD)), para lo cual utilizaron una **metodología** de tipo de investigación aplicada y un diseño experimental, los estabilizadores se mezclaron con el suelo en proporciones cambiantes que iban del

7,5 al 15% para la estabilización con CK, de lo cual obtuvieron como **resultado** la optimización mecánica con los dos estabilizadores os estudiosos incluyeron CKD como material suplementario para la reducción del activador y con ello llegaron a la **conclusión** que la estabilización desarrollada con CKD al 10 % y el geopolímero (8 % RHA y 10 % de CKD) fueron los óptimos a estabilización con CKD se comportó mejor que la estabilización con geopolímeros asimismo se mostró que tienen la posibilidad de ahorrarse 60.000 dólares.

Según Ikeagwuani, Obeta y Agunwamba (2019) en su artículo de investigación titulado “Stabilization of black cotton soil subgrade using sawdust ash and lime” tuvieron como **objetivo** estabilizar el suelo de algodón negro (BCS) y convertirlo en un material de subrasante correcto usando serrín, un material simple y económico de lograr, para ello utilizaron una **metodología** con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental de lo cual obtuvieron como **resultado** que el BCS tratado con un contenido óptimo de ceniza de aserrín del 16% se estabilizó además con 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de cal, la reducción óptima del límite líquido, el hinchamiento independiente diferencial y el índice de plasticidad, así como el incremento óptimo del CBR y de la gravedad específica se lograron una vez que el BCS tratado con un 16% de ceniza de serrín se estabilizó con un 4% de cal, y con ello llegaron a la **conclusión** que el procedimiento de BCS con aserrín quemado en un ámbito conveniente y combinado con cal optimización su resistencia. Además, da otra forma de remover el serrín.

Respecto a **las teorías relacionadas al tema**, la estabilización de los suelos se compone mediante la mejora de las propiedades física y mecánica de los mismos. Para ello se ha planteado las dimensiones que se dividen las variables de estabilización de subrasante y ceniza de tuna. Para eso se ha postulado las magnitudes que se separan las cambiantes de estabilización de subrasante y ceniza de tuna. Es por esto Mendizábal (2018) aseguró que los suelos de fundación son capas ubicadas a grado de lote natural del suelo, preparada y compactada para resistir la carga que aguanta, de igual manera Escobar (2021) aseguró que es una mezcla de materia orgánica, minerales, bacterias, agua y aire. De igual forma, es una capa de la corteza, cuyo material proviene de los desechos depositados sobre

ellas por la descomposición fisicoquímica de las rocas y la ocupación de organismos, es un material heterogéneo y poroso conductor del calor, y estas propiedades se ven afectadas por cambios en humedad y densidad. El suelo tiene la capacidad de dividirlos en diferentes conjuntos que comparten propiedades similares, como el tamaño de las partículas y la plasticidad, y la capacidad de evaluar cómo el agua daña el suelo.



Figura 1. Especificación general del suelo en su estado natural

Fuente. Elaborado por el autor, según Mendizábal (2018)

A continuación, López (2021) afirmó que el suelo se puede representar principalmente como minerales arcillosos que pertenecen al grupo mineral de los silicatos laminares. Esta es la estructura de dos estructuras básicas que, desde un punto de vista químico, pueden ser octaedros tetraédricos. En el caso de una estructura tetraédrica, está representada por cuatro átomos de oxígeno representados alrededor del átomo de silicio. Para esta última estructura octaédrica, las más importantes son las capas de átomos de aluminio (Al),

magnesio (Mg) y hierro (Fe). Y se representa su formación por seis átomos de oxígeno o iones de hidróxido.

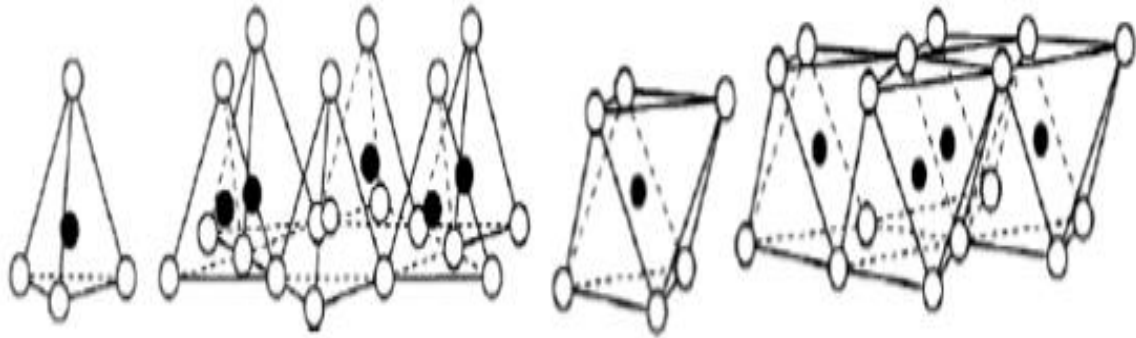


Figura 2. Unidades estructurales básicas de un suelo

Fuente. Elaborado por el autor, según López (2021)

El autor López (2021) afirma también que los suelos se pueden estabilizar con distintos procesos, los cuales sirven para mejorar las características físicas y químicas del material que se tiene de forma natural, entre las más representativas se tiene a la estabilización física, que consiste en caracterizar físicamente los suelos a través de distintos métodos como la mezcla de suelos la cual requiere de una compactación adecuada para mejorar los resultados, y el método geotextiles, en las cuales se realiza a través de membranas sintéticas para dotar al suelo las características necesarias para su uso. La estabilización mecánica se produce el mejoramiento del suelo sin mayores cambios químicos, teniendo como métodos más importantes a la estabilización por compactación, en donde se realiza un proceso de compresión de las partículas presentes y también por la vibro flotación mayormente utilizado a suelos con alta permeabilidad, cuya realización se hace con un equipo de vibrado y por último se tiene a la estabilización química, que se utiliza cationes activos, lo cual es agregado al suelo que se desea estabilizar, puede ser cal, cemento Portland, cenizas volantes, sales, fosfatos, polímeros y resinas, etc. También Fernández (2017) afirmó que las propiedades de los suelos son conocidas por su clasificación en propiedades físicas, para lo cual se utiliza como herramienta auxiliar para el cálculo y determinación de otras propiedades del suelo. Distintos autores han definido los ensayos físicos como Terrones (2019) que asevero que el contenido de humedad relaciona las características iniciales y finales existentes entre la humedad presente en suelos extraído de la subrasante y la masa de la

muestra luego de ser sometido a una temperatura que va de un intervalo de 105°C – 110°C y también Camargo y Maldonado (2020) afirmo que el análisis granulométrico evalúa el tamaño con base en el diámetro de las partículas del suelo. Esta prueba se realizó para determinar la clasificación granulométrica de la muestra de suelo en estado natural, determinar la clase de suelo y determinar la siguiente prueba, el límite de Atterberg asociado a la separación entre los límites netos como el límite del polímero. Primero, se determina el porcentaje de líquido en el que la base pasa de semilíquido vivo a plástico, y luego se usa el peliquet para determinar el porcentaje de zumo cuyo fondo pasa de la maleabilidad existente a semiseco.



Figura 3. Análisis granulométrico de la muestra

Fuente. Elaborado por el autor, según Camargo y Maldonado (2020)

Para una correcta estabilización de los suelos, se debe realizar distintos ensayos, tales como el contenido de humedad, que se debe realizar al suelo natural para caracterizarlo y poder identificar cualitativamente algunas propiedades mecánicas del suelo estudiado y estos resultados correlacionarlo y validarlo con otras pruebas de distintos suelos, este contenido de humedad relaciona la masa del contenido de agua y su masa seca que presenta la muestra analizada. También se puede realizar la granulometría por tamizado, la cual consiste en hacer pasar una muestra determinada de suelo por un conjunto de mallas que han sido retenidas en la malla N° 200. Los criterios a seguir son la norma ASTM D422, el método de prueba estándar para el análisis del tamaño de las partículas del suelo, y la norma ASTM D421, el método estándar para la preparación en seco de muestras de suelo para el análisis del tamaño de las partículas de las muestras de suelo y la determinación constante del suelo.



Figura 4. Conjunto de tamices para análisis granulométrico

Fuente. Elaborado por el autor, según López (2021)

Para ello también se tienen las medidas estándares según el manual de suelo y pavimentos que actualmente se manejan para el análisis granulométrico.

Tabla 1. Tamaño de tamices para análisis

Tamiz	Abertura (mm)
3"	75
1 ½"	38,1
¾"	19
3/8"	9,5
N°4	4,76
N°8	2,36
N°16	1,1
N°30	0,59
N°50	0,297
N°100	0,149
N°200	0,075

Fuente. Elaborado por el autor, según Manual de suelos y pavimentos del MTC.

También se presentan los límites de Atterberg, que representan la sensibilidad o consistencia del suelo respecto al contenido de humedad del suelo, dentro de los distintos tipos se tiene al límite líquido, lo cual se realiza a través de un procedimiento estandarizado que se somete a la muestra en presencia de agua al cucharón de Casagrande, para posteriormente golpear la muestra la cual debe darse el giro de la manivela; el límite plástico en el cual el contenido de humedad se encuentra por encima del límite en el cual la mezcla de suelo-agua se presenta en un estado plástico; el límite de concentración se dice de la muestra cuando no

cambia el volumen a causa de la pérdida de humedad y el límite de plasticidad está representado por la diferencia de los límites líquidos y plásticos, esto caracteriza al suelo de acuerdo a este indicador.

Tabla 2. Clasificación de suelos de acuerdo a su índice de plasticidad

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

Fuente. Elaborado por el autor, según Manual de suelos y pavimentos del MTC.

Paralelamente Fernández (2017) aseguró que las características mecánicas son estudiadas para comprobar las condiciones del suelo encontrado, si son las superiores referente a la capacidad y gravedad específica del suelo, además se debería tener en cuenta que nos ayuda a obtener las características como en su peso unitario, clasificar el suelo y la interacción de vacíos del suelo existente. Entre los ensayos más representativos Según Terrones (2019), aseguró que existía un Proctor modificado que podía fijar el contenido de humedad óptimo. En este caso, en condiciones similares, obtendrá la densidad máxima de muchas muestras comprimidas con diferente contenido de humedad. Estos valores coordinados facilitan la curva Proctor, ya que se logra una densidad constante para cada contenido de agua.



Figura 5. Equipo para el ensayo de compactación

Fuente. Elaborado por el autor, según Terrones (2019)

Según Maldonado y Sarrin (2018) afirmaron que la capacidad de soporte (CBR) es el índice que hace referencia a la validez de apoyo que presenta el firme de una

subrasante a las deformaciones ocasionadas por la organización de las cargas que son aplicadas por el tránsito vehicular o por movimiento de otra maniobra, para lo cual se tiene en cuenta la densidad máxima se y el óptimo contenido de humedad que presenta expresión asfalto de la subrasante De igual forma, el MTC (2013) establece que la estabilización es la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante la estabilización, la cual se realiza por métodos mecánicos combinados con métodos de producción químicos, naturales o sintéticos, dice que se hará. Una subestructura insuficiente o inadecuada hace que el suelo sea mecánicamente resistente y las técnicas utilizadas son muy diversas, desde la mejora de otros suelos.



Figura 6. Equipos de ensayo del CBR

Fuente. Elaborado por el autor, según Maldonado y Sarrin (2018)

También Cruzado (2019) afirmó que la estabilización es el mejoramiento de cualquier suelo, al cambiar químicamente el suelo para aprovechar sus mejores propiedades, usándolas obtendremos una capa resistente que pueda soportar la carga del tránsito y el clima, y de igual manera obtendremos una capa segura para utilizar y eliminar la plasticidad del terreno y en ese mismo sentido Castro (2017) explicó que la estabilización puede mejorar propiedades del suelo como: B. Buen comportamiento de los esfuerzos y colocación en ellos, teniendo en cuenta la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica en presencia de agua, la capacidad portante resistente, la resistencia en todos los casos, la estabilidad volumétrica. durabilidad y permeabilidad.

A su vez Fernández (2018) afirmó que la estabilización de subrasante se basa en agregar agentes estabilizantes que actúen directamente en las propiedades físicas y mecánicas de la parte superficial de la carretera que se denomina capa natural del terreno, los indicadores para las propiedades mecánicas están afectada por un indicador de no menor a 30 cm de espesor. Esto influye en la calidad final de la carretera, cualquiera sea el tipo de carretera, en donde se tiene al pavimento flexible, rígido y estructurado; esto es utilizado para el transporte y el desplazamiento de bienes y servicios de acuerdo a la carga, transitabilidad, clima, diseño de pavimento y tipo de suelo. De acuerdo al ministerio de transporte y comunicaciones se rige al cumplimiento de las normativas que establecen la duración y condiciones de diseño de dicho pavimento, lo cual impacta en la economía, mantenimiento del pavimento y el acceso a la construcción de la vía y comunicación entre ciudades.

Para Fernández (2018) aseguró que hay diversos tipos de estabilización, que está dado en funcionalidad de la categorización, textura, la plasticidad, la medida y el reparto granulométrica del suelo, propiedades que poseen una predominación fundamental en la conducta de los suelos bajo carga, se examina el tipo de suelo, entre los primordiales se tiene a varios agentes estabilizantes como las cenizas de carbón, cemento, cal, sales, aditivos, los cloruros de sodio, de calcio, de magnesio y los polímeros reutilizados. Paralelamente el MTC (2013) aseguró que las categorías de subrasante más relevantes para examinar la subrasante son las propiedades físicas como (granulometría, fronteras de consistencia, densidad, contenido de humedad), además de sus propiedades de rigidez como son (modulo resiente, modulo elasticidad, teniendo $CBR < 3\%$ con la cual la subrasante es inadecuada, una vez que el $CBR \geq 10\%$ la subrasante es buena y una vez que el $CBR \geq 30\%$ la subrasante es maravilloso y se estima un material conveniente para la coronación que se utilizaran en la subrasante con suelo de CBR igual o más grande al 6%, es por ello la importancia del análisis de la capacidad portante a través del CBR, además se involucra el estudio de las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante de una determinada obra de ingeniería.

Tabla 3. Clasificación de categoría de CBR

Categorías	% de CBR de subrasante
Subrasante inadecuada	CBR <3%
Subrasante pobre	CBR ≥3% a CBR<6%
Subrasante regular	CBR ≥6% a CBR<10%
Subrasante buena	CBR ≥10% a CBR<20%
Subrasante muy buena	CBR ≥20% a CBR<30%
Subrasante excelente	CBR ≥30%

Fuente. Elaborado por el autor, según el ministerio de transporte y comunicaciones

Otro punto importante según el MTC (2013) es el pavimento, para lo cual afirmo que es una estructura que tiene varias capas que se construye sobre la subrasante para tener la capacidad de soportar y distribuir uniformemente todos los esfuerzos axiales y de corte que se generan a causa del parque automotor y otras cargas a las que se someterán los caminos o subrasantes, las cuales están compuestas principalmente de la base, subbase y capa de rodadura, en ese mismo sentido Mendizábal (2018) afirmó que el pavimento está formada por capas en capas relativamente horizontales y repite que está construida con material apropiado y correctamente comprimido. La estructura está sobre la subestructura y debe soportar los esfuerzos generados por la carga del tráfico durante la fase de diseño. Subestructuras de aceras que soportan estructuras o caminos completos. Está expuesto a varias fuerzas que deben distribuirse uniformemente en toda la infraestructura, así como al tiempo y la duración del mantenimiento, el tiempo y las características del costo del diseño.

Además, Díaz (2018) señaló que existen elementos que afectan el diseño del pavimento y necesitan ser relacionados con la subestructura. Depende del espesor requerido para un pavimento duro o flexible de alta calidad, y la forma de evaluar esta capa según sea necesario es la capacidad para resistir el desequilibrio debido al esfuerzo cortante bajo cargas de tránsito. Otro factor importante es la transitabilidad y cantidad del vehículo. Al conocer la cantidad de vehículos que pasan, puede diseñar aceras resistentes que pueden usarse para diseñar deformaciones resistentes debido a las cargas de tránsito y la acumulación de deformaciones continuas. El pavimento y, por último, pero no menos importante, el

clima es uno de los factores a considerar. Puede tener un impacto grave en el pavimento, por lo que puede ser causado por lluvias o cambios de temperatura, cuyo efecto directo es intervenir en cambios de resistencia en el nivel freático, el volumen del suelo subyacente y cambios que afectan la susceptibilidad.

Respecto al análisis de la variable ceniza de tuna, según Vera (2019) aseguró que Hay distintas indagaciones sobre la optimización de las características mecánicas de la subrasante por medio de la suma de cenizas o fibras y que por procesos de calcinación en hornos se somete a la tuna (opuntia ficus india) que es una planta xerofita en zonas subtropicales de clima seco, en forma silvestre o cultivo. Esta planta forma parte del núcleo familiar cactus, estas poseen la función de resistir temporadas prolongadas de sequía gracias a la existencia de mucílagos que forma redes moleculares tridimensionales capaces de guardar gigantes porciones de agua, tiene la función de resistir la estación seca y con ello es de fácil reproducción y mantenimiento en la costa y en la sierra del Perú, es así que en los lugares secos e inhóspitos se puede cultivar este ejemplar y además tener alta productividad y sus restos o residuos ser aprovechados en distintas industrias, en la cual tenemos a la industria de la construcción como adición o sustitución de pasta cementante en la creación de nuevos concretos, o en la estabilización de la subrasante de las construcciones de las carreteras o para materiales de rellenos u otras aplicaciones de los suelos mejorados para diferentes usos de construcción que se tiene.



Figura 7. Características iniciales de la tuna o nopal seco

Fuente. Elaborado por el autor, según Vera (2019)

De igual manera Terán et al., (2019) aseveraron que la tuna o el nopal seco ha ido evolucionando en los distintos usos que se le puede dar y en la actualidad ha adquirido gran trascendencia a partir de la perspectiva socioeconómico, pues se necesita constantemente la interrelación dinámica de los pueblos y el intercambio constante de conocimiento, tecnología y otras características que se van mejorando a raíz de la utilización de estos subproductos de la tuna como es la ceniza y también se puede apreciar el uso agroecológico debido al uso integral que se puede hacer de él y por el potencial que da en los múltiples espacios en que se puede aprovechar, como es la industria alimenticia (humana y animal), la medicina, la cosmetología, funcionamiento biotecnológico, conservación de suelos, entre otros, del mismo modo sirve de estabilizante una vez que se convierte en ceniza por procesos de calcinación y referente a las propiedades químicas es fundamental tener en cuenta que la dermis del fruto comúnmente no es consumida, además de la complejidad que hay para separarla de la pulpa, han traído como resultado el bajo interés para su caracterización o procedimiento, sin embargo muestran un 3,569% de ceniza que se puede aprovechar en la estabilización de la subrasante.

López (2021) afirmó que la ceniza se puede obtener de distintas forma que requieren la calcinación total de los materiales, teniendo para ello distintas formas, tales como la obtención de ceniza a campo abierto, la cual no es recomendable pues va en contra de la sostenibilidad ambiental, a su vez también se calcinación por hornos circulares o cuadrados, estos hornos son recomendados para este tipo de ceniza, pues se preparan a base de ladrillo refractario y su mecanismo permite la entrada de aire al interior y su chimenea se extiende en todo el horno, con ello se obtiene ceniza con características cuyo color es blanco, presentan alta actividad, su forma es amorfa y también presentan trazas de cuarzo de color cristalino y es así como se presentan capacidades de agente estabilizante y de mejora de los suelos con propiedades mecánicas que no son adecuadas para la construcción de una obra de ingeniería, pero que gracias a su capacidad puzolánica y propiedades químicas lo convierten en un agente estabilizante que es muy utilizado en el mejoramiento de las características de la subrasante a un bajo costo y de una manera directa y de una aplicación bastante simple.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Según Carrasco (2013), define al tipo de estudio como aplicada, a aquella que se encarga de solucionar problemas de forma práctica, es decir, se utiliza la ciencia para actuar sobre los problemas identificados, logrando transformar o modificar los fenómenos de un sector de la realidad (p.43). En base a la definición, el tipo de estudio para la presente investigación fue de tipo aplicada, ya que se utilizó las teorías, herramientas e instrumentos relacionados a la ingeniería para lograr estabilizar la subrasante de la carretera en estudio. En relación al diseño de investigación, Hernández, Fernández y Baptista (2010), define al diseño de investigación como el encargado de responder a la pregunta de investigación, ejecutar de forma clara los objetivos planteados en el trabajo y someter a prueba la hipótesis planteada, donde se tiene al tipo experimental, el cual se encarga de manipular de forma intencional las variables (p.119). Es por ello que en el presente trabajo se utilizó el diseño experimental, ya que se va a modificar la variable inicial (O1) a través de una variable independiente (X) para luego evaluar el efecto de dicha variable (O2).

Esquematzación

G: O1 —————> X —————> O2

Donde:

G: Suelo del tramo de subrasante de la carretera Tinco – Ataquero.

O1: Composición física y mecánica de la subrasante (Medida inicial)

X: Adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%)

O2: Composición física y mecánica de la subrasante (Medida posterior)

3.2. Variables y operacionalización

Las variables tendrán un enfoque cuantitativo ya que se van a utilizar datos relacionados a la variable independiente (cuantitativa) y dependiente (cuantitativa), el cual se detalla de forma extensiva la operacionalización en el Anexo 3.

Variable independiente (X) – Cuantitativa: Cenizas de tuna

Variable dependiente (Y) – Cuantitativa: Estabilización del suelo

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Para Bernal (2010), la población es el conjunto universal de elementos que pertenecen a las cualidades de un objeto del cual se pretende obtener información de interés para la investigación. En base a la definición teórica del investigador, se utilizó como población al tramo de la carretera Tinco – Ataquero conformado por una extensión total de 2.00 kilómetros de subrasante. Así mismo los **criterios de inclusión** seleccionados para el trabajo de investigación fue el tramo de extracción del suelo de subrasante que fue sometido a la experimentación del mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero., a su vez como **criterio de exclusión** para el trabajo de investigación fue el tramo de la carretera Tinco – Ataquero., que no pertenece al suelo de subrasante (calicata) extraído para realizar el ensayo experimental del mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

Del mismo modo Carrasco (2013) define a la muestra como una parte esencial y representativa de la población, utilizando para ello las mismas características fundamentales de los elementos de la población, logrando así que los resultados obtenidos de la investigación tengan fundamento para la generalización a los elementos que conforman la población del estudio (p.237). En base a la fundamentación teórica, la muestra estuvo conformada por el tramo del suelo de la subrasante extraído (01 calicata) de la carretera Tinco – Ataquero. En relación al tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionó la muestra de acuerdo a la comodidad y de criterios de investigación, para la cual se eligió a la parte más crítica de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero. Finalmente, como unidad de análisis se tuvo al suelo de subrasante de la carretera Tinco – Ataquero.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Carrasco (2010) define a las técnicas como el conjunto de procedimientos que son utilizados para realizar la recolección de la información, con el fin de obtener un resultado científico, las cuales se desarrollan por medio de la sucesión de ocupaciones bajo los límites y pautas estipuladas por los métodos especificados para que su utilidad y aplicación en cada actividad resulte simple de llevarlo a cabo por el investigador. En base a ello se utilizó las técnicas de revisión bibliográfica,

observación directa, revisión documental y pruebas estadísticas; los cuales se utilizaron para el tratamiento experimental de los ensayos realizados a la muestra patrón (subrasante) del tramo de la carretera Tinco – Ataquero. De acuerdo a Hernández, et al. (2010) define al instrumento como un recurso físico que se encarga de registrar la información que representa de forma objetiva las variables de investigación, cuyos resultados son codificados y transferidos a una matriz de datos para su análisis estadístico por parte del investigador (p.200). Es por ello que para el presente trabajo de investigación se utilizó instrumentos en base a las normas del ASTM, manuales, pruebas de conocimiento, fichas técnicas y formato de ensayos de laboratorio: MTC E 107- 200(granulometría) ASTM D 422, MTC E1090 - 200 (límite plástico e índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E115 – 2000 (Proctor modificado) ASTMD 1557 y MTC E 132- 2000 (CBR) ASTM D 188.

Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
Variable Independiente (X): Cenizas de tuna	Investigación bibliográfica.	Ficha bibliográfica	Biblioteca física y virtual
	Revisión documental	Manual de estudio de suelos	Normativa de la base ASTM
		Prueba de conocimiento	
		Ficha técnica de suelos	
	Observación directa	Formato de ensayo MTC E 107- 200	Normativa MTC-ASTM de ensayos de suelos
		Formato de ensayo ASTM D 422, MTC E1090 - 200	
Formato de ensayo ASTM D 4318, MTC E115 – 2000			
Formato de ensayo ASTMD 1557 y MTC E 132- 2000			
Prueba estadística	Microsoft Excel para el análisis de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR	Laboratorio de mecánica de suelos	
Variable Dependiente (Y): Estabilización de subrasante	Investigación bibliográfica.	Ficha bibliográfica	Biblioteca física y virtual
	Revisión documental	Ficha técnica del agente estabilizante	Manuales bibliográficos
	Prueba estadística	Microsoft Excel para el análisis de datos	Laboratorio de química

Fuente. Elaborado por el autor, metodología del proyecto.

3.5. Procedimientos

El trabajo empezó con la localización y sustracción de la muestra jefe; después viajó esta muestra al laboratorio de ensayos de mecánica de suelos, para hacer la caracterización física y mecánica de la subrasante en su estado natural; subsiguiente a ello se hizo el estudio granulométrico, parámetros de Atterberg, Proctor modificado e interacción de soporte de california (CBR) usando las distintas dosificaciones (4%, 6% y 8%) del representante estabilizante (ceniza de tuna).

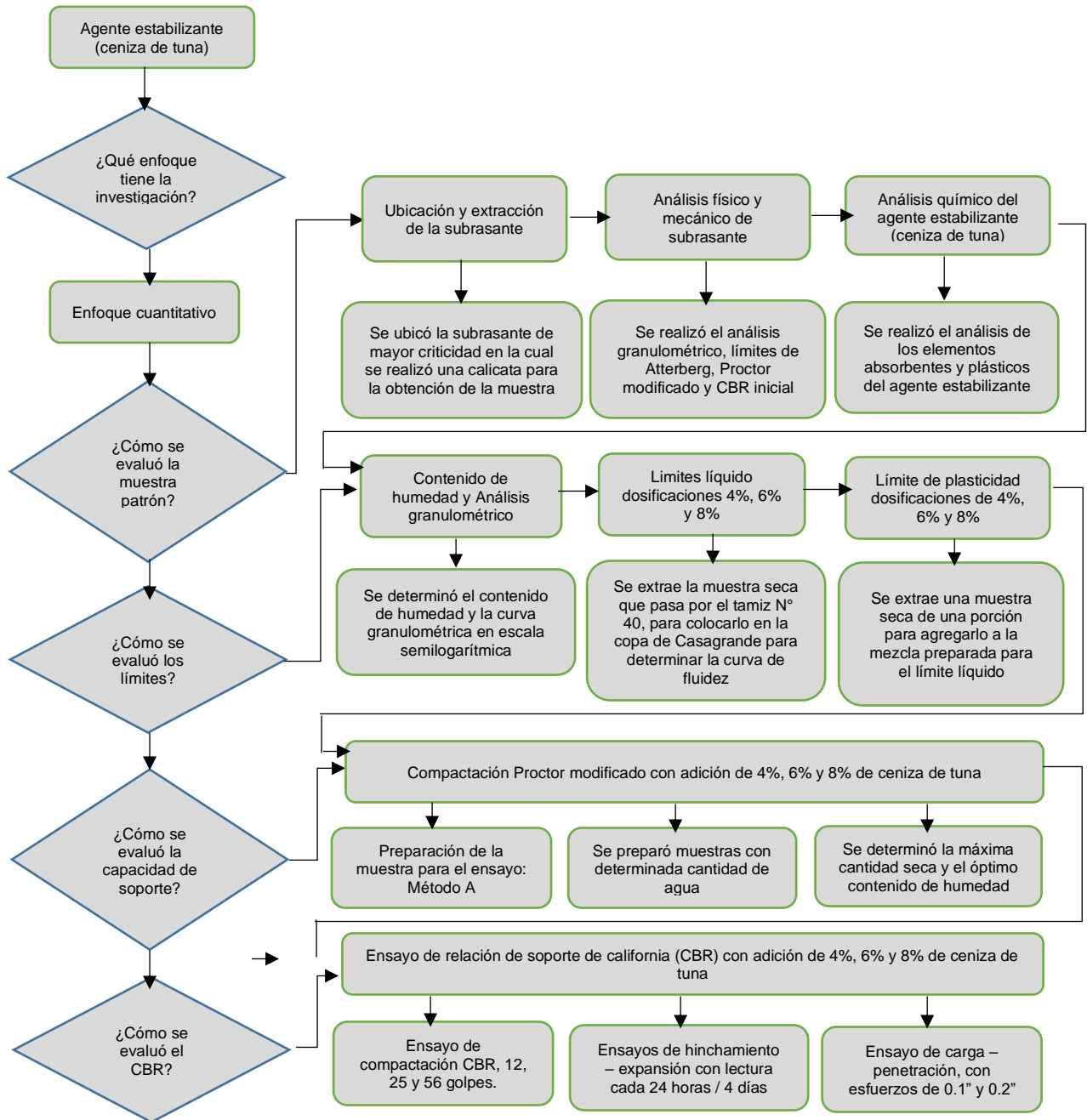


Figura 8. Procedimiento del trabajo de investigación

Fuente. Elaborado por el autor, metodología del proyecto

3.6. Método de análisis de datos

Según Carrasco (2013) define al procedimiento como el grupo de técnicas que van a conseguir obtener resultados verificables respecto a la información obtenida en su estado natural y con base a ello evaluar como es el impacto de la manipulación de la variable libre sobre la dependiente (p.272). Para eso en el presente trabajo se usó el procedimiento empírico debido a que se manipula intencionalmente la variable sin dependencia para ver su impacto en la dependiente.

Tabla 5. Método de análisis de datos

Objetivos	Técnica	Instrumento	Resultado
Evaluar la caracterización física y mecánica del suelo en su estado natural de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021	Observación directa	Análisis granulométrico MTC E 107- 200	Características físicas y mecánicas de la subrasante en su estado inicial
		Límites de Atterberg ASTM D 422, MTC E1090 – 200	
		Proctor modificado ASTM D 4318, MTC E115 – 2000	
	Relación de soporte ASTMD 1557 y MTC E 132- 2000		
Prueba estadística	Microsoft Excel para el análisis cuantificable		
Evaluar el efecto de la ceniza de tuna en el límite líquido y límite plástico del suelo de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021	Observación directa	Límites de Atterberg ASTM D 422, MTC E1090 – 200	Límites de Atterberg de la subrasante con adiciones de 4%, 6% y 8% de ceniza de tuna
	Prueba estadística	Microsoft Excel para el análisis cuantificable.	
Evaluar el efecto de la ceniza de tuna en la máxima densidad seca del suelo de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021	Observación directa	Proctor modificado ASTM D 4318, MTC E115 – 2000	Se determinó la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante con adiciones de 4%, 6% y 8% de ceniza de tuna
	Prueba estadística	Microsoft Excel para el análisis cuantificable	
Evaluar el efecto de la ceniza de tuna en el valor relativo de soporte (CBR) del suelo de la subrasante de la carretera 12 Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.	Observación directa	Relación de soporte ASTMD 1557 y MTC E 132- 2000	Esfuerzos correspondientes de la subrasante a penetración de 0.1” y 0.2” con adiciones de 4%, 6% y 85 de ceniza de tuna
	Prueba estadística	Microsoft Excel para el análisis cuantificable	

Fuente. Elaborado por el autor, metodología del proyecto.

3.7. Aspectos éticos

En virtud del artículo 3 del Consejo Universitario N° 01262017/UCV, que reforma el Código de Ética en Investigación de la Universidad Cesar Vallejo, se anunció que la investigación se realizará con respeto a las personas en el ejercicio del trabajo en la comunidad investigadora. integridad y autonomía, independientemente de su origen, condición social o económica, etnia, género u otras características, independientemente de los intereses de la ciencia, buscamos siempre el bienestar de las personas. De acuerdo al artículo 6°, se tendrá presente en todo momento la honestidad referida al proceso de transparencia de la investigación que se desarrolle en cada etapa del trabajo de investigación, con la finalidad de lograr la divulgación de los resultados obtenidos para que los integrantes de la comunidad investigativa utilicen dicha investigación en la contratación de nuevos estudios o ensayos experimentales y con ello encuentren información veraz y confiables en todos los extremos del trabajo y en todo lo relacionado a su divulgación y mejora constante de los resultados.

En relación al artículo 7°, se tendrá presente el rigor científico que demanda el centro de investigación de la universidad, utilizando para ello la guía de productos observables para regirse a la metodología establecida por el centro de investigación, con la finalidad de presentar una adecuada evidencia científica en el trabajo desarrollado, manteniendo un riguroso proceso de obtención e interpretación de la información recolectada, logrando que cumpla con los requisitos exigidos antes de la divulgación. Con respecto al artículo 14°, se autoriza la publicación y difusión del trabajo de investigación cuando esté concluida en su totalidad; asimismo se tendrá en cuenta el artículo 15°, es decir se mantendrá la mayor seriedad en la política antiplagio y las citas bibliográficas de la información utilizada como antecedente u otra información relacionada a otros investigadores utilizada a lo largo del presente trabajo, como respeto a la propiedad de los autores y respeto institucional hacia el investigador, con ello se transmitirá la política que tiene la universidad y los organismos competentes en la materia que se está investigando; finalmente de acuerdo al artículo 16°, se declara bajo propiedad por derecho a la presente investigación.

IV. RESULTADOS

Para los resultados del presente trabajo se realizó una descripción general de la carretera estudiada y se respondió secuencialmente los objetivos planteados, teniendo para ello:

Ubicación geográfica de la ejecución del proyecto:

Nombre del proyecto:

El presente trabajo de investigación se titula: “Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tuna, Carretera: Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021”.

Ubicación de la zona específica de estudio:

El trabajo se desarrolló en 935 metros de la subrasante de Tinco – Ataquero en la provincia de Carhuaz en la región Ancash.

En la cual se tuvo por objetivo general Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en las propiedades de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021.

El área de influencia del presente trabajo se encuentra ubicada en:

Región : Ancash

Departamento : Ancash

Provincia : Carhuaz

Región geográfica: Sierra

Distrito : Tinco – Ataquero

Para el estudio se tuvo al distrito de Tinco que es uno de los distritos más representativos de la provincia de Carhuaz, localizado en el condado de Ancash, en el Perú, teniendo para ello un Mapa vial del distrito de Tinco (Ver anexo) y el distrito de Ataquero tiene una población de 1377 habitantes, con un área de 4500 Ha y una densidad poblacional de 30,6 hab./km² y presenta una altitud de 2737 msnm. Entre los distritos con los cuales está delimitado se tiene a Tinco por el Sur y Cascapara por el Norte. Respecto al conteo y clasificación vehicular que se realizó a través del Método AASTHO, teniendo principalmente a vehículos ligeros como autos (94,02%) y pick up (4,92%), buses de 2E (0,53%) y camiones unitarios de 2E (0,53%), para el tramo estudiado se obtuvo que la intensidad media diaria (IMD) para los vehículos ligeros como autos fue de 101, las pick up fue de 5,2857 y el IMD para buses y camiones unitarios fue de 0,5714 para ambos (Ver anexo).

Localización geográfica del proyecto



Figura 9. Ubicación de Ancash en el mapa del Perú

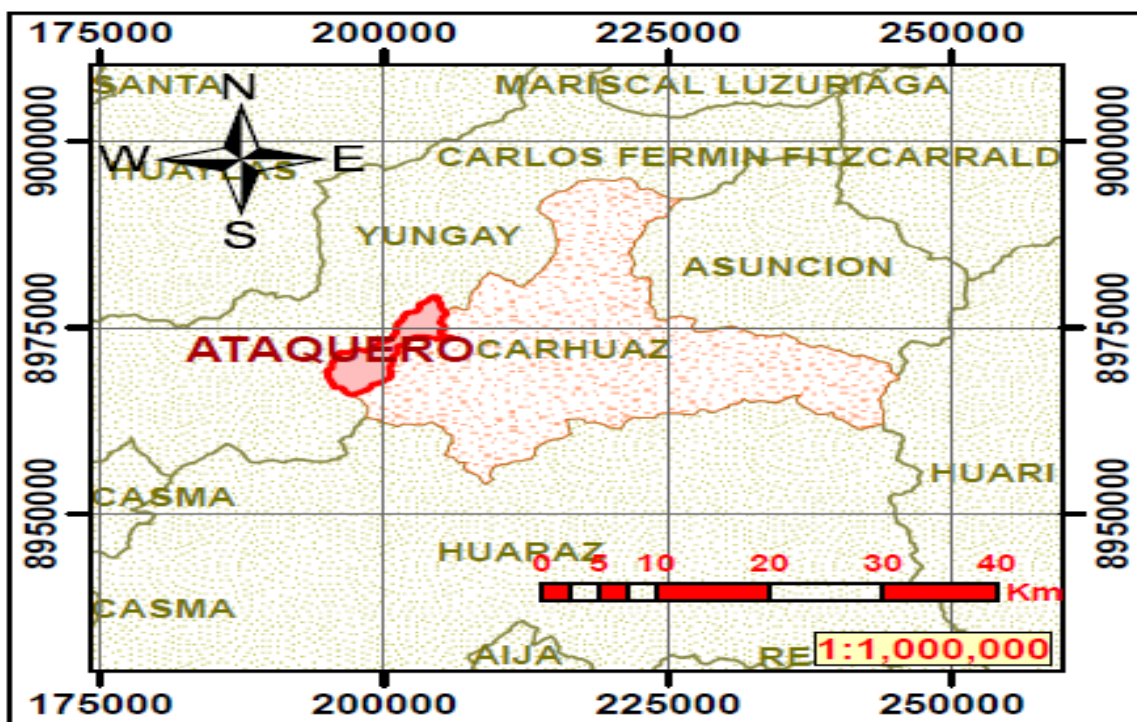


Figura 10. Ubicación de Ataquero en el mapa de Carhuaz, Ancash

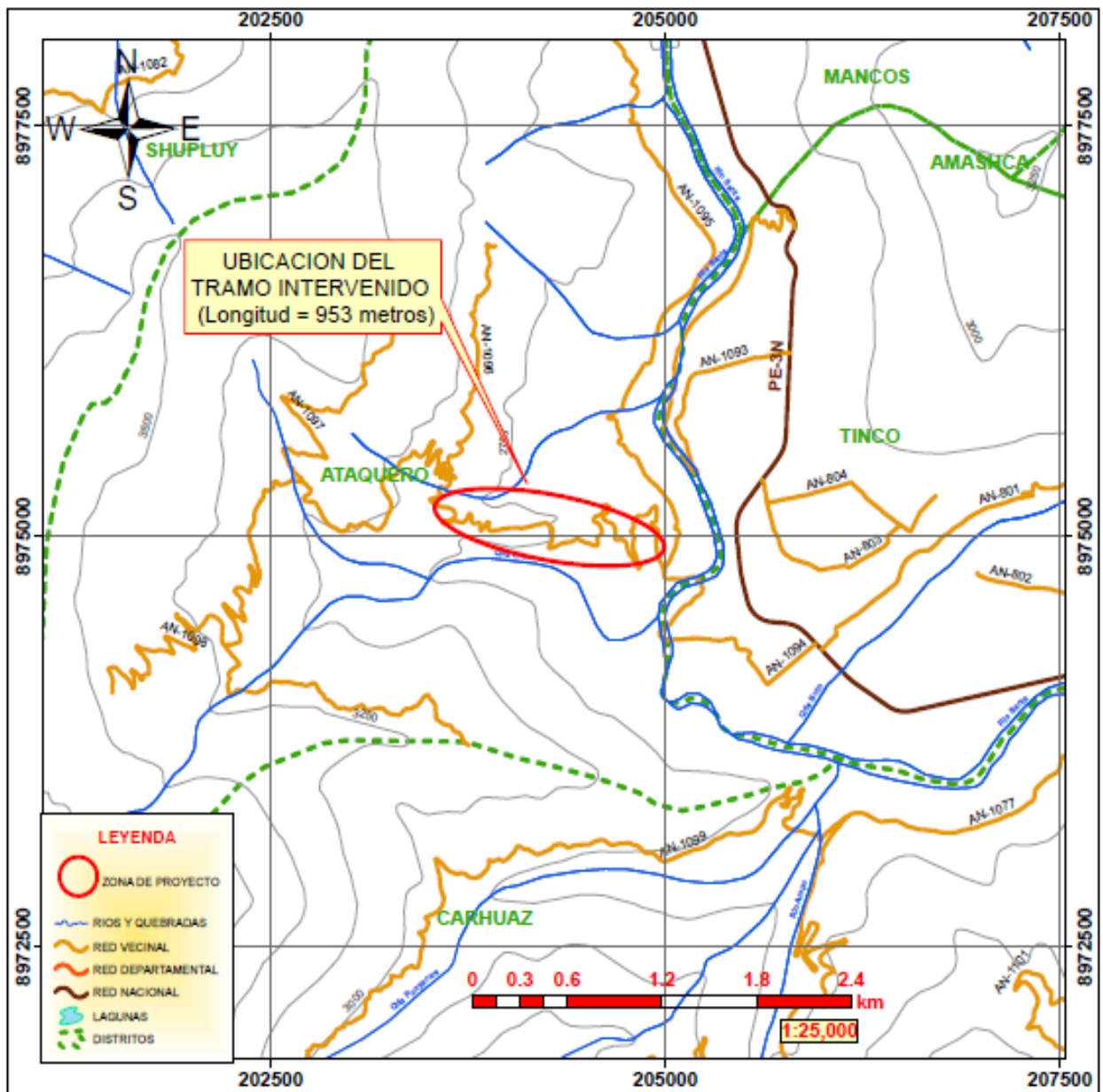


Figura 11. Ubicación del tramo estudiado de la carretera Tingo – Ataquero, Carhuaz, Ancash

A continuación, se realiza la descripción secuencial del **trabajo de campo** que se realizó en los 953 metros de subrasante en la carretera Tingo – Ataquero.

Ubicación de las calicatas

Se realizó 01 calicata del tramo seleccionado, el cual fue 0 + 953 km, con la finalidad de tener representatividad del suelo de subrasante de la carretera de Ataquero. A

continuación, se detallan las especificaciones que presenta cada calicata. La calicata C – 01 se realizó en la progresiva 0 + 500 km, tal como se puede apreciar en el Manual de carreteras y pavimentos del MTC (Ver anexo). La profundidad fue de 1,50 m, que fue realizado siguiendo secuencialmente los procesos y procedimientos que exige la normativa vigente en materia de estudio. Esto se puede observar en la Figura 12 y 13.



Figura 12. Ubicación de la calicata C – 01 tramo de subrasante 0 + 500 km



Figura 13. Profundidad de la calicata C – 01 tramo de subrasante 0 + 500 km

Recolección de muestras de tuna

Para la obtención de ceniza de tuna se recolecto la tuna del distrito de Ataquero.



Figura 14. Tuna para la obtención de la ceniza como agente estabilizante

Luego de la recolección de la muestra de suelo de distintas calicatas se realizó el transporte de la muestra de suelo al laboratorio para su posterior análisis. En donde se realizó el **trabajo de laboratorio**.

Trabajo de laboratorio para el suelo patrón de la calicata con código C – 01.

Luego de obtención de la muestra representativa de la subrasante con C – 01, se realizaron ensayos en el laboratorio MATHLAB Ingeniería sismorresistente E.I.R.L tales como: contenido de humedad (ASTM D – 2216), análisis granulométrico por tamizado (Clasificación ASTM D – 422), Límites de consistencia (Determinación del límite líquido y límite plástico ASTM D – 4318), Características de compactación en laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado ASTM D1557 – MTC E 115, Ensayo de la relación de soporte de california – CBR (ASTM D1883 – MTC E132). De lo cual para la calicata C – 01 del suelo natural de subrasante se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 6. Ensayos al suelo natural de subrasante de la carretera Tinco – Ataquero

Tipo de ensayo	Valor reportado
Contenido de humedad (ASTM D-2216)	4,03%
Límite líquido (L.L.)	35,20
Límite plástico (L.P.)	18,99
Índice plasticidad (I.P.)	16,21

Fuente. Elaboración propia. MATHLAB Ingeniería sismorresistente E.I.R.L, 2021

Trabajo de laboratorio para la ceniza de tuna

Se realizó el análisis de la composición química de la ceniza de tuna, las condiciones ambientales a las que se llevó a cabo el ensayo fueron a una temperatura de 23,10°C y una humedad relativa de 60%, para ello se utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (SHIMADZU, EDX 800HS), utilizando un método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. De lo cual se obtuvo como composición química de la ceniza de tuna con un mayor porcentaje de calcio con 74,024% y con un menor porcentaje de fósforo con 0,202%. A continuación, se presentan todos los elementos de la composición química de la ceniza de tuna utilizada para la estabilización de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.

Tabla 7. Composición química de la ceniza de tuna

Composición química (elemento)	Resultados (% aportado)
Calcio (Ca)	74,024
Magnesio (Mg)	19,123
Silicio (Si)	1,622
Potasio (K)	1,606
Aluminio (Al)	1,484
Estroncio (Sr)	0,666
Hierro (Fe)	0,534
Azufre (S)	0,521
Manganeso (Mn)	0,218
Fósforo (P)	0,202

Fuente. LABICER (Laboratorio N°12). Análisis químico, consultoría e investigación

A su vez también se realizó el análisis DSC, el cual incluye análisis cuantitativo de determinación térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico diferencial DTA y a su vez se complementó los ensayos con el análisis termogravimétrico TGA, esto se llevó a cabo en el laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo, en la facultad de ingeniería, en el departamento de ingeniería de materiales, en donde los laboratorios están certificados y los procedimientos que se han utilizado están validados, es así que los resultados obtenidos al sido representativos para cualquier tipo de información que se realiza o que se desea realizar a la muestra que ha sido analizada de una manera estándar y cumpliendo las normativas vigentes que se da en el país.

De lo cual se obtuvo que el análisis termogravimétrico dos importantes gradientes de la masa del material analizado (ceniza de tuna), la primera variación se presenta en un intervalo de temperatura mayor a 80°C y menor a 130°C y la segunda etapa o caída de masa de ceniza más pronunciada se presenta en el intervalo de temperatura mayor a 230°C y menor a 340°C, pasado estos dos intervalos de temperatura la masa es lenta y progresiva hasta que llega a una masa total que representa aproximadamente el 70% de la masa utilizada de ceniza inicialmente, esto debido al proceso térmico que se ha sometido la muestra que se está analizando y que de acuerdo a ello se determina sus propiedades de la muestra

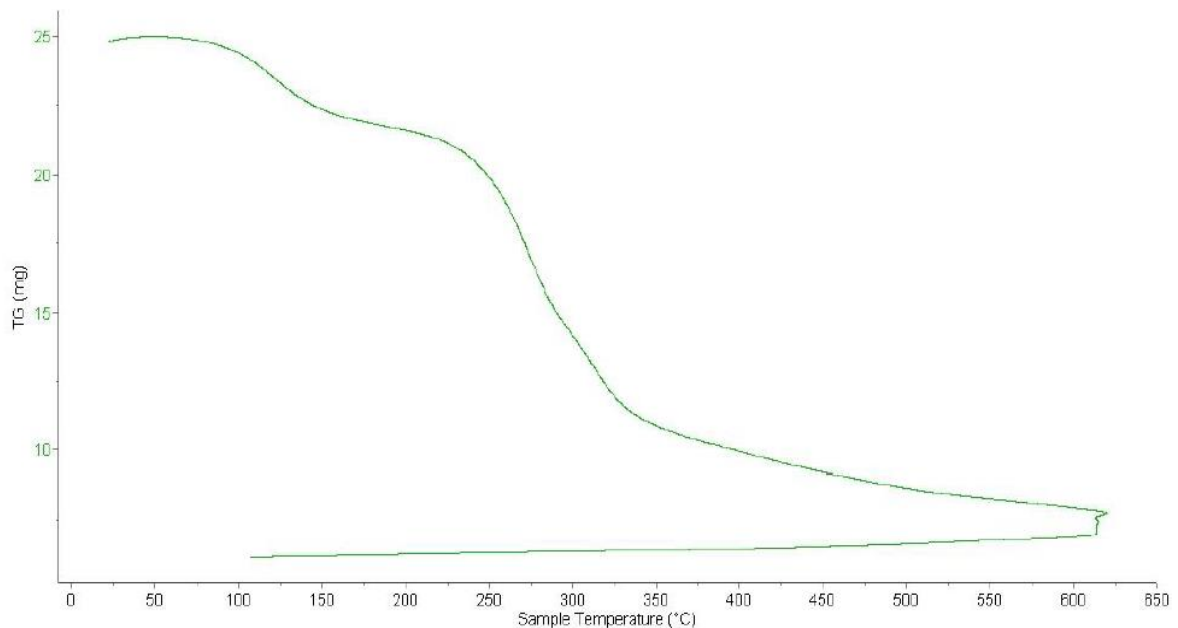


Figura 15. Curva de pérdida de masa – Análisis termogravimétrico

Para el análisis calorimétrico se obtuvieron claramente los picos más pronunciados en cierto rango de temperatura, a estos valores se les denominan picos endotérmicos que se pueden apreciar en un punto de acumulación de 120°C y 380°C grados de temperatura, pero también se puede apreciar de forma ligera una banda netamente endotérmica que esta alrededor de una temperatura de los 200°C, estas temperaturas se denominan puntos de temperatura a la que está sometida la muestra en estudio, estas temperaturas principalmente realizan entre otras cosas, un cambio estructural en la masa de ceniza utilizada y también modifican las características que presenta el material que se ha sometido al experimento del análisis calorimétrico ATD.

Con este análisis se puede someter al material a diversas aplicaciones de acuerdo a los resultados obtenidos en el diagrama de la curva calorimétrica que se forma a través de la transferencia continua de calor, entre los aspectos más relevantes que tiene al rango de temperatura de trabajo y los puntos de acumulación que se presenta para la muestra indicada y analizada con fines de puzolana o mejoramiento de las subrasantes y mejoramientos de suelos en las diferentes obras que se llevan a cabo en el país.

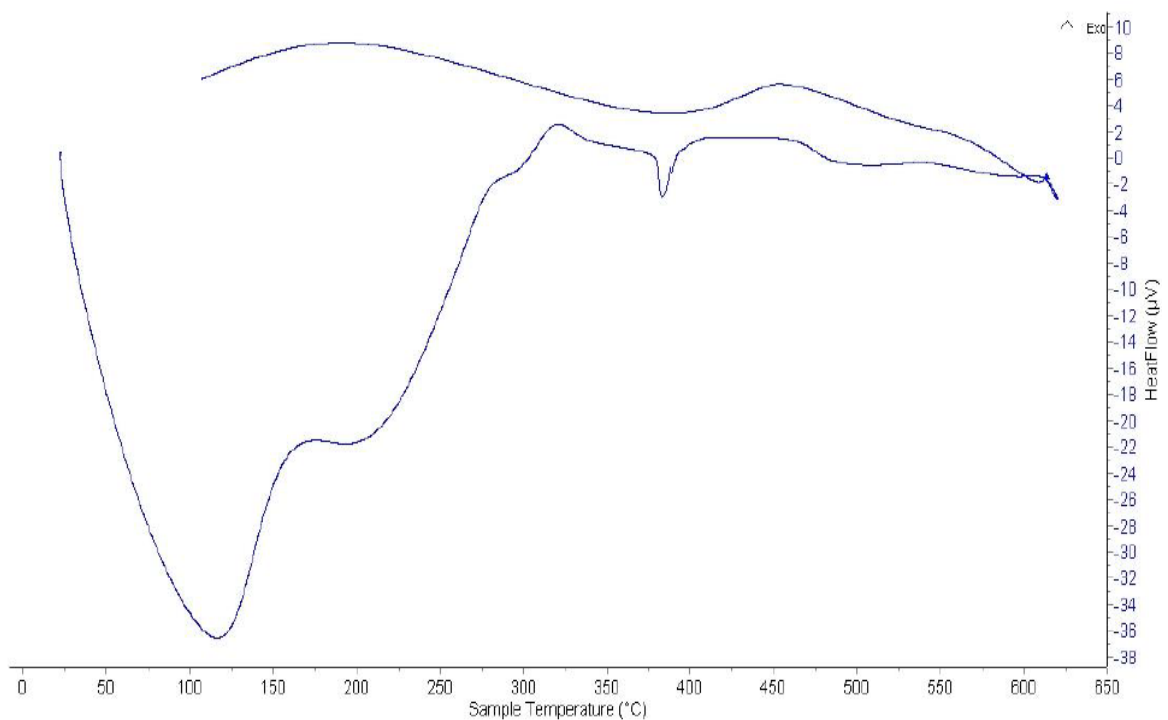


Figura 16. Curva calorimétrica ATD

Luego de la recolección de la muestra de suelo de distintas calicatas se realizó el transporte de la muestra de suelo al laboratorio para su posterior análisis. En donde se realizó el **trabajo de laboratorio**.

Trabajo de laboratorio para el suelo patrón de la calicata con código C – 01.

Luego de obtención de la muestra representativa de la subrasante con C – 01, se realizaron ensayos en el laboratorio MATHLAB E.I.R.L tales como: contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, Límites de consistencia (Determinación del límite líquido y límite plástico ASTM D – 4318), Características de compactación en laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado ASTM D1557 – MTC E 115, Ensayo CBR (ASTM D1883 – MTC E132).

De lo cual para la calicata C – 01 del suelo natural de subrasante se obtuvo los siguientes resultados:

A continuación se presenta el análisis granulométrico por tamizado (Clasificación ASTM D – 422), en donde se tuvo como primer paso determinar cuantitativamente las característica físicas que tienen las partículas del suelo extraído en su estado natural con la finalidad de clasificarlo de acuerdo a la clasificación unificado de suelo (SUCS) y su clasificación ASSHTO, lo cual se utilizó el juego de tamices de ASTM del laboratorio en donde se realizó el análisis, a continuación se presentan los detalles:

Tabla 8. Granulometría de la muestra extraída de suelo natural de la calita C1

Tamices ASTM	Abertura [mm]	Peso Retenido [g]	% Pasa
3"	76.200	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
3/8"	9.525	17.40	99.14
N° 4	4.780	86.49	94.88
N° 10	2.000	163.08	86.84
N° 40	0.426	255.71	74.24
N° 60	0.260	54.92	71.53
N° 140	0.106	73.30	67.92
N° 200	0.074	22.06	66.83
> N° 200	0.000	7.52	66.46
Total		680.48	

Fuente: Elaborado por la autora, información del análisis de laboratorio.

De la tabla 8 se puede observar que el porcentaje de peso que pasa por el tamiz N° 200 representa un 66.46% de las partículas del suelo de la calita C1 en evaluación, lo que representa un suelo que puede ser considerado como arcilla debido a lo estipulado por las normas ASTM 422 – 107 y la NTP 339.132 – 2014, la cual indica que el porcentaje que pasa por esta malla (N° 200) debe ser superior al 50%.

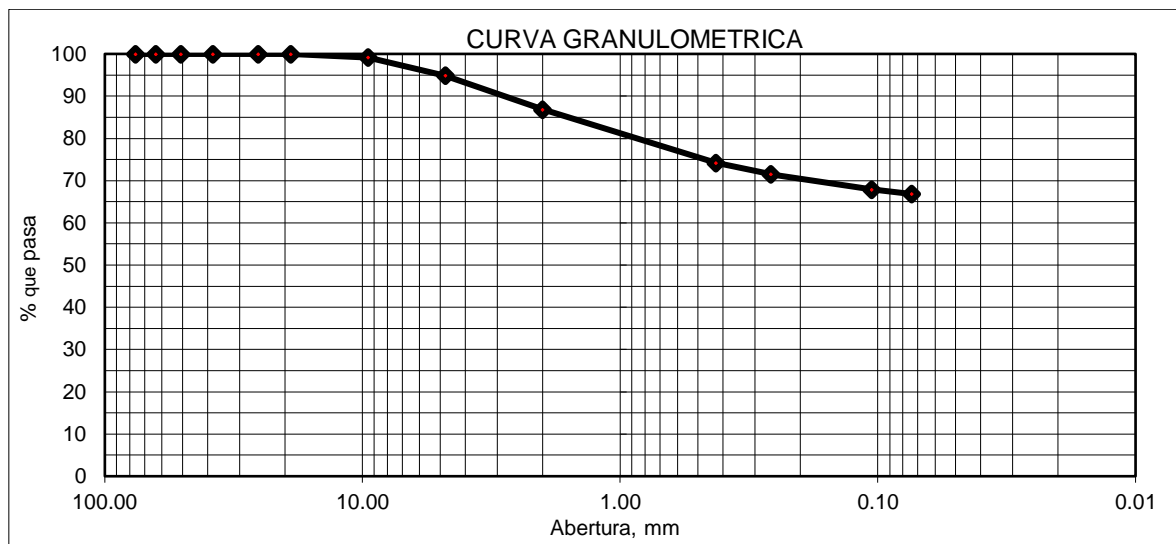


Figura 17. Curva granulométrica del suelo extraído en su estado natural
Fuente: Elaborado por el autor.

De la figura 17 se muestra la línea de tendencia al 100% en los tamices >3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1" y 3/4", luego en abertura de 9.525 mm el porcentaje pasó de 99.14% a 86.84% los porcentajes de peso que pasan por el tamiz, los cuales fueron utilizados los tamices 3/8", N° 4 y N° 10 respectivamente. Así mismo se evidencia que en el tamiz N° 40 (0.426 mm) se tuvo un porcentaje de peso que pasa 74.24%, para finalmente tener un porcentaje que pasa en los tamices N° 60 y 140 los porcentajes que peso que pasa de 71.53% y 66.83% respectivamente, lo cual evidencia que de acuerdo a la normativa vigente se tiene a una muestra clasificada como arcilla debido a que los porcentajes que pasan por los tamices es mayor al 50%.

Asimismo, se procedió a clasificar el tipo de suelo de acuerdo a la clasificación SUCS y AASHTO, teniendo resultados de acuerdo a la clasificación unificada de suelos (SUCS – ASTM D - 2487) un tipo de suelo CL, y de acuerdo a la clasificación AASHTO – ASTM D-3282 – AASHTO M145 un tipo de suelo A – 6 (9).

Tabla 9. Clasificación SUCS y AASHTO del suelo en su estado natural (C-01)

Muestra	Progresiva	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad
C-01	0 + 500	CL	A-6 (9)	4.03 %

Fuente: Elaborado por la autora.

De la tabla 9 se muestra la clasificación SUCS del suelo en su estado natural, la cual equivale a un CL y la clasificación AASHTO equivalente a un A-6 (9) y un contenido de humedad de 4.03%.

A continuación, se procedió a determinar los límites de Atterberg ASTM 4318, en los cuales se detallan el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad; los cuales fueron analizados para determinar el suelo en su estudio y determinar así las características mecánicas de dicha muestra extraída del tramo de carretera a través de la calicata, con la finalidad de mejorar las características que presenta el suelo actualmente.

Tabla 10. Límites de Atterberg de la muestra extraída del suelo natural

Muestra	Progresiva	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
C – 01	0 + 500	35.12 %	18.99 %	16.12%

Fuente: Elaborado por la autora.

En la tabla 10 se muestra los límites de Atterberg de la muestra extraída en su estado natural, en donde se evidencia un límite líquido de 35.12%, límite plástico de 18.99%, lo cual generan un índice de plasticidad de 16.12 ya que es la diferencia que existe entre el límite líquido y límite plástico; siendo clasificado de acuerdo a la norma ASTM D 4318 como un suelo arcilloso ya que se encuentra en el rango $IP \leq 20$ a $IP > 7$ lo que demuestra que el tipo de suelo presenta una plasticidad de clasificación media.

Por otro lado, se procedió con la caracterización mecánica de la muestra extraída en su estado natural (C-01), para lo cual se realizó el ensayo Proctor modificado ASTM D 1557, utilizando para ello el tipo de método "A" donde se tuvo que determinar el contenido de humedad óptimo (%) con relación a 1 peso volumétrico seco máximo (T/m³), obteniendo así la curva de compactación de la muestra y su peso específico.

Tabla 11. Relación del contenido de humedad (%) y peso vol. Seco (T/M3)

Característica	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Contenido de humedad (%)	4.28	5.98	7.61	9.57	11.49
Densidad máx. Seca (gr/cm3)	1.79	1.84	1.85	1.80	1.78

Fuente: Elaborado por la autora.

En la tabla 11 se muestra los valores obtenidos de los 5 pesos de muestra que se utilizaron en los ensayos, en el cual se evidenciaron que el mayor porcentaje de humedad se obtuvo en la muestra 5 con 11.49% y el menor porcentaje se evidenció en la muestra 4.28%; asimismo se obtuvo que el densidad máximo seca (gr/cm3) se evidenció en la muestra 3 con un indicador de 1,85 gr/cm3 y el menor indicador de obtuvo en la muestra 5 con 1,78 T/cm3.

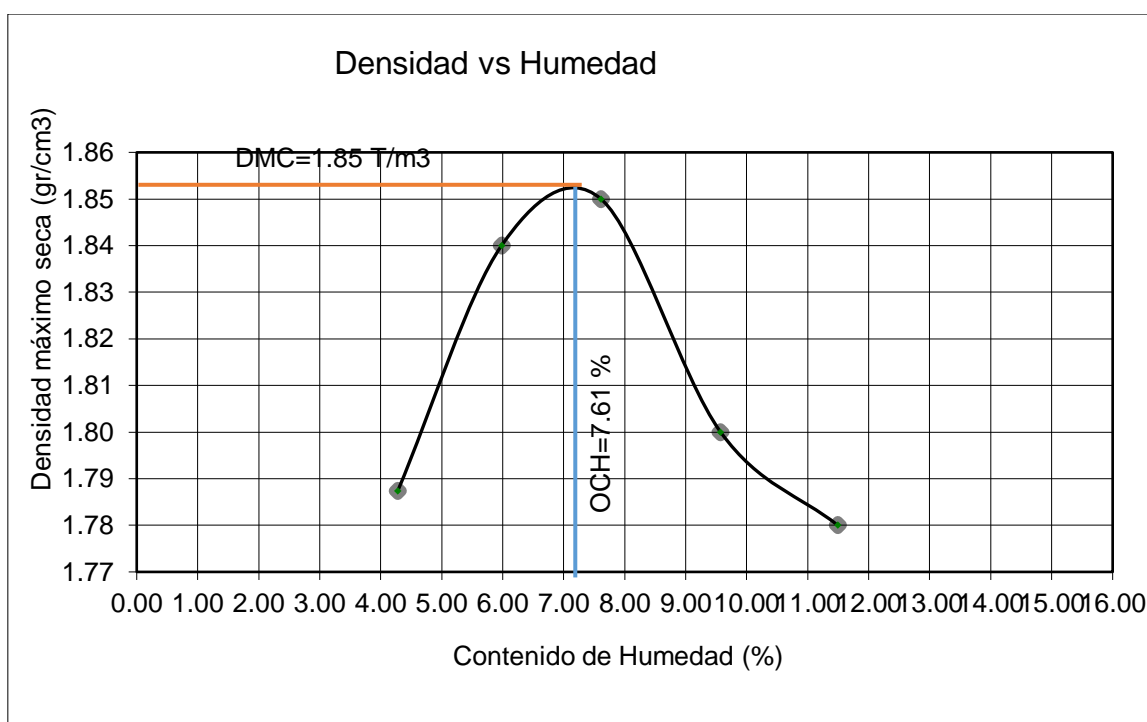


Figura 18. Relación del contenido de humedad y el peso seco máximo

Fuente: Elaborado por los autores

De la figura 18 se muestra el contenido de humedad (5) y densidad máximo seca (gr/cm3) se encuentra en los puntos 7.61% respecto a las coordenadas "X" y un valor de 1.85 T/cm3 con respecto a las coordenadas "Y" mostrando a esos valores como la cantidad optima de contenido de humedad en relación a la máxima densidad seca del suelo extraído en su estado natural.

Luego se procedió a realizar el ensayo de California Baring Ratio (CBR), el cual consistió en determinar la capacidad portante del suelo extraído con la finalidad de evaluar la capacidad de soporte que tiene para ser utilizado como subrasante para la construcción de vías de acceso, para ello se utilizó la 3 especímenes de la muestra las cuales fueron sometidas a diferentes energías en relación al número de golpes que se le aplicó a dicha muestra; de acuerdo a los ensayos realizados se utilizó 56 golpes para el espécimen 01, para el espécimen 02 se utilizó 26 golpes y para el espécimen 03 se utilizó 12 golpes.

Tabla 12. Relación de soporte de la muestra extraída en su estado natural

Detalles de muestra	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Número de golpes	56	26	12
Densidad seca (g/cm ³)	1.85 g/cm ³	1.80 g/cm ³	1.76 g/cm ³
Expansión (hinchamiento)	0.238 %	0.296 %	0.360 %
CBR (0.1")	7.70%	6.80%	5.50%
CBR (0.2")	8.00%	7.00%	5.90%

Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla 12, se puede apreciar la relación de soporte de la muestra que se ha extraído del suelo natural, en donde se siguió la estandarización del laboratorio, teniendo como datos representativos el número de golpes, la densidad seca y la expansión de la muestra sometida a esas distintas condiciones de tratamiento, como la penetración de 0.2" para la cual se obtuvo un índice de CBR 8,00% y 5,90% para 56 y 12 golpes respectivamente.

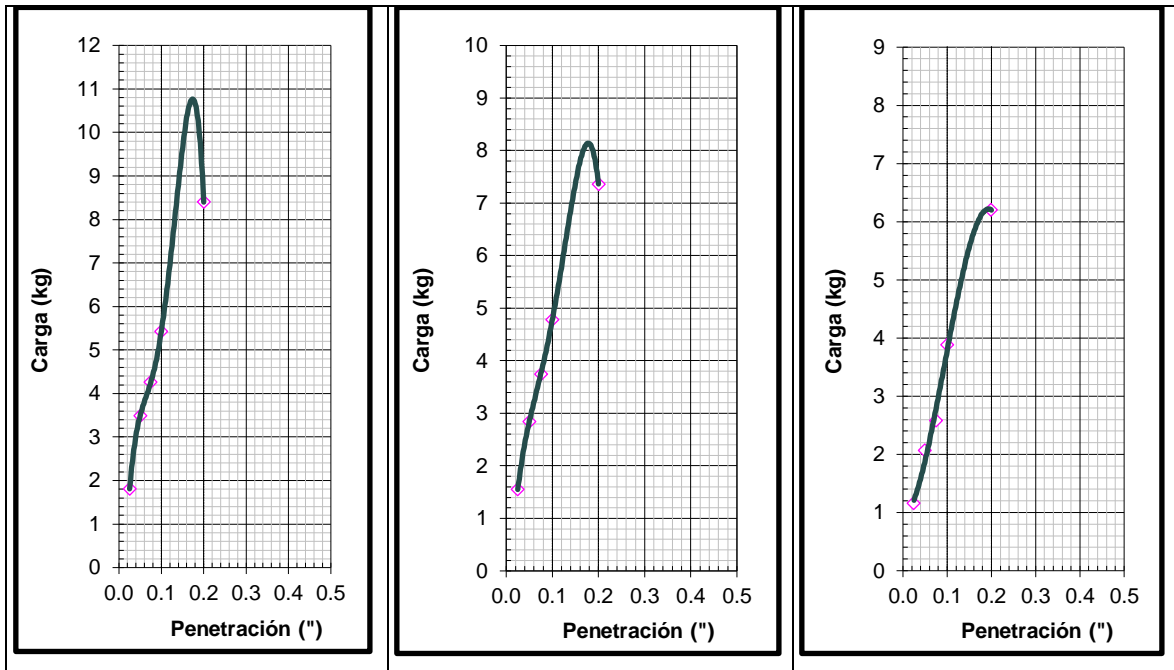


Figura 19. Ensayo de los especímenes de acuerdo a las cargas de penetración

Fuente: Elaborado por la autora.

En la figura 19, se puede apreciar la relación de la carga y la penetración respecto a la cantidad de golpes que se ha realizado de acuerdo a cada espécimen.

Tabla 13. Determinación del CBR a 0.2" de penetración en el suelo natural

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
C – 01	Suelo Natural	0.2"	7.72%	5.51%

Fuente: Elaborado por la autora.

De la tabla 13, se puede apreciar que a una penetración de 0,2" sometida a la calicata C – 01, se obtuvo un nivel de índice de CBR de 5,51%.

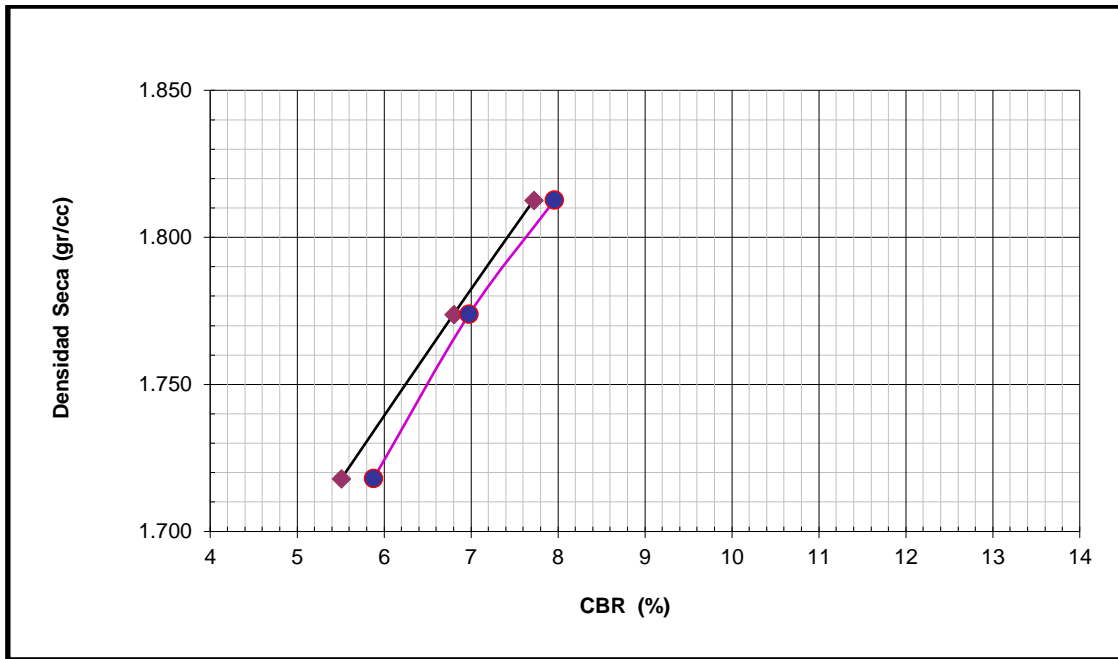


Figura 20. Densidad seca (gr/cm³) vs CBR del suelo natural

Fuente: Elaborado por la autora

En la figura 20, se ha realizado un análisis gráfico de como varia la densidad máximo seca (gr/cm³) respecto al índice de CBR (%), del cual se puede apreciar que el índice de CBR (%) es directamente proporcional a la densidad seca, por lo que se identifica la relación entre el índice de CBR y su modificación respecto a agentes estabilizantes, como en este caso fue la ceniza de tuna.

4.1. Determinación de la influencia de adición de ceniza de tuna en la plasticidad de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero.

A continuación, se procede a realizar los análisis correspondientes de la muestra del suelo extraído del tramo de la carretera Tinco – Ataquero, para lo cual se procedió a determinar los límites de Atterberg del suelo con la dosificación de 4%, 6% y 8% de ceniza de tuna, para ello se procedió a planificar las dosificaciones de suelo natural y dosificaciones del agente estabilizante.

Tabla 14. Composición del suelo natural y agente estabilizante (CT)

Calicata	Composición	Ensayo I	Ensayo II	Ensayo III
C – 01	Ceniza de tuna (CT)	4%	6%	8%
	Suelo natural	96%	94%	92%

Fuente: Elaborado por la autora.

En la tabla 14 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se realizó los ensayos a la muestra de suelo natural con el agente estabilizante como la ceniza de tuna en 3 proporciones (4%, 6% y 8%) y luego se homogenizo dichos tratamientos que involucraban suelo de subrasante y ceniza de tuna. Luego se procedió a realizar los ensayos de límites de Atterberg.

Tabla 15. Dosificaciones de agente estabilizante al 4%, 6% y 8% al suelo natural

Muestra	Composición	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
C – 01	Suelo + 4% CT	35.48 %	19.93 %	15.55%
	Suelo + 6% CT	35.18%	20.35%	14.83%
	Suelo + 8% CT	34.90%	20.70%	14.20%

Fuente: Elaborado por la autora, información del laboratorio.

En la tabla 15 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se realizó los ensayos para dichos tratamientos para determinar el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP), en el cual el índice de plasticidad para la adición de 4% es de 15,55% y para una adición de 6% de ceniza de tuna es 14,83%. Teniendo como punto de deflexión a 14,83% de índice de plasticidad.

A continuación, se presenta la evaluación de la influencia que se genera con la adición de ceniza de tuna al 4%, 6% y 8% que se agregó al suelo natural respectivamente.

Tabla 16. Variación de los límites de Atterberg del suelo y la adición de C.T.

% de Ceniza tuna	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad	% Disminución del IP.
0%	35.2	18.99	16.21	0.00%
4.00%	35.48	19.93	15.55	4.07%
6.00%	35.18	20.35	14.83	8.51%
8.00%	34.9	20.7	14.2	12.40%

Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla 16 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se realizó los ensayos para dichos tratamientos que se realizó una comparación entre los 3 tratamientos en comparación con el suelo natural de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, de lo cual se puede observar que el índice de plasticidad disminuye en 12,40% respecto al inicial para una adición de 8% de ceniza de tuna y para el tratamiento con 6% de ceniza se obtiene un 8,51% de disminución del índice de plasticidad.

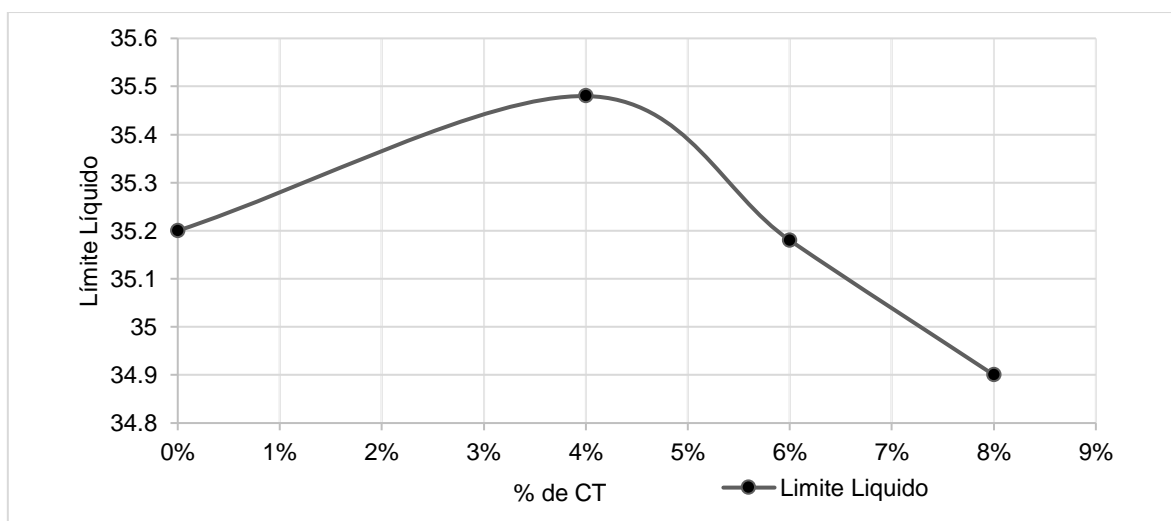


Figura 21. Comportamiento del límite líquido de la muestra y adición de CT

Fuente: Elaborado por la autora, información del laboratorio.

En la figura 21 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se adicionó ceniza de tuna en 4%, 6% y 8%, con lo cual se realizó la variación del límite líquido, de donde se pudo apreciar que la que se tiene un valor de 35,48, el cual es el máximo nivel de límite líquido al adicionar 4% de ceniza de tuna al suelo natural de subrasante.

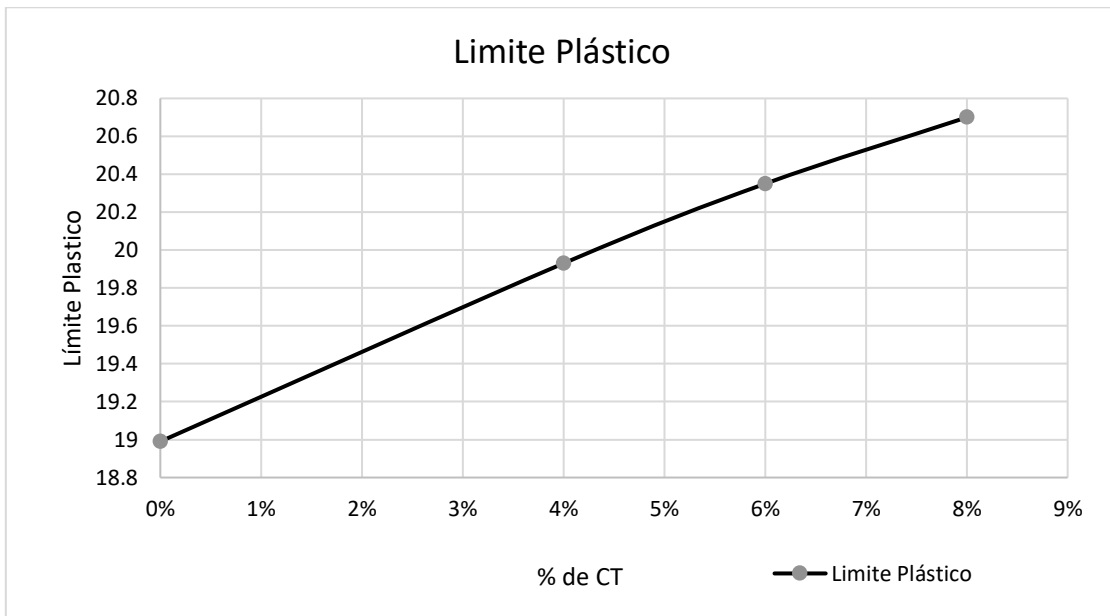


Figura 22. Comportamiento del límite plástico de la muestra y adición de CT
Fuente: Elaborado por el autor, información del laboratorio.

En la figura 22 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, con lo cual se realizó la variación del límite plástico, de donde se pudo apreciar que la que se tiene un valor de 20,70, el cual es el máximo nivel de límite plástico al adicionar 8% de ceniza de tuna al suelo natural de subrasante.

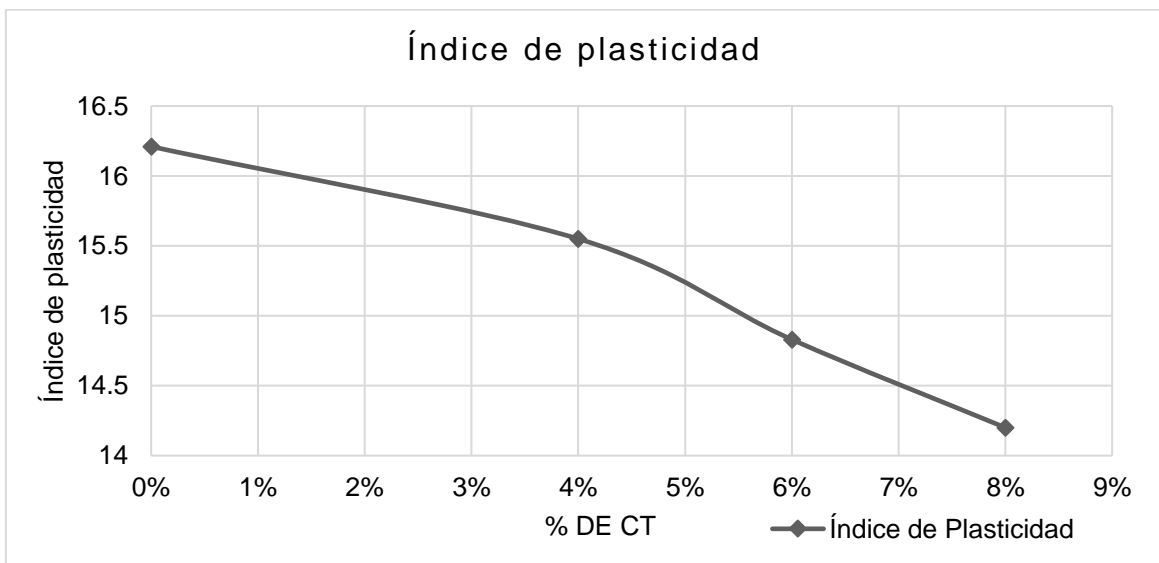


Figura 23. Comportamiento del índice de plasticidad de la muestra y adición de CT
Fuente: Elaborado por la autora, información del laboratorio.

En la figura 23 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en la cual se realizó la variación del índice de plasticidad, de donde se pudo apreciar que la que se tiene un valor de 12,40%, el cual es el máximo nivel de variación que se presentó al adicionar 8% de ceniza de tuna al suelo natural de subrasante.

4.2. Determinación de la influencia de adición de ceniza de tuna en la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero

A continuación, se procedió a determinar el contenido de humedad óptimo (%) y densidad máxima seca (gr/cm³) de la muestra y las dosificaciones de adición de ceniza de tuna en las cantidades de 4%, 6% y 8% respectivamente.

Tabla 17. Contenido de humedad vs la densidad seca

Detalles	Suelo natural + adición de C.T. 4%, 6% y 8%				
	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V
Dosificación 0 %					
Contenido de humedad (%)	4.28	5.98	7.61	9.57	11.49
Densidad Máx. Seca (gr/cm ³)	1.79	1.84	1.85	1.8	1.78
Dosificación 4 %	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V
Contenido de humedad (%)	1.48	3.28	8.34	10.33	11.9
Densidad Máx. Seca (gr/cm ³)	1.81	1.85	1.88	1.86	1.81
Dosificación 6 %	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V
Contenido de humedad (%)	4.44	6.06	10.88	13.8	17.54
Densidad Máx. Seca (gr/cm ³)	1.83	1.87	1.92	1.89	1.84
Dosificación 8 %	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV	Muestra V
Contenido de humedad (%)	5.51	7.27	9.49	11.41	13.51
Densidad Máx. Seca (gr/cm ³)	1.87	1.92	1.94	1.92	1.89

Fuente: Elaborado por la autora.

En la tabla 17 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se realizó los ensayos para distintas dosificaciones del suelo natural con adición de

ceniza de tuna en distintas proporciones, las cuales fueron 0%, 4%, 6% y 8%; tomando para ello 5 muestras para cada tratamiento y los resultados obtenidos fueron el contenido de humedad (%) y la densidad máxima seca (gr/cm^3), en lo cual se puede apreciar un valor atípico de 17,54% para la muestra V y una dosificación 6% de ceniza de tuna, también se puede apreciar que la mínima humedad de 1,78% y se obtiene para un suelo natural en la muestra V y a su vez también se tiene un mínimo valor de contenido de humedad (%) de 1,48% para una muestra que presenta una dosificación de 4% de ceniza de tuna agregado al suelo de la subrasante natural de la carretera Tinco – Ataquero.

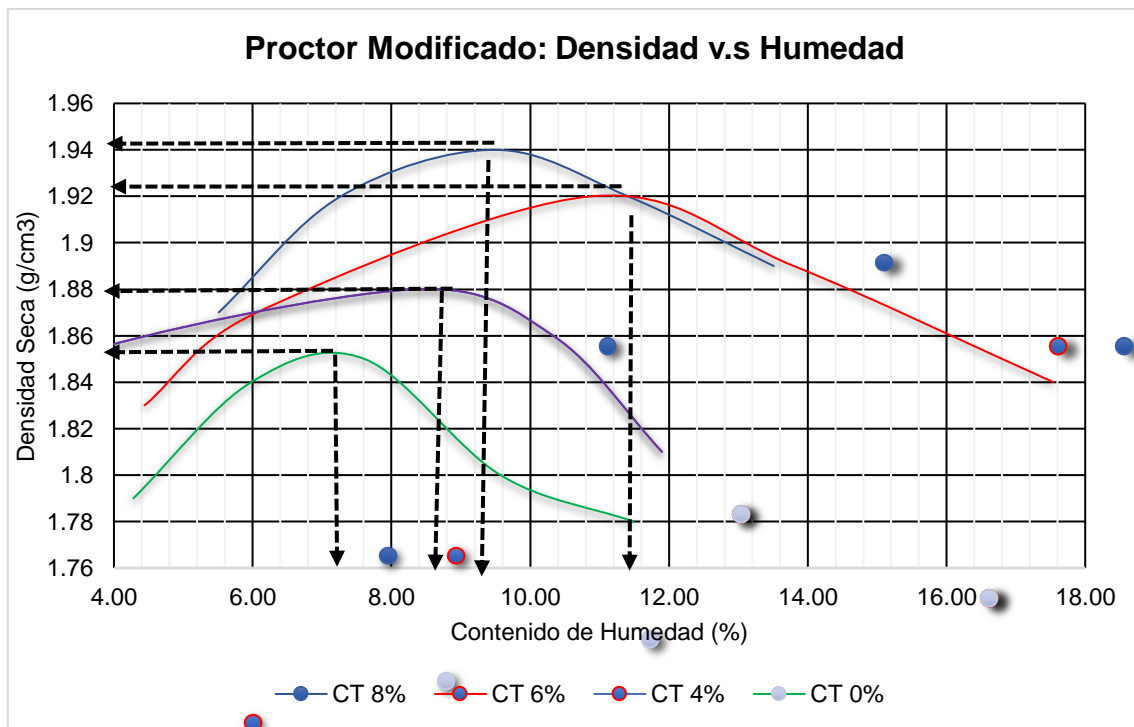


Figura 24. Comportamiento del contenido de humedad vs la máxima densidad seca
Fuente: Elaborado por la autora.

En la figura 24 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se realizó los ensayos para distintas dosificaciones del suelo natural con adición de ceniza de tuna en distintas proporciones, las cuales fueron 0%, 4%, 6% y 8%; tomando para ello el contenido de humedad de las distintas dosificaciones y su densidad seca, observando que una máxima densidad máxima seca es de $1,94 \text{ gr}/\text{cm}^3$ para un contenido de humedad óptimo de 9,49% y para el suelo de subrasante natural se tiene un contenido de humedad de 7,61% y una densidad seca máxima de $1,85 \text{ g}/\text{cm}^3$ (TM/m^3).

Tabla 18. Análisis del suelo con ceniza de tuna usando esfuerzo modificado

Muestra	Composición	Contenido de humedad óptimo (%)	Densidad máximo Seca (gr/cm3)
C – 01	Suelo natural	7.61	1.85
	Suelo + 4% CT	8.34	1.88
	Suelo + 6% CT	10.88	1.92
	Suelo + 8% CT	9.49	1.94

Fuente: Elaborado por la autora.

4.3. Determinación de la influencia de adición de ceniza de tuna en el índice CBR de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero.

A continuación, se procedió a realizar el ensayo del CBR para determinar la capacidad portante del suelo en su estado natural y las diferentes dosificaciones de adición del agente estabilizante (ceniza de tuna), con la finalidad de obtener su capacidad portante de la subrasante para la construcción de diseño de un pavimento.

Tabla 19. Relación de soporte de califonia para el suelo con Ceniza de tuna

CBR/ C - 01	Adición 4% CT		Adición 6% CT		Adición 8% CT	
Penetración	10 0 %	9 5 %	10 0 %	9 5 %	10 0 %	95 %
CBR (%)	9.4 1	6. 7 2	12. 07	8. 6 2	14. 04	10 .0 3
Densidad máximo Seca (gr/cm3)	1.8 8	1. 8 8	1.9 2	1. 9 2	1.9 4	1. 94

Fuente: Elaborado por la autora.

En la tabla 19 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se realizó los ensayos para distintas dosificaciones del suelo natural con adición de ceniza de tuna en distintas proporciones, las cuales fueron 4%, 6% y 8%; tomando para ello la penetración al 100% y 95%, los resultados obtenidos fueron el índice de nivel de CBR (%) y la densidad máximo Seca (gr/cm³), observando que ambos resultados aumentan respecto a la dosificación de la ceniza de aceite.

Tabla 20. Variación del CBR del suelo con adiciones de C.T.

% de CT	Ds máx. (gr/cm ³)	Optimo Contenido de Humedad (%)	C.B.R de diseño	% de Variación de C.B.R.
0%	1.85	7.61	5.51	0.00%
4.00%	1.88	8.34	6.72	21.96%
6.00%	1.92	10.88	8.62	56.44%
8.00%	1.94	9.49	10.03	82.03%

Fuente: Elaborado por la autora.

En la tabla 20 se muestra los valores obtenidos de la calicata C – 01, en donde se realizó los ensayos para distintas dosificaciones del suelo natural con adición de ceniza de tuna en distintas proporciones, las cuales fueron 0%, 4%, 6% y 8%; tomando para ello se calculó la variación porcentual del índice de CBR (%), respecto al índice de CBR que se obtiene del suelo natural de subrasante de la carretera Tinco – Ataquero.

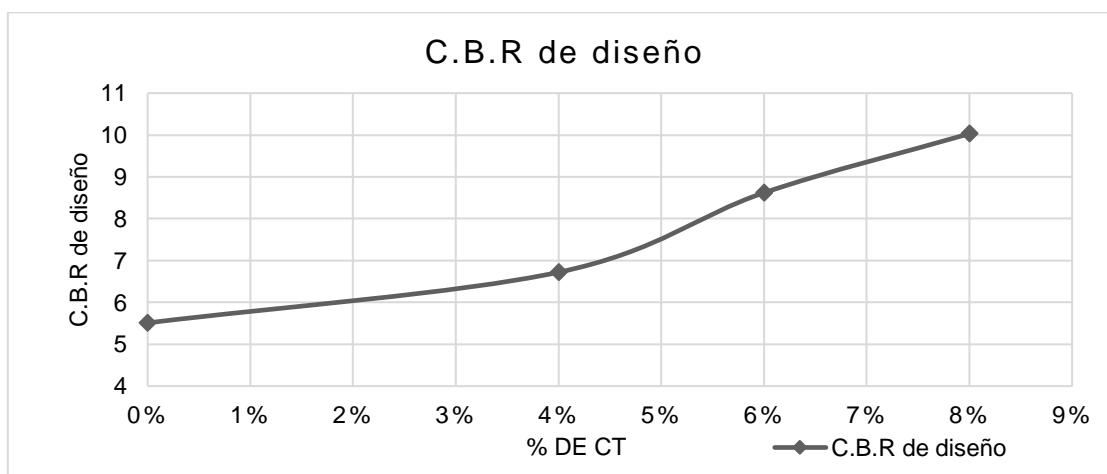


Figura 25. Comportamiento del CBR de la muestra natural y la adición de la C.T.

Fuente: Elaborado por la autora, información del laboratorio.

En la figura 25 se muestra los valores de CBR de diseño en donde se puede observar que para una dosificación del 6% cambia la dirección en el crecimiento del índice de CBR (%), presentando un valor de 8,62%.

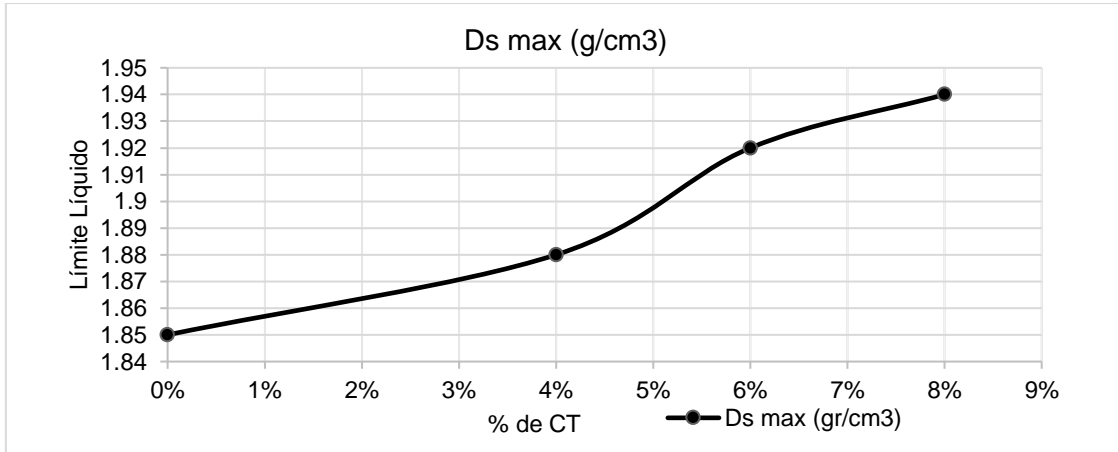


Figura 26. Comportamiento máxima densidad seca con la adición de C.T.

Fuente: Elaborado por la autora, información del laboratorio.

En la figura 26 se muestra los valores del límite líquido y la dosificación de ceniza de tuna de que se ha agregado al suelo de subrasante natural.

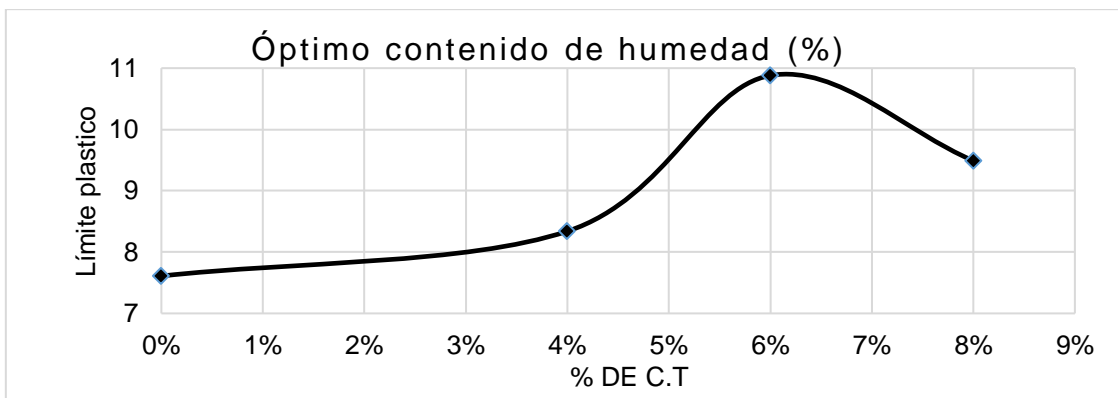


Figura 27. Comportamiento del óptimo contenido de humedad (%)

Fuente: Elaborado por la autora, información del laboratorio

En la figura 27 se muestra los valores del óptimo contenido de humedad para una dosificación del 6% de adición de ceniza de tuna que se ha agregado al suelo de subrasante natural, respecto al límite plástico.

Contrastación de hipótesis

Hipótesis general:

Para contrastar la hipótesis general que es probar que la adición de ceniza de tuna en proporciones de 4%, 6% y 8% respecto al suelo de la subrasante de la carretera de Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash mejora su propiedad física y mecánica entre un 30% a 55%. Para ello se realizaron los ensayos tanto de la ceniza de tuna, el suelo natural y los respectivos tratamientos, siguiendo los procedimientos estándares, las cuales se representaron en tablas y figuras que dieron soporte a la influencia positiva en la estabilización que se logró en el suelo de subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash, donde se obtuvo que una óptima estabilización del suelo de subrasante se presenta cuando se realizó una adición de 6% de ceniza de tuna (CT), siendo la densidad máxima seca de 1.92 T/m³ y un CBR de 8.62% como características representativas de esa estabilización.

Hipótesis específicas:

Hipótesis específica 1

Para determinar que la adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% disminuye el índice de plasticidad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021, se ha realizado ensayos de Atterberg (límite líquido y límite plástico), para los cuales se realizó una figura con los tratamientos, esto se realizó para los 4 tratamientos, teniendo (100% suelo natural + 0% ceniza de tuna), (96% suelo natural + 4% ceniza de tuna), (94% suelo natural + 6% ceniza de tuna) y (92% suelo natural + 8% ceniza de tuna), lo cual para todos los tratamientos se ha realizado una disminución significativa del índice de plasticidad.

Para lo cual se realizó la prueba de normalidad de la variación del índice de plasticidad (IP).

Prueba de normalidad:

H₀: Los datos tienen un comportamiento normal ($\alpha = 0,05 < \text{Sig}$)

H_a: Los datos no presentan un comportamiento normal ($\alpha = 0,05 > \text{Sig}$)

Tabla 21. Prueba de normalidad para la variación del IP

Ítem	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
%Disminución del IP	,163	4	.	,989	4	,950

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Elaborado por la autora, basado en SPSS v.25

De la tabla 21 se puede apreciar que los datos son menores a 30, por lo cual se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, de donde se obtuvo una Sig. = 0,950, siendo este valor mayor a $\alpha = 0,05$, indicando así que los datos presentan un comportamiento normal.

Prueba T para una muestra:

H0: La adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% no influye el índice de plasticidad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021 ($\alpha = 0,05 < \text{Sig}$)

Ha: La adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% disminuye el índice de plasticidad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021 ($\alpha = 0,05 > \text{Sig}$).

Tabla 22. Prueba de T para la variación del índice de plasticidad

Ítem	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
%Disminución de IP	2,323	3	,03	,06245	-,0231	,1480

Fuente: Elaborado por la autora, basado en SPSS v.25

De la tabla 22 se puede apreciar que la significancia es sig. = 0,03 siendo este valor menor a $\alpha = 0,05$, por lo cual se rechazó la hipótesis nula, y se aprobó la hipótesis alternativa, lo cual indica que la adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% disminuye significativamente el índice de plasticidad (IP) de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.

Hipótesis específica 2

Para determinar que la adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% va a mejorar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021, se ha realizado ensayos, para los cuales se realizó una figura con los tratamientos. Para lo cual se realizó la prueba de normalidad del contenido de humedad óptimo (%) y Densidad máximo seca (gr/cm³).

Prueba de normalidad:

H₀: Los datos tienen un comportamiento normal ($\alpha = 0,05 < \text{Sig}$)

H_a: Los datos no presentan un comportamiento normal ($\alpha = 0,05 > \text{Sig}$)

Tabla 23. Prueba de normalidad para los ensayos realizados.

Ítem	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Contenido de humedad óptimo (%)	,198	4	.	,972	4	,855
Densidad máximo seca (gr/cm ³)	,212	4	.	,963	4	,796

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaborado por la autora, basado en SPSS v.25.

De la tabla 23 se puede apreciar que los datos son menores a 30, por lo cual se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, de donde se obtuvo una Sig. = 0,855 para el contenido de humedad óptimo (%) y una Sig. = 0,796 para la densidad máximo seca (gr/cm³) siendo estos valores mayores a $\alpha = 0,05$, indicando así que los datos presentan un comportamiento normal.

Prueba T para una muestra:

H₀: La adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% no influye en la máxima densidad seca y el óptimo

contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021 ($\alpha = 0,05 < \text{Sig}$)

Ha: La adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% mejora la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021 ($\alpha = 0,05 > \text{Sig}$).

Tabla 24. Prueba de T para el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca

Ítem	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Contenido de humedad óptimo (%)	12,718	3	,001	9,08000	6,8079	11,3521
Densidad máximo seca (gr/cm ³)	94,142	3	,000	1,89750	1,8334	1,9616

Fuente: Elaborado por la autora, basado en SPSS v.25

De la tabla 24 se puede apreciar que la significancia es sig. = 0,001 y una sig. = 0,000 siendo estos valores menores a $\alpha = 0,05$, por lo cual se rechazó la hipótesis nula, y se aprobó la hipótesis alternativa, lo cual indica que la adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% mejora la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.

Hipótesis específica 3

Para determinar que la adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% mejora el índice de BCR de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021, se ha realizado ensayos, para los cuales se realizó una figura con los tratamientos. Para lo cual se realizó la prueba de normalidad de la variación del índice de CBR.

Prueba de normalidad:

H0: Los datos tienen un comportamiento normal ($\alpha = 0,05 < \text{Sig}$)

Ha: Los datos no presentan un comportamiento normal ($\alpha = 0,05 > \text{Sig}$)

Tabla 25. Prueba de normalidad para la variación del índice CBR

Ítem	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Variación del índice CBR (%)	,191	4	.	,974	4	,864

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaborado por la autora, basado en SPSS v.25

De la tabla 25 se puede apreciar que los datos son menores a 30, por lo cual se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, de donde se obtuvo una Sig. = 0,864 para la variación del índice CBR (%), siendo este valor mayor a $\alpha = 0,05$, indicando así que los datos presentan un comportamiento normal.

Prueba T para una muestra:

H0: La adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% no influye en el índice de CBR de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021 ($\alpha = 0,05 < \text{Sig}$)

Ha: La adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% mejora el índice de CBR de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021 ($\alpha = 0,05 > \text{Sig}$).

Tabla 26. Prueba de T para la variación del índice de CBR (%)

Ítem	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Variación del índice CBR (%)	2,207	3	,014	,40108	,1772	,9794

Fuente: Elaborado por la autora, basado en SPSS v.25

De la tabla 24 se puede apreciar que la significancia es sig. = 0,014 siendo este valor menor a $\alpha = 0,05$, por lo cual se rechazó la hipótesis nula, y se aprobó la hipótesis alternativa, lo cual indica que la adición de ceniza de tuna que se agrega

al suelo de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% mejora el índice de CBR (%) de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados presentados en el presente trabajo y de acuerdo al procedimiento planteado, se realizó la estadística descriptiva para agrupación de resultados en tablas, figuras y el contraste de la hipótesis; asimismo contrasta los resultados hallados con investigaciones del mismo campo de aplicación.

Objetivo General: Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en porcentajes de 4%, 6% y 8% en el mejoramiento de las propiedades de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021.

Barragán y Cuervo (2019), Su trabajo de investigación radicó en el análisis de los componentes físico-mecánicos asociados a la resistencia de un suelo areno arcilloso con adición de ceniza de cascarilla de arroz en 4%, 8% y 12% con en relación a un suelo virgen del mismo tipo, donde obtuvieron como consecuencia que se mejora la resistencia del suelo areno arcilloso con la suma de CCA al 8% pudiendo incrementar su capacidad de soporte en un 19% con en relación a la condición inicial del mismo. No obstante, no se tuvo el efecto deseado en cuanto al cambio volumétrico del suelo pues incremento su extensión en un promedio de 0.09% en relación a la muestra natural al ser modificado con la ceniza de cascara de arroz, de lo que concluyeron que el contenido de 1% de aumento de CCA al suelo areno arcilloso tiene una incidencia en el crecimiento de su resistencia.

Pero en la presente investigación se analizó las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural con dosificaciones de 4%, 6% y 8% de ceniza de tuna (CT), en donde se obtuvo un mejoramiento de las propiedades físicas se obtuvo un valor de 12,40%, el cual es el máximo nivel de variación que se presentó al adicionar 8% de ceniza de tuna al suelo natural mejoramiento de la relación de soporte del suelo en su estado natural, respecto a las propiedades mecánicas de subrasante se logró mejorar el CBR a 14.04% a 100% y 10.03% al 95% de penetración, lo que evidencia que la dosificación del agente estabilizante el cual logra mejorar las condiciones físicas y mecánicas del suelo en su estado natural.

Cobos, Ortegón y Peralta (2019) obtuvieron similares resultados al trabajar con agentes estabilizantes provenientes de la calcinación de ceniza de cascara de coco

y cisco de café, observan cambios importantes en sus propiedades mecánicas lo cual indica que el suelo simplemente consolidado no tiene la capacidad portante suficiente para resistir una carga determinada pero que al cambiar el método estabilizador hace que aumente su compactación y mejore rápidamente su capacidad portante, de lo cual concluyeron de la ceniza de CCF y CCO, tienen la propiedad que causa conglomerantes y es así que esto genera que se potencien las principales características del suelo, es por ello que para las muestras que hicieron al suelo realizadas en un 6% se corrobora que al agregarle un porcentaje de 15,00% esto causa un nivel de compactación que sobrepasa el promedio y en muchos casos es superior a los 100,00% de las características mecánicas del suelo estabilizado.

Objetivo específico 1. Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en la plasticidad de la subrasante en la carretera Tinco - Ataquero.

Praveen, Kurre y Chandrabai (2021), para su investigación los autores se plantearon mejorar las propiedades del suelo con agentes estabilizantes como las cenizas volantes donde obtuvieron como resultado que las características del suelo inicial presentaba un índice de plasticidad (IP) superior a los límites especificados (>10) y el CBR de 2% a 10%, pero cuando agregaron 10% de ceniza presento un CBR de 5%, de donde se evidenció que los agentes estabilizantes tales como las cenizas volantes, el cemento y la fibra de acero mejoran significativamente la estabilización de la subrasante.

Por otro lado en la presente se puede apreciar que las diferentes dosificaciones de ceniza de tuna a 4%, 6% y 8% se observó que el índice de plasticidad disminuye en 12,40% respecto al inicial para una adición de 8% de ceniza de tuna y para el tratamiento con 6% de ceniza se obtiene un 8,51% de disminución del índice de plasticidad, además del contraste de hipótesis se puede apreciar que la significancia es $\text{sig.} = 0,03$ siendo este valor menor a $\alpha = 0,05$, por lo cual se rechazó la hipótesis nula, y se aprobó la hipótesis alternativa, lo cual indica que la adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% disminuye significativamente el índice de plasticidad (IP) de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.

Praveen, Kurre y Chandrabai (2021), para su investigación utilizaron la ceniza volante a para evaluar el comportamiento que se obtiene en el comportamiento del índice de plasticidad, de la subrasante tratada con este agente estabilizante, donde se evidenció que al agregar 10% de la ceniza volantes, el cemento y la fibra de acero logran reducir el índice de plasticidad en 10% respecto al indicador inicial, lo que indica el mejoramiento de su propiedad física del suelo de subrasante.

Adeyanju et al., (2020) en su investigación utilizaron 2 agentes estabilizantes (ceniza de cascara de arroz (RHA) y polvo de horno de cemento (CKD)), los estabilizadores se adicionaron con el suelo en proporciones cambiantes que iban del 7,5 al 15% para la estabilización con CK, de lo cual obtuvieron como resultado la optimización mecánica, lo cual determinaron que la estabilización desarrollada con CKD al 10 % y el geopolímero (8 % RHA y 10 % de CKD) fueron los óptimos a estabilización con CKD se comportó mejor que la estabilización con geopolímeros.

Objetivo específico 2. Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero.

Ikeagwuani, Obeta y Agunwamba (2019) en su trabajo de investigación tuvieron como objetivo estabilizar el suelo de algodón negro (BCS) y convertirlo en un material de subrasante correcto usando serrín, un material simple y económico de lograr, donde evidenciaron que el BCS tratado con un contenido óptimo de ceniza de aserrín del 16% se estabilizó además con 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de cal, la reducción óptima del límite líquido, el hinchamiento independiente diferencial y el índice de plasticidad, así como el incremento óptimo del CBR y de la gravedad específica se lograron una vez que el BCS tratado con un 16% de ceniza de serrín se estabilizó con un 4% de 10 cal, y con ello llegaron a la conclusión que el procedimiento de BCS con aserrín quemado en un ámbito conveniente y combinado con cal optimización su resistencia. Además, da otra forma de remover el serrín.

De igual modo con la adición de ceniza de tuna a 8% se obtuvo un peso volumétrico seco máximo de 1.94 t/cm³ y un contenido de humedad óptimo de 9.49%, lo que quiere decir que al adicionar los porcentajes del agente estabilizante logra mejorar las condiciones de compactación de la muestra patrón, se puede apreciar que la

significancia es sig. = 0,001 y una sig. = 0,000 siendo estos valores menores a $\alpha = 0,05$, por lo cual se rechazó la hipótesis nula, y se aprobó la hipótesis alternativa, lo cual indica que la adición de ceniza de tuna que se adiciona al suelo natural de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% mejora la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021.

También Clavería et al., (2018) en su trabajo de investigación los autores se plantearon realizar una caracterización detallada del comportamiento que se en el suelo desde el punto de la geotecnia, cuyo origen es volcánico, los cuales han sido tratados y estabilizados con una proporción de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como parte del material de subrasante, lograron obtener como resultados que los dos agentes estabilizantes que utilizaron en el material de subrasante como la CCA y CBCA, mejoran los suelos volcánicos, para lo cual se deben agregar un 10,00% y 15,00% respecto al volumen del material de sub rasante y en una uniforme distribución de tales agentes estabilizantes, de lo cual llegaron a la conclusión que la CCA y la CBCA mejoran significativamente las condiciones del suelo.

Objetivo específico 3. Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en el índice CBR de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero.

Según Araujo y Urbano (2020), en su trabajo de investigación se plantearon determinar el nivel de estabilización que genera el agente estabilizante como es la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en el material de subrasante que se usa en la carretera en calle integración – Chosica, para ello llegaron a los resultados que el uso del agente estabilizante de CCA en un proporción de 7,00%, y cuyas propiedades como la resistencia aumento de un valor de 22,10% hasta llegar a un valor de 30,10% respecto al CBR y así también un óptimo contenido de humedad de 15,10% y con ello su máxima densidad seca tiene un valor de 1,612 g/cm³ de compactación, de lo cual llegaron a la conclusión que al adicionar el agente estabilizante CCA en una proporción de 4%, 7% y 10% influyen de manera positiva

en la estabilización del material de subrasante de la carretera Integración – Chosica, como puntos de referencia el CBR, su densidad seca y el contenido de humedad.

Al igual que los investigadores, se puede evidenciar que la relación soporte de california (CBR) al 100 de penetración presentó un valor de 14.04% y al 95% de penetración se obtuvo 10.03%, lo que evidencia que la adición de un agente estabilizante como es la ceniza de tuna logra mejorar la carga de penetración del suelo respecto a su estado natural, se puede apreciar que la significancia es sig. = 0,014 siendo este valor menor a $\alpha = 0,05$, por lo cual se rechazó la hipótesis nula, y se aprobó la hipótesis alternativa, lo cual indica que la adición de ceniza de tuna que se agrega al suelo de subrasante en proporciones de 4%, 6% y 8% mejora el índice de CBR (%) de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021

Terrones (2019), en su trabajo de investigación se plantearon determinar la incidencia del agente estabilizante como es la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) los cuales han sido agregados en dosificaciones de 5%, 10% y 15% esto respecto al peso seco, que actúa directamente en el material de suelos arcillosos para su estabilización del sector Barraza, de lo cual obtuvo como resultado que la adición de 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) a la muestra que se analizó para comparar con los requisitos que se presentan en el manual de suelos y construcción de carretera u obra que se va a analizar para la realización de proyectos, es así que la muestra que analizada obtuvo un valor de 150,60kPa de resistencia promedio para dicho ensayo y un valor de 23,67% para el CBR, teniendo características de mejora del suelo en las características que se han analizado y se han determinado para las muestras que se analizan y se mejoran para los fines convenientes que son estudiados por distintos autores, es así que las propiedades son comparadas y analizadas con las características del suelo llegando así a la conclusión que el agente estabilizante de la CBCA mejora significativamente las propiedades mecánicas del suelo, y en el cual las mejores condiciones en la capacidad de soporte y se da para una dosificación del agente estabilizante del 15% de CBCA.

VI. CONCLUSIONES

Se determinó que la adición del agente estabilizante como la ceniza de tuna en proporciones de 4%, 6% y 8% influye positivamente en el mejoramiento de la estabilización de suelos limo arcillosos CL recogido del tramo de la carretera Tinco Ataquero, por consiguiente, se determina que las Cenizas de Tuna es un agente estabilizador que logra mejorar las principales propiedades físicas y mecánicas del suelo limo arcillosos para ser usada como sub rasante.

El análisis de la muestra patrón evidenció que el suelo que se ha sometido a análisis representa un tipo que es limo arcilloso CL, esto debido a las principales características que presenta como físicas y mecánicas, que le dan estas particularidades que posee, este suelo analizado presentó un 66,33% de paso por la malla N°200, de lo cual se determina que dicha porción de muestra de la subrasante de suelo de la calicata CL tiene como característica de limo arcilla, así mismo la clasificación SUCS es CL con lo cual esta caracterizado como un material que presenta niveles bajos de plasticidad y según AASHTO presenta una clasificación A-6(9) que indica que es limo arcilloso, y también la prueba de límite líquido y plástico resulto niveles de 18,99% y 35,20% respectivamente, con ello el índice de plasticidad fue de 16,21% y con ello se obtuvo un valor de 1,85 g/cm³, como máxima densidad seca y un valor de 7,61% en estado natural como óptimo contenido de humedad del material que se ha analizado como parte del suelo.

Los ensayos de caracterización mecánica (Proctor modificado) realizados a la muestra patrón evidenciaron se pudo determinar el porcentaje optimo a adicionar de ceniza de tuna a la muestra de suelo inicial es del 8% de este agente estabilizante logrando así una mejora de la máxima densidad seca de 1.94t/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 9.49%

El ensayo CBR realizado a la muestra modificada evidenció una mejora con la adición de ceniza de tuna al 8% a un óptimo contenido de humedad de 9.49% y una densidad máximo seca 1.94/cm³, lo que genero un índice de CBR al 100 de penetración 14.04% y un CBR de 10.03% al 95% de penetración; lo cual evidencia una influencia positiva de la mejora en las propiedades física y mecánicas del suelo.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda los diferentes investigadores del campo de la mecánica de suelos, utilizar diferentes porcentajes las Cenizas de tuna para conseguir el valor óptimo de CBR o aquel valor que sea necesario y factible, de modo que, esta pueda ser definida como una sub rasante excelente.

Se recomienda utilizar los ensayos de granulometría de acuerdo a la metodología utilizada en la presente investigación, ya que los investigadores utilizaron la normativa adecuada para llevar a cabo la estabilización de subrasante del tramo de carretera de Tinco Ataquero.

Se recomienda a los investigadores que para el ensayo de Proctor Modificado con adición de Cenizas de tuna, tener en cuenta los métodos que se deben utilizar para el análisis de la muestra con y si adición del agente estabilizante, con ello se recomienda usar el método A, ya que en la presente investigación se seleccionó el presente método el cual consistió en emplear molde de 101,6 mm y un tamizado en la malla N° (4,75mm) donde se regula que los porcentajes que pasan por el tamiz sea 20% o menos del material retenido, 25 golpes por cada capa un total de 5 capas y con una dosificación de agua que logre una humedad uniformemente y homogéneo a toda la muestra utilizada.

Se recomienda a los investigadores que utilizan el ensayo de CBR en una muestra adicionada ceniza de tuna o cualquier otro agente estabilizante, adicionar una dotación de agua con variaciones menores a 2% de la humedad del Proctor Modificado, además cuando se realiza las observaciones en el dial de deformación de la muestra a los largo del tiempo de ensayo que se realiza a la muestra, se deben presenciar lecturas, que este articulado y analizado en el intervalo de tiempo que se ha planificado para dicha actividad, esto con la finalidad de que no se presenten taras o fallas en la toma y análisis de muestras, así mismo en el equipo de laboratorio, a su vez se deben certificar y validar los equipos e instrumentos utilizados en las actividades, esto para poder tener datos y resultados validados y confiables a través del tiempo, y que los ensayos se puedan repetir de acuerdo a un patrón a seguir en dichos ensayos que se somete a la muestra de estudio.

REFERENCIAS

ADEYANJU, Emmanuel, et al. Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD). *Case Studies in Construction Materials*, 2020, vol. 13, p. e00388.

American Association of state Highway Transportation Officials – AASHTO-93. Guide for design of pavement Structures. Washington D.C.

ARAUJO CUEVA, Leonardo Darwin; URBANO CIRIACO, Daniel Florencio. Estabilización a nivel de subrasante incorporando ceniza de cascara de arroz en calle Integración-Chosica 2019. 2020.

BARRAGÁN GARZÓN, Camilo Andres y CUERVO CAMACHO, Harold Alexander; *Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno-arcilloso*. 2019. Tesis Doctoral.

BERNAL, Cesar (2010) Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales, 3ra Edición. Colombia: Editorial Pearson Educación, 320 pp. ISBN: 978-958-699-128-5

CAMARGO BELTRAN, Andrés Felipe; MALDONADO RAMIREZ, Dennis Julian. *Diseño de una alternativa de mejoramiento para la vía terciaria que comunica las veredas La Vega Apulo-San Antonio Anapoima Cundinamarca*. 2020. Tesis Doctoral.

CARRASCO, Sergio. (2013). Metodología de la Investigación científica. (Libro web) Lima: Editorial San Marcos. Recuperado de: <https://cutt.ly/scykuk6>.

CASTRO, P. Material del curso Construcción de Pavimentos. *Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica*, 2017.

CARVAJAL ORTEGÓN, Nataly Andrea, et al. Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la esmeralda mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros. 2019.

COBOS Molina, Ortegón, C. y Peralta, J. (2019). Caracterización del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cáscara de coco y cisco de café (Tesis de grado). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/14966>

CHIBUZOR, Onyelowe Kennedy; VAN DUC, Bui. Predicting subgrade stiffness of nanostructured palm bunch ash stabilized lateritic soil for transport geotechnics purposes. *Journal of GeoEngineering*, 2018, vol. 13, no 1, p. 000-000.

CLAVERÍA VÁSQUEZ, Pía Andrea, et al. Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante. 2018.

CRUZADO MEDINA, Clever Iván. Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante la cal en la carretera Puente Ricardo Palma La Oroya. 2019.

DIAZ TRUJILLO, Bruno Alexander. Estabilización de los suelos del caserío de Cascajal Izquierdo con fines de pavimentación, utilizando ceniza de paja de trigo– Distrito Chimbote, Ancash-2018. 2018.

ESCOBAR SULCA, Juan Jesús, et al. Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz. 2021.

FERNÁNDEZ VALENZUELA, Estela del Mar. Propiedades físicas de objetos transneptunianos y centauros. Granada: Universidad de Granada, 2017. [<http://hdl.handle.net/10481/48794>]

FERNANDEZ FLORES, Neiser. Estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida Malecón Checa, San Juan de Lurigancho en el 2017. 2018.

GARZÓN PINTO, Néstor Andrés; LUGO MESA, Laura Isabel. Análisis geomecánico de un material granular estabilizado con ceniza vegetal y cal; para su uso en las vías terciarias del corregimiento de caño chiquito en paz de ariporo, Casanare. 2019.

GOÑAS LABAJOS, Olger. Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. 2019.

HERNÁNDEZ, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Editorial: McGraw Hill Education, México, sexta edición compressed.

HIDALGO, F., et al. Stabilization of clayey soil for subgrade using rice husk ash (RHA) and sugarcane bagasse ash (SCBA). En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. p. 012041.

IKEAGWUANI, C. C.; OBETA, I. N.; AGUNWAMBA, J. C. Stabilization of black cotton soil subgrade using sawdust ash and lime. *Soils and Foundations*, 2019, vol. 59, no 1, p. 162-175.

LÓPEZ BARBARÁN, Junior. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba–departamento de San Martín. 2021.

MALDONADO CHANG, Roy Aldair; SARRIN TUEROS, Diego Alejandro. Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma–Ancash-2018. 2018.

MENDIZABAL ORIHUELA, Kateherine Paola. Procedibilidad del habeas corpus en la investigación preliminar, Perú-2017. 2018.

MONTEJO, Ramal Rodolfo; RAYMUNDO, José Emmanuel y CHÁVEZ, Jhonatan Smith. Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura. *Tzhoecoen*, 2020, vol. 12, no 1, p. 131-140.

Norma CE.020. (2006). Norma CE.020 - Suelos y Taludes. Lima: El Peruano.

OJEDA, Farías; ZAMORA, Baltazar; Miguel Ángel y MENDOZA, Rangel Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante. *Revista ALCONPAT*, 2018, vol. 8, no 2, p. 194-208.

ORMEÑO, E., et al. Stabilization of a Subgrade Composed by Low Plasticity Clay with Rice Husk Ash. En IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. p. 012058.

PRAVEEN, G. V.; KURRE, Pandu; CHANDRABAI, T. Improvement of California Bearing Ratio (CBR) value of Steel Fiber reinforced Cement modified Marginal Soil for pavement subgrade admixed with Fly Ash. *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 39, p. 639-642.

RIMACHI PARIONA, Ivan; SÁNCHEZ RUIZ, Robert Francisco. Estabilización de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de Lampanin distrito de Cáceres del Perú provincia del Santa, Ancash–2019. 2019.

TERÁN, Yanira, et al. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL FRUTO DE *Opuntia ficus--indica* (L.) Miller, COSECHADOS EN LARA, VENEZUELA. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 2015, vol. 16, no 1, p. 69-74.

TERRONES CRUZ, Andrea Thatiana. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo–2018. 2019.

YADAV, Anjani Kumar, et al. Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 2017, vol. 10, no 3, p. 254-261.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tuna o nopal, carretera: Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash - 2021”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna como estabilizante de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?</p>	<p>GENERAL Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en las propiedades de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021.</p>	<p>GENERAL La adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) en el suelo de subrasante de la carretera Tinco - Ataquero, va a mejorar su propiedad física y mecánica entre un 30% a 55%.</p>	<p>VARIABLE 1: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE</p>	Propiedades físicas	Humedad	Ensayos de contenido de humedad	<p>Diseño de investigación EXPERIMENTAL</p> <p>Tipo de investigación APLICADA</p> <p>Nivel de investigación EXPLICATIVO</p> <p>Enfoque de investigación CUANTITATIVO</p> <p>Unidad de análisis TRAMO DE SUBRASANTE</p> <p>Población ESTA CONFORMADO POR LA TOTALIDAD DE 0 + 953m DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA TINCO – ATAQUERO</p> <p>Muestra ESTA CONSTITUIDA POR LA CALICATA C 01 QUE SE OBTUVO DE UN PUNTO DE SUELO DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA TINCO – ATAQUERO</p> <p>Técnica OBSERVACIÓN SISTEMATIZADA</p>
					Granulometría	Ensayo de análisis granulométrico	
					Índice de plasticidad	Ensayo de límite de Atterberg	
				Propiedades mecánicas	Compactación	Ensayo de compactación Proctor	
					Densidad máxima seca		
					Óptimo contenido de humedad		
	CBR	Ensayo de CBR					
<p>ESPECÍFICO ¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna en la plasticidad de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la adición de ceniza de tuna en el índice CBR de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021?</p>	<p>ESPECÍFICO Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en la plasticidad de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021</p> <p>Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021</p> <p>Determinar la influencia de adición de ceniza de tuna en el índice CBR de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero, 2021.</p>	<p>ESPECÍFICO La adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) va a disminuir el índice de plasticidad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021</p> <p>La adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) va a mejorar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021</p> <p>La adición de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%) va a mejorar el índice de CBR de la subrasante de la carretera Tinco Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021</p>	<p>VARIABLE 2: ADICIÓN DE CENIZA DE TUNA</p>	Propiedades químicas de la ceniza de tuna	4% de ceniza de tuna	Ensayos de laboratorio químico	
					6% de ceniza de tuna	Ensayos de laboratorio	
					6% de ceniza de tuna		

Fuente. Elaborado por el autor, metodología del proyecto.

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Tabla 27. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente (X): Ceniza de tuna	Es un elemento con presencia de mucilagos que al formar redes moleculares tridimensionales son capas de retener grandes cantidades de agua. (Vera, 2018)	Se adicionará la ceniza de tuna en diferentes porcentajes teniendo en cuenta las propiedades químicas del elemento estabilizador	Propiedad química	% Elementos absorbentes	Razón
				% de elementos de alta plasticidad	Razón
Variable dependiente (Y): Estabilización de subrasante	La estabilización es un cambio químico para aprovechar sus mejores características, con ellos obtendremos una capa resistente y capaz de soporte las cargas de tránsito como también el clima y así mismo tendremos una capa segura para trabajar y eliminar la plasticidad de terreno. (Cruzado,2019)	Se tomará una muestra representativa del suelo para realizar ensayos en laboratorio	Propiedades físicas	Humedad	Razón
				Granulometría	
				Plasticidad	
			Propiedades mecánicas	Máxima densidad seca	Razón
Optimo contenido de humedad					
Capacidad de soporte	Resistencia mecánica				

Fuente. Elaborado por el autor, metodología del proyecto.

**ANEXO 3: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE
DATOS**

ANEXO 4: CUADRO DE DOSIFICACIÓN

ANEXO 5: PROCEDIMIENTO

ANEXO 6: ENSAYOS DE LABORATORIO



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

INFORME N° SV-114-MATHLAB-2020

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021".

LUGAR	: TINCO - ATAQUERO
FECHA	: 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	C-01 / MUESTRA PATRON
PROGRESIVA (KM)	-----

RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA POR MALLA DE PORCION DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"	100.00
	2 1/2"	100.00
	2"	100.00
	1 1/2"	100.00
	1"	100.00
	3/4"	100.00
	3/8"	99.14
	N° 4	94.88
	N° 10	86.84
	N° 40	74.24
DE 3"	N° 60	71.53
	N° 140	67.92
	N° 200	66.83
	Coef. Uniformidad Cu.	-----
Coef. Concavidad Ce.	-----	
LIMITES DE	L.L.	35.20
	L.P.	18.99
CONSISTENCIA	L.P.	16.21
HUMEDAD NATURAL		4.03
CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS) ASTM D-2487		CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D-3282 - AASHTO M145		A-B (9)

RESUMEN DE ENSAYOS ESPECIALES DE LABORATORIO		
DATOS DE C.B.R. A 0.1" DE PENETRACION (ASTM D-1883)		
C.B.R. 100% P.V.S.M. (%)		7.72
C.B.R. 95% P.V.S.M. (%)		5.51
DATOS DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)		
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO		1.85
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA		7.61



Ing. Rubén Darío Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Nota:

- Los resultados de los ensayos obtenidos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente
- Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron proporcionados e indicados por el cliente.
- La interpretación y uso de los resultados es responsabilidad del cliente.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021".

CALICATA	: C-01	PROFUNDID	: 1.50 m
MUESTRA	: Mab .01	FECHA	: 27 DE MAYO DEL 2021

Humedad	MUESTRA N° 01	
FRASCO N°	1	2
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	159.58	181.35
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	155.46	176.07
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	4.12	5.28
(4) Pfr (gr)	49.39	49.88
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	106.07	126.19
(6) C. Humedad (* (3) / (5)	3.88	4.18
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMI	4.03	

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Ing. Ruben Darío Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO CLASIFICACION ASTM D-422

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

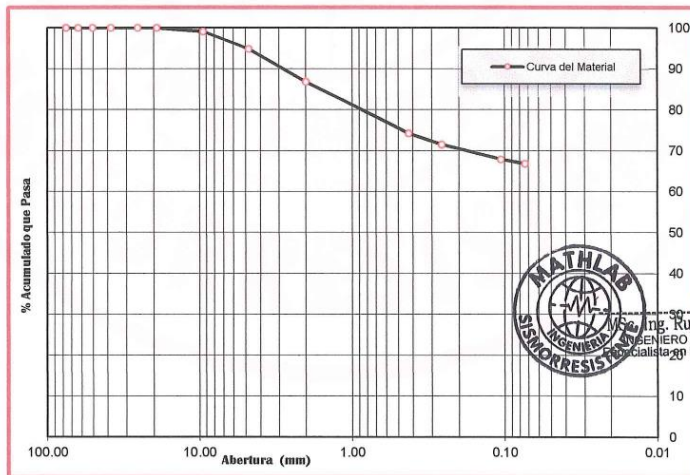
PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
 DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
 ANCASH - 2021*

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab_01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

PESO INICIAL SECO : 2,029.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 66.83
 PESO LAVADO SECO : 680.48 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	17.40	0.86	0.86	99.14
No 4	4.780	86.49	4.26	5.12	94.88
No 10	2.000	163.08	8.04	13.16	86.84
No 40	0.426	255.71	12.60	25.76	74.24
No 60	0.260	54.92	2.71	28.47	71.53
No 140	0.106	73.30	3.61	32.08	67.92
No 200	0.074	22.06	1.09	33.17	66.83
> No 200	0.000	7.52	0.37	33.54	66.46
TOTAL		680.48	33.54		

Resumen de Datos	
% que pasa N° 3	100.00
% que pasa N° 4	94.88
% que pasa N°200	66.83
L.L.	35.20
L.P.	18.99
I.P.	16.21
D10	-----
D30	-----
D60	-----
Cu	-----
Cc	-----
w (%)	4.03
GRAVA (%)	5.12
ARENA (%)	28.05
FINOS (%)	66.83



[Handwritten Signature]
 Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
 INGENIERO CIVIL - Reg. C.O.C. N° 164939
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

LIMITES DE CONSISTENCIA

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

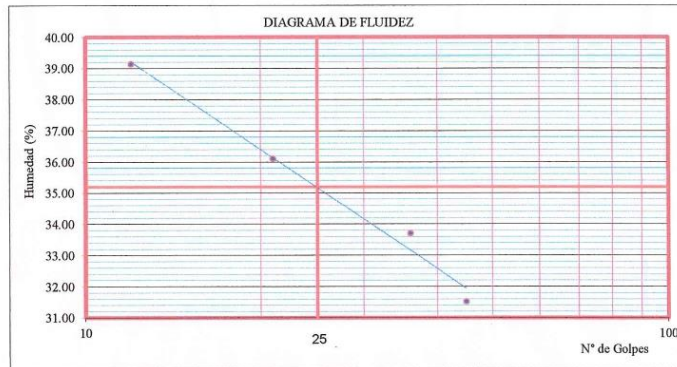
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUJAZ, ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNI : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

Ensayo Datos	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Frasco N°								
N. De golpes	12	21	36	45	1	2	3	3
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	75.99	74.03	69.50	68.59	34.04	35.01	34.23	35.76
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	68.01	67.34	64.72	64.09	32.95	33.88	33.27	34.57
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	7.98	6.69	4.78	4.50	1.09	1.13	0.96	1.19
(4) Pfr (gr)	47.62	48.81	50.54	49.81	27.30	28.08	27.91	28.40
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	20.39	18.53	14.18	14.28	5.65	5.80	5.36	6.17
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	39.14	36.10	33.71	31.51	19.29	19.48	17.91	19.29

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

Resumen de Resultados	
Límite Líquido (L.L.) =	35.20
Límite Plástico (L.P.) =	18.99
Índice Plástico (I.P.) =	16.21



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Ing. Rubén Darío Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

CARACTERISTICAS DE COMPACTACION EN LABORATORIO DEL SUELO USANDO ESFUERZO MODIFICADO ASTM D1557 - MTC E115

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBTRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUND: 1.50 m
MUESTRA : Mab.01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

Golpes/Capa : 25 N° de Capas : 05 W/mart. : 4,540.0 W/molde : 3,663.0
Dimens. del molde : $\phi = 10.20$ cm. H = 11.45 cm. Volúmen : 935.61

Determinación del Contenido de Humedad:

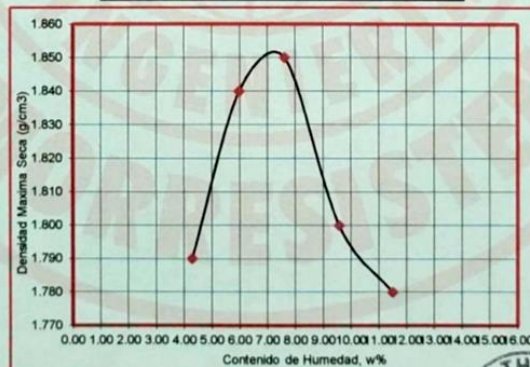
Recipiente N°	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Wsuelo Húm. + Rec.	238.02	212.40	236.00	213.02	148.00	183.02	189.62	180.00	217.85	207.00
Wsuelo Sec. + Rec.	229.22	205.47	224.65	202.91	140.11	172.19	175.55	167.73	199.48	188.43
Peso del agua	8.80	6.93	11.35	10.11	7.89	10.83	14.07	12.27	18.37	18.57
Peso del Recip.	33.83	34.47	34.58	34.15	33.21	34.07	34.18	34.25	33.65	32.50
Peso suelo seco	195.39	171.00	190.07	168.76	106.90	138.12	141.37	133.48	165.83	155.93
Cont. Hum. W%	4.50	4.05	5.97	5.99	7.36	7.84	9.95	9.19	11.00	11.91

Determinación de la Densidad Maxima Seca:

Cont. Hum. Prom.	4.28	5.98	7.61	9.57	11.49
Wsuelo + molde	5,410.00	5,486.00	5,530.00	5,510.00	5,525.00
Wmolde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsuelo	1,747.00	1,823.00	1,867.00	1,847.00	1,862.00
Peso Vol. Húmedo	1.87	1.95	2.00	1.97	1.99
Peso Vol. Seco(g/cm3)	1.79	1.84	1.85	1.80	1.78

Resumen de Resultados

Contenido de Humedad Optimo : **7.61 %**
Densidad Maxima Seca : **1.85 g/cm3**



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : *ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAUQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021*.

CALICATA	: C-01	PROFUNDIDAD	: 1.50 m
MUESTRA	: Mab.01	FECHA	: 27 DE MAYO DEL 2021

Molde	1		2		3	
	5		5		5	
Capas	56		26		12	
Golpes por capa	56		26		12	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Peso Molde + Suelo hum.	12,493.00	12,515.00	12,340.00	12,426.00	11,862.00	12,021.00
Peso del molde (gr.)	8,312.00	8,312.00	8,260.00	8,260.00	7,879.00	7,879.00
Peso del Suelo humedo	4,181.00	4,203.00	4,080.00	4,166.00	3,983.00	4,142.00
Volumen del Molde (cm ³)	2,104.00		2,104.00		2,104.00	
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	1.99	2.00	1.94	1.98	1.89	1.97
% de humedad	7.58	10.21	7.58	11.62	7.58	14.59
Peso Vol. Seco (gr/cc)	1.85	1.81	1.80	1.77	1.76	1.72
Tarro N°	1	2	3	4	5	6
Tarro + suelo humedo	104.45	102.35	104.45	95.42	104.45	97.63
Tarro + suelo seco	100.32	96.84	100.32	90.45	100.32	91.40
Peso de Agua	4.13	5.51	4.13	4.97	4.13	6.23
Peso del Tarro	45.84	42.85	45.84	47.68	45.84	48.69
Peso del suelo seco	54.48	53.99	54.48	42.77	54.48	42.71
% humedad	7.58	10.21	7.58	11.62	7.58	14.59

Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm ²)	PENETRACION C.B.R.								
		MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	C B R (%)
0.025		35.00	1.81		30.00	1.55		22.50	1.16	
0.050		67.50	3.49		55.00	2.84		40.00	2.07	
0.075		82.50	4.26		72.50	3.75		50.00	2.58	
0.100	70.30	105.00	5.43	7.72	92.50	4.78	6.80	75.00	3.88	5.51
0.200	105.45	162.50	8.40	7.96	142.50	7.36	6.98	120.00	6.20	5.88

Molde N°	EXPANSION											
	Fecha	Tiempo	Hora	1			2			3		
				Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%	
May-21	0.0 hrs	8.00 a.m.	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	
May-21	24.0 hrs.	8.00 a.m.	23.00	0.224	0.148	35.00	0.341	0.225	42.00	0.410	0.270	
May-21	48.0 hrs.	8.00 a.m.	26.00	0.254	0.167	38.00	0.371	0.245	45.00	0.439	0.290	
May-21	72.0 hrs.	8.00 a.m.	30.00	0.293	0.193	42.00	0.410	0.270	50.00	0.488	0.322	
May-21	96.0 hrs.	8.00 a.m.	37.00	0.361	0.238	46.00	0.449	0.296	56.00	0.546	0.360	

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



MSc. Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

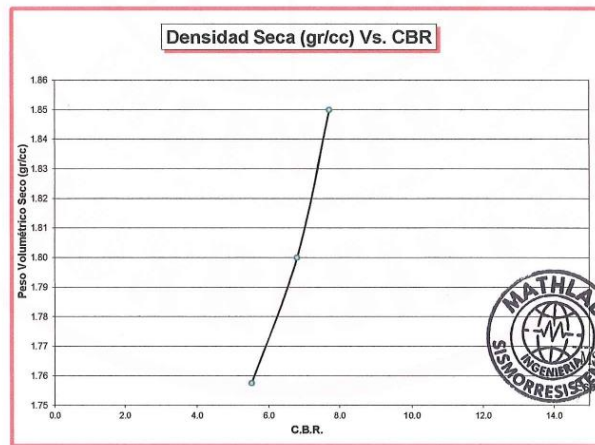
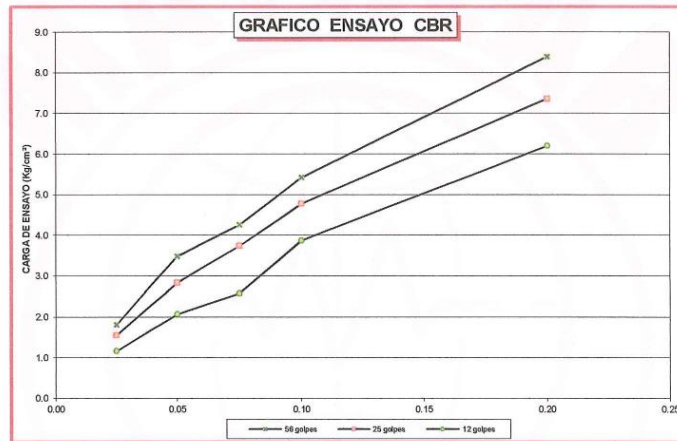
Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021



Ing. Ruben Darío Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Resumen de Resultados	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	7.72	%
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	5.51	%

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico,
Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

LIMITE DE CONSISTENCIA DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

SOLICITA : BACH. : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021".

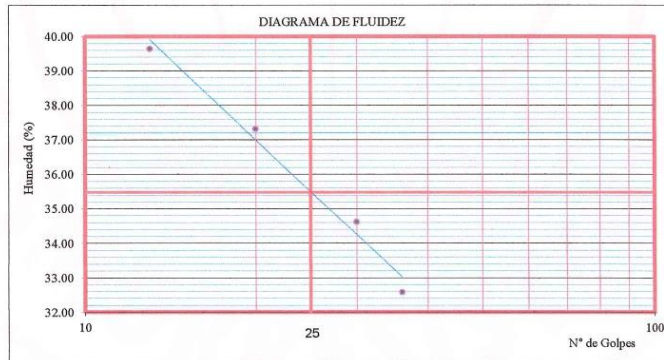
CALICATA : C-01	PROFUND: 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 4% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

Ensayo Datos	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	13	20	30	36	1	2	3	4
Frasco N°								
N. De golpes	13	20	30	36	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	73.64	74.41	70.63	72.24	35.05	35.28	35.78	35.39
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	66.80	67.48	65.46	66.42	34.14	34.12	34.56	34.18
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	6.84	6.93	5.17	5.82	0.91	1.16	1.22	1.21
(4) Pfr (gr)	49.55	48.91	50.53	48.56	29.53	28.11	28.45	28.34
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	17.25	18.57	14.93	17.86	4.61	6.01	6.11	5.84
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	39.65	37.32	34.63	32.59	19.74	19.30	19.97	20.72

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	35.48
Limite Plastico (L.P.) =	19.93
Indice Plasticidad (I.P.) =	15.55



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



[Handwritten Signature]

Ing. Ruben Darío Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. C.O. N° 102939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACION EN LABORATORIO DEL SUELO USANDO ESFUERZO MODIFICADO ASTM D1557 - MTC EN5

SOLICITA : BACH. BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
 DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
 ANCASH - 2021*

CALICATA : C-01	PROFUND: 1.50 m
MUESTRA : Mtb_01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 4% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

Golpes/Capa : 25 N° de Capas : 05 Wmart. : 4,540.0 Wmolde : 3,663.0
 Dimens. del molde : ϕ = 10.20 cm H = 11.45 cm Volúmen : 935.61

Determinación del Contenido de Humedad:

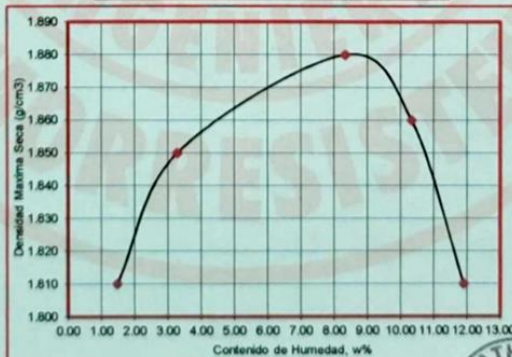
Recipiente N°	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5					
Wsuelo Húm. + Rec.	87.67	84.06	176.26	173.91	189.00	190.85	171.62	153.62	170.13	157.81
Wsuelo Sec. + Rec.	86.74	83.10	172.15	169.95	178.37	179.97	159.91	144.05	157.33	146.26
Peso del agua	0.93	0.96	4.11	3.96	10.63	10.88	11.71	9.57	12.80	11.55
Peso del Recip.	20.23	21.55	47.62	48.80	50.53	49.79	49.54	48.91	50.53	48.56
Peso suelo seco	66.51	61.55	124.53	121.15	127.84	130.18	110.37	95.14	106.80	97.70
Cont. Hum W%	1.40	1.56	3.30	3.27	8.32	8.36	10.61	10.06	11.99	11.82

Determinación de la Densidad Máxima Seca:

Cont. Hum Prom.	1.48	3.28	8.34	10.33	11.90
Wsuelo + molde	5,381.00	5,455.00	5,570.00	5,588.00	5,580.00
Wmolde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsuelo	1,718.00	1,792.00	1,907.00	1,925.00	1,897.00
Peso Vol. Húmedo	1.84	1.92	2.04	2.06	2.03
Peso Vol. Seco(g/cm ³)	1.81	1.85	1.88	1.86	1.81

Resumen de Resultados

Contenido de Humedad Optimo :	8.34 %
Densidad Máxima Seca :	1.88 g/cm ³



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas.

Sc. Ing. Ruben Darío Aranda Zevallos
 INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 145939
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
 DE TUNA, CARRETERA: TINGO - ATAQUERO, CARHUAZ,
 ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 4% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

	1		2		3	
	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Molde	1		2		3	
Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		26		12	
Condicion de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Peso Molde + Suelo hum.	12,594.00	12,638.00	12,418.00	12,594.00	11,965.00	12,102.00
Peso del molde (gr.)	8,312.00	8,312.00	8,260.00	8,260.00	7,879.00	7,879.00
Peso del Suelo humedo	4,282.00	4,326.00	4,158.00	4,334.00	4,086.00	4,223.00
Volumen del Molde (cm ³)	2,104.00		2,104.00		2,104.00	
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	2.04	2.06	1.98	2.06	1.94	2.01
% de humedad	8.45	11.88	8.45	14.96	8.45	15.53
Peso Vol. Seco (gr/cc)	1.88	1.84	1.82	1.79	1.79	1.74
Tarro N°	1	2	3	4	5	6
Tarro + suelo humedo	79.62	83.62	79.62	90.67	79.62	100.15
Tarro + suelo seco	75.92	78.62	75.92	83.48	75.92	91.08
Peso de Agua	3.70	5.00	3.70	7.19	3.70	9.07
Peso del Tarro	32.15	36.54	32.15	35.41	32.15	32.69
Peso del suelo seco	43.77	42.08	43.77	48.07	43.77	58.39
% humedad	8.45	11.88	8.45	14.96	8.45	15.53

Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm ²)	PENETRACION C.B.R.					
		MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
		Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)
0.025		42.70	2.21	36.60	1.89	27.45	1.42
0.050		82.35	4.25	67.10	3.47	48.80	2.52
0.075		100.65	5.20	88.45	4.57	61.00	3.15
0.100	70.30	128.10	6.62	112.85	5.83	91.50	4.73
0.200	105.45	198.25	10.24	173.85	8.98	146.40	7.56

Molde N°	Fecha	Tiempo	Hora	EXPANSION					
				1		2		3	
				Dial	Expansión (mm. %)	Dial	Expansión (mm. %)	Dial	Expansión (mm. %)
	May-21	0.0 hrs	11.00 a.m.	0.00	0.000 0.000	0.00	0.000 0.000	0.00	0.000 0.000
	May-21	24.0 hrs	11.00 a.m.	20.00	0.195 0.129	30.00	0.293 0.193	39.00	0.380 0.251
	May-21	48.0 hrs	11.00 a.m.	23.00	0.224 0.148	32.00	0.312 0.206	41.00	0.400 0.264
	May-21	72.0 hrs	11.00 a.m.	25.00	0.244 0.161	36.00	0.351 0.232	44.00	0.429 0.283
	May-21	96.0 hrs	11.00 a.m.	32.00	0.312 0.206	40.00	0.390 0.257	47.00	0.458 0.303

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas.
 MS. Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
 INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162839
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

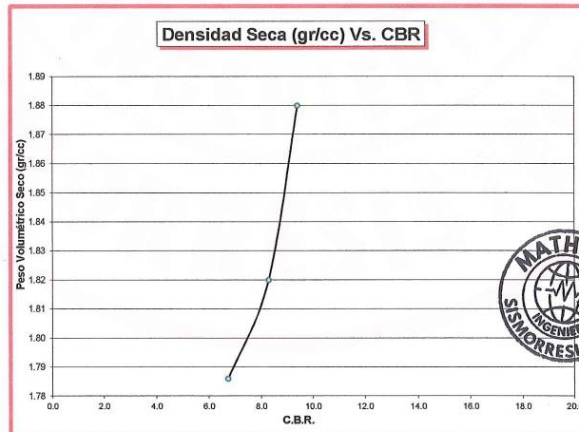
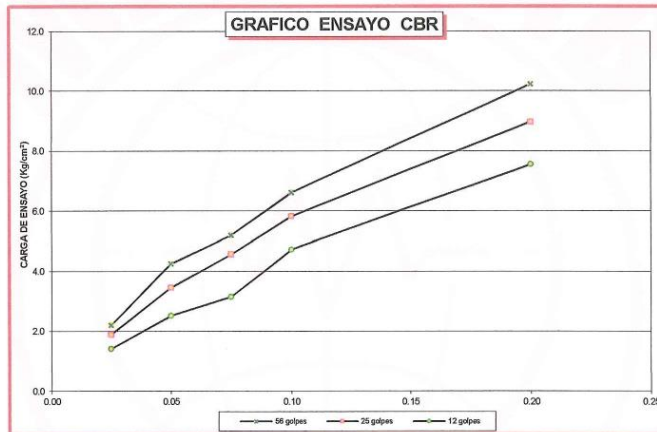
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 4% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----



[Handwritten Signature]

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. C.O.N. 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Resumen de Resultados	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	9.41	%
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	6.72	%

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico,
Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

LIMITES DE CONSISTENCIA DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-431B

SOLICITA : BACH. : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
ANCASH - 2021".

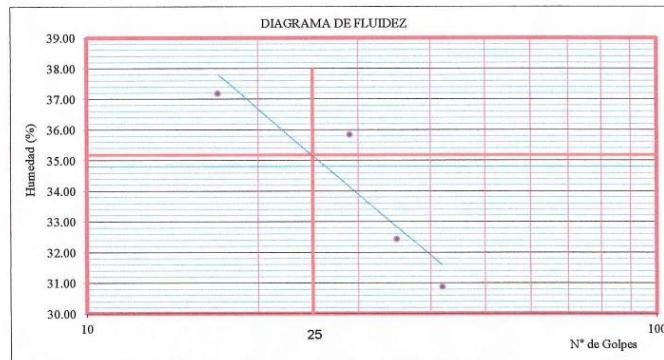
CALICATA : C-01	PROFUND: 1.50 m
MUESTRA : Mab.01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 6% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

Ensayo Datos	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	17	29	35	42	1	2	3	4
Frasco N°								
N. De golpes	17	29	35	42	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	62.68	64.50	66.20	68.70	36.22	34.55	35.12	35.42
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	58.34	60.75	62.08	64.26	34.94	33.43	34.02	34.11
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	4.34	3.75	4.12	4.44	1.28	1.12	1.10	1.31
(4) Pfr (gr)	46.67	50.29	49.38	49.88	28.67	27.83	28.33	28.06
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	11.67	10.46	12.70	14.38	6.27	5.60	5.69	6.05
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	37.19	35.85	32.44	30.88	20.41	20.00	19.33	21.65

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	35.18
Limite Plastico (L.P.) =	20.35
Indice Plasticidad (I.P.) =	14.83



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



(Handwritten signature)

MSc. Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
 RUC: 20606746950 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

CARACTERISTICAS DE COMPACTACION EN LABORATORIO DEL SUELO USANDO ESFUERZO MODIFICADO ASTM D1557 - MTC EHS

SOLICITA : BACH. BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
 DE TUNA, CARRETERA: TINGO - ATAQUERO, GARHUAZ,
 ANCASH - 2021"

CALICATA : C-01	PROFUND : 1.50 m
MUESTRA : Mab 01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 6% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

Golpes/Capa : 25 N° de Capas : 05 Wmart. : 4,540.0 Wmolde : 3,663.0
 Dimens. del molde : ϕ = 10.20 cm H = 11.45 cm Volúmen : 935.61

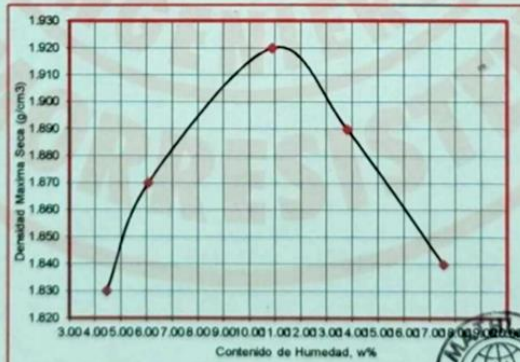
Determinación del Contenido de Humedad:

Recipiente N°	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5					
Wsueto Húm. + Rec.	114.40	109.36	170.78	173.23	175.45	199.58	211.74	230.06	261.20	270.19
Wsueto Sec. + Rec.	110.40	105.62	163.87	166.02	162.95	185.04	190.09	206.42	227.94	234.40
Peso del agua	4.00	3.74	6.91	7.21	12.50	14.54	21.65	23.64	33.26	35.79
Peso del Recip.	20.23	21.55	46.66	50.29	49.38	49.88	33.82	34.48	34.59	34.16
Peso suelo seco	90.17	84.07	117.21	115.73	113.57	135.16	156.27	171.94	193.35	200.24
Cont. Hum. W%	4.44	4.45	5.90	6.23	11.01	10.76	13.85	13.75	17.20	17.87

Determinación de la Densidad Maxima Seca:

Cont. Hum. Prom.	4.44	6.06	10.88	13.80	17.54
Wsueto + molde	5,450.00	5,518.00	5,653.00	5,673.00	5,685.00
Wmolde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsueto	1,787.00	1,855.00	1,990.00	2,010.00	2,022.00
Peso Vol. Húmedo	1.91	1.98	2.13	2.15	2.16
Peso Vol. Seco(g/cm3)	1.83	1.87	1.92	1.89	1.84

Resumen de Resultados	
Contenido de Humedad Optimo :	10.88 %
Densidad Maxima Seca :	1.92 g/cm3



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas.

Ing. Ruben Darío Aranda Leiva
 INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162930
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAUQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 6% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

Molde	1		2		3	
	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		26		12	
Condicion de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Peso Molde + Suelo hum.	12,802.00	12,840.00	12,648.00	12,754.00	12,118.00	12,195.00
Peso del molde (gr.)	8,312.00	8,312.00	8,260.00	8,260.00	7,879.00	7,879.00
Peso del Suelo humedo	4,490.00	4,528.00	4,388.00	4,494.00	4,239.00	4,316.00
Volumen del Molde (cm3)	2,104.00		2,104.00		2,104.00	
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	2.13	2.15	2.09	2.14	2.01	2.05
% de humedad	10.90	13.22	10.90	14.91	10.90	16.47
Peso Vol. Seco (gr/cc)	1.92	1.90	1.88	1.86	1.82	1.76
Tarro N°	1	2	3	4	5	6
Tarro + suelo humedo	120.26	123.65	120.26	140.15	120.26	142.85
Tarro + suelo seco	113.42	115.48	113.42	129.08	113.42	130.62
Peso de Agua	6.84	8.17	6.84	11.07	6.84	12.23
Peso del Tarro	50.68	53.68	50.68	54.84	50.68	56.35
Peso del suelo seco	62.74	61.80	62.74	74.24	62.74	74.27
% humedad	10.90	13.22	10.90	14.91	10.90	16.47

Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm2)	PENETRACION C.B.R.					
		MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
		Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)	Carga Ensayo (Kg)	C B R (%)
0.025		54.74	2.83	46.92	2.42	35.19	1.82
0.050		105.57	5.45	86.02	4.44	62.56	3.23
0.075		129.03	6.67	113.39	5.86	78.20	4.04
0.100	70.30	164.22	8.48	144.67	7.47	117.30	6.06
0.200	105.45	254.15	13.13	222.87	11.51	187.68	9.70

Molde N°	Fecha	Tiempo	Hora	EXPANSION							
				1		2		3			
				Dial	Expansión mm. %	Dial	Expansión mm. %	Dial	Expansión mm. %		
	May-21	0.0 hrs	11.30 a.m.	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	
	May-21	24.0 hrs.	11.30 a.m.	16.00	0.156	0.103	27.00	0.263	0.174	35.00	0.341
	May-21	48.0 hrs.	11.30 a.m.	19.00	0.185	0.122	30.00	0.293	0.193	39.00	0.380
	May-21	72.0 hrs.	11.30 a.m.	23.00	0.224	0.148	34.00	0.332	0.219	43.00	0.419
	May-21	96.0 hrs.	11.30 a.m.	25.00	0.244	0.161	38.00	0.371	0.245	46.00	0.449

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Ingeniero Civil - Reg. CIP N° 162939
Ruben Darío Aranda Leiva
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

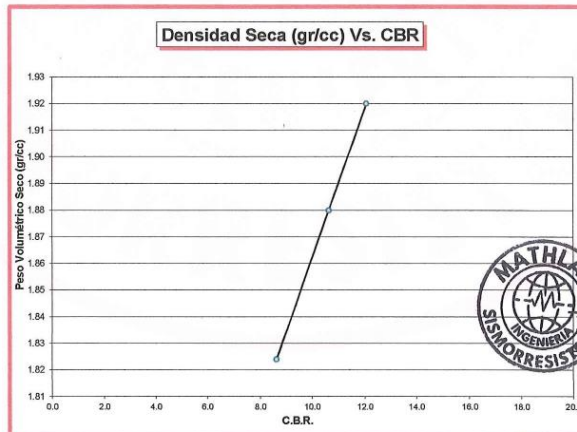
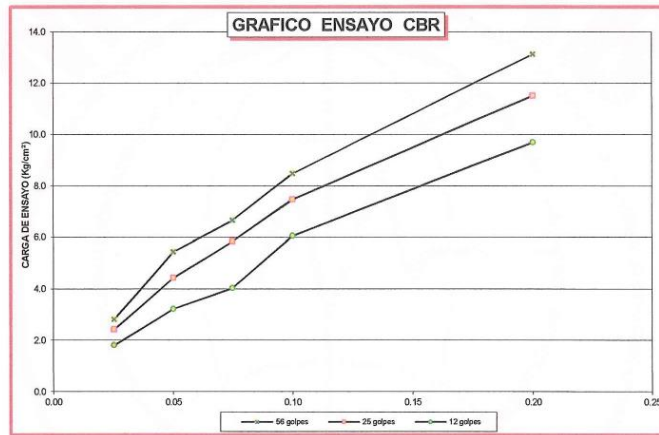
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 6% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----



Resumen de Resultados	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	12.07	%
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	8.62	%

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



Ing. Rubén Darío Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. Prof. N° 162839
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

LIMITES DE CONSISTENCIA

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021".

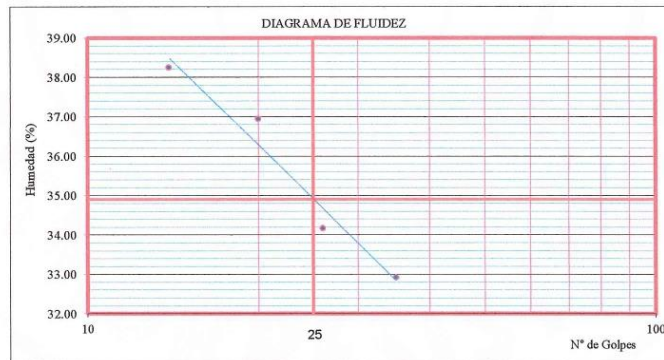
CALICATA : C-01	PROFUND: 1.50 m
MUESTRA : Mab.01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 8% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

Ensayo Datos	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	14	20	26	35	1	2	3	4
Frasco N°								
N. De golpes	14	20	26	35	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	54.11	61.32	54.45	56.20	40.49	40.56	40.71	41.10
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	48.33	53.97	49.29	50.75	39.33	39.52	39.66	39.93
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	5.78	7.35	5.16	5.45	1.16	1.04	1.05	1.17
(4) Pfr (gr)	33.22	34.08	34.19	34.20	33.84	34.48	34.60	34.16
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	15.11	19.89	15.10	16.55	5.49	5.04	5.06	5.77
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	38.25	36.95	34.17	32.93	21.13	20.63	20.75	20.28

Nota: Pfr = Peso del frasco
P.S.H. = Peso del suelo humedo
P.S.S. = Peso del suelo seco
Pagua = Peso del agua

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	34.90
Limite Plastico (L.P.) =	20.70
Indice Plasticidad (I.P.) =	14.20



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Msc. Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
 RUC: 20606746090 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

CARACTERISTICAS DE COMPACTACION EN LABORATORIO DEL SUELO USANDO ESFUERZO MODIFICADO ASTM D1557 - MTC E115

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
 DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
 ANCASH - 2021*

CALICATA : C-01	PROFUR : 1.50 m
MUESTRA : Mab_01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 8% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

Golpes/Capa : 25 N° de Capas : 05 Wmart. : 4,540.0 Wmolde : 3,663.0
 Dimens. del molde : ϕ = 10.20 cm H = 11.45 cm Volúmen : 935.61

Determinación del Contenido de Humedad:

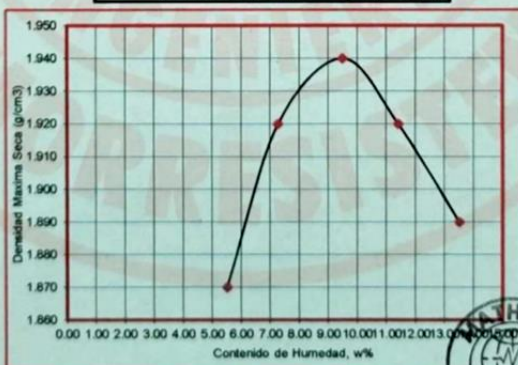
Recipiente N°	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5					
Wsuelo Húm. + Rec.	123.62	124.58	223.79	228.20	237.00	258.13	265.73	259.41	225.63	256.93
Wsuelo Sec. + Rec.	119.45	119.85	211.19	214.74	218.62	239.62	241.52	236.62	203.10	230.10
Peso del agua	4.17	4.73	12.60	13.46	18.38	18.51	24.21	22.79	22.53	26.83
Peso del Recip.	39.25	38.54	33.22	34.08	34.16	34.24	33.65	32.49	33.90	34.29
Peso suelo seco	80.20	81.31	177.97	180.66	184.44	205.38	207.87	204.13	169.20	195.81
Cont. Hum. W%	5.20	5.82	7.08	7.45	9.97	9.01	11.65	11.16	13.32	13.70

Determinación de la Densidad Maxima Seca:

Cont. Hum. Prom.	5.51	7.27	9.49	11.41	13.51
Wsuelo + molde	5,512.00	5,585.00	5,648.00	5,661.00	5,675.00
Wmolde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsuelo	1,849.00	1,922.00	1,985.00	1,998.00	2,012.00
Peso Vol. Húmedo	1.98	2.05	2.12	2.14	2.15
Peso Vol. Seco(g/cm ³)	1.87	1.92	1.94	1.92	1.89

Resumen de Resultados

Contenido de Humedad Optimo	9.49 %
Densidad Maxima Seca	1.94 g/cm ³



Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas.
 MSc. Ing. Ruben Darío Aranda Leiva
 INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 162939
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico,
Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ, ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 8% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----

	1		2		3	
	5	5	5	5	5	5
Molde	56		26		12	
Capas	56		26		12	
Condicion de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Peso Molde + Suelo hum.	12,766.00	12,862.00	12,602.00	12,715.00	12,104.00	12,211.00
Peso del molde (gr.)	8,312.00	8,312.00	8,260.00	8,260.00	7,879.00	7,879.00
Peso del Suelo humedo	4,454.00	4,550.00	4,342.00	4,455.00	4,225.00	4,332.00
Volumen del Molde (cm3)	2,104.00		2,104.00		2,104.00	
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	2.12	2.16	2.06	2.12	2.01	2.06
% de humedad	9.22	12.44	9.22	13.76	9.22	15.28
Peso Vol. Seco (gr/cc)	1.94	1.92	1.89	1.86	1.84	1.79
Tarro N°	1	2	3	4	5	6
Tarro + suelo humedo	92.48	74.69	92.48	81.57	92.48	83.64
Tarro + suelo seco	87.16	69.35	87.16	75.05	87.16	76.55
Peso de Agua	5.32	5.34	5.32	6.52	5.32	7.09
Peso del Tarro	29.44	26.44	29.44	27.68	29.44	30.15
Peso del suelo seco	57.72	42.91	57.72	47.37	57.72	46.40
% humedad	9.22	12.44	9.22	13.76	9.22	15.28

PENETRACION C.B.R.							
Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm2)	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
		Carga Ensayo		Carga Ensayo		Carga Ensayo	
		(Kg)	(Kg/cm2)	(Kg)	(Kg/cm2)	(Kg)	(Kg/cm2)
0.025		63.70	3.29	54.60	2.82	40.95	2.12
0.050		122.85	6.35	100.10	5.17	72.80	3.76
0.075		150.15	7.76	131.95	6.82	91.00	4.70
0.100	70.30	191.10	9.87	168.35	8.70	136.50	7.05
0.200	105.45	295.75	15.28	259.35	13.40	218.40	11.28

EXPANSION												
Molde N°	Fecha	Tiempo	Hora	1			2			3		
				Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
					mm.	%		mm.	%		mm.	%
	May-21	0.0 hrs	12.00 p.m.	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
	May-21	24.0 hrs	12.00 p.m.	13.00	0.127	0.084	23.00	0.224	0.148	31.00	0.302	0.200
	May-21	48.0 hrs	12.00 p.m.	17.00	0.166	0.109	28.00	0.273	0.180	35.00	0.341	0.225
	May-21	72.0 hrs	12.00 p.m.	20.00	0.195	0.129	31.00	0.302	0.200	39.00	0.380	0.251
	May-21	96.0 hrs	12.00 p.m.	24.00	0.234	0.154	34.00	0.332	0.219	42.00	0.410	0.270

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Msc. Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Estación de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



MATHLAB

INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

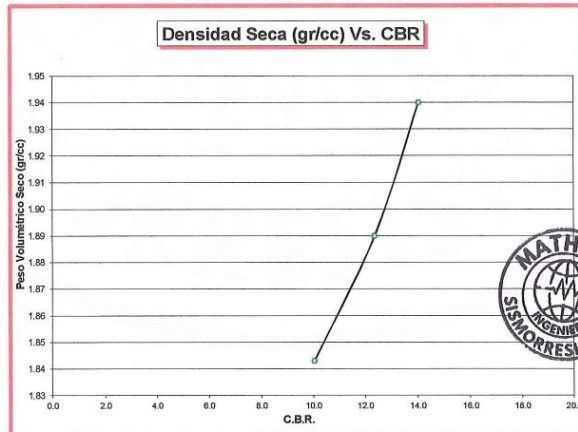
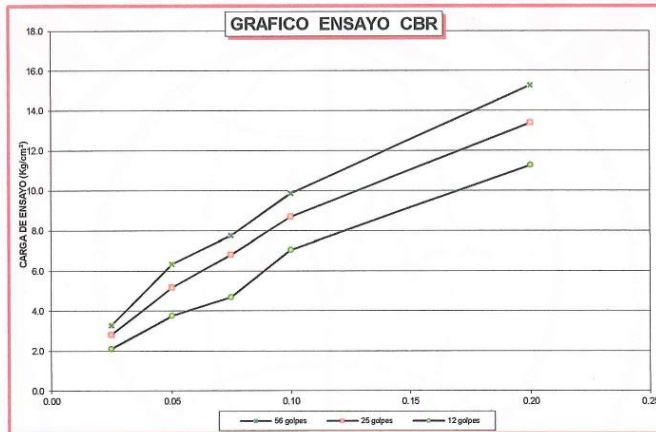
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CADILLO SALVADOR IGNACIA LIZ

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUBRANSANTE CON ADICION DE CENIZA
DE TUNA, CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ,
ANCASH - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 8% CENIZA DE TUNA
PROGRESIVA (KM)	-----



[Signature]

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162539
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Resumen de Resultados	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	14.04	%
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	10.03	%

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



INFORME TÉCNICO N° 0505 – 21 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : IGNACIA LIZ CADILLO SALVADOR
 - 1.2 DNI : 70403364
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 20 / 05 / 2021
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 20 / 05 / 2021
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 21 / 05 / 2021
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE PLANTA DE TUNA
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 23.1°C; Humedad relativa: 60%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de fluorescencia de rayos x de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. RESULTADOS
 - 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio (Ca)	74.024	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva ⁽¹⁾
Magnesio (Mg)	19.123	
Silicio (Si)	1.622	
Potasio (K)	1.606	
Aluminio (Al)	1.484	
Estroncio (Sr)	0.666	
Hierro (Fe)	0.534	
Azufre (S)	0.521	
Manganeso (Mn)	0.218	
Fósforo (P)	0.202	

⁽¹⁾ Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO
Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Natalia Quispe
Analista
LABICER –UNI

Mg. Elena A. Córdor Cuyubamba
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



Trujillo, 19 de mayo del 2021

INFORME N° 15 - MAY-2021

Solicitante: Cadillo Salvador Ignacia Liz – Universidad Cesar Vallejo
Sede - Lima Norte

RUC/DNI: 70403364

Supervisor:

1. MUESTRA: Tuna (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	T-15M	25 mg	-----

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 620 °C.
- Masa de muestra analizada: 25 mg.

Jefe de Laboratorio:

Analista responsable:



Ing. Danny Chávez Novoa

Ing. Danny Chávez Novoa



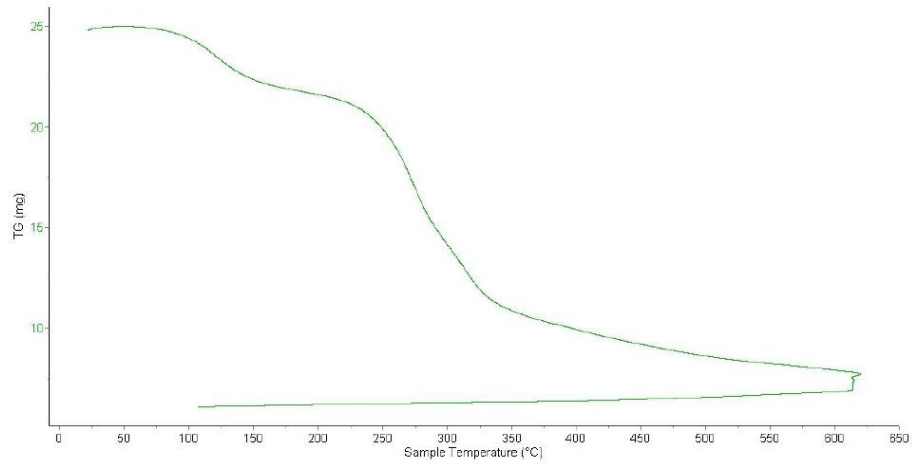
Trujillo, 19 de mayo del 2021

INFORME N° 15 - MAY-2021

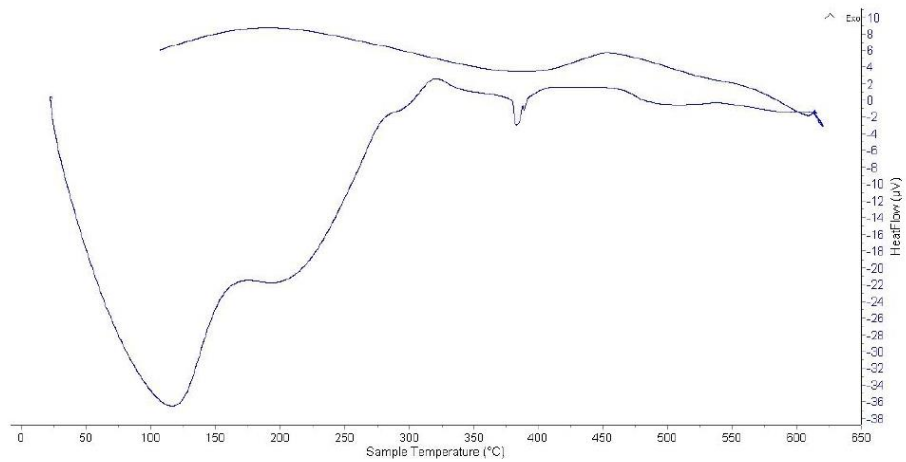


4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 19 de mayo del 2021

INFORME N° 15 - MAY-2021

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se puede observar dos importantes caídas de la masa del material, la primera caída se da entre 80 y 130°C y la segunda caída se da de manera más intensa entre 230 y 340°C, luego la caída es lenta y progresiva haciendo que el material llegase a perder en total aproximadamente 70% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos picos endotérmicos que se presentan en torno a 120 ° C y 380 ° C, además de una ligera banda endotérmica alrededor de los 200°C, que son temperaturas de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 19 de mayo del 2021

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

V°B° M^{Sc.} Danny Chávez N.

ANEXO 7: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

ANEXO 8: TURNITIN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización de subrasante con Adición de Ceniza de Tuna,
carretera: Tingo - Ataquero, Carhuaz, Ancash - 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA:

Cadillo Salvador, Ignacia Liz (ORCID: 0000-0003-0839-3630)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización de subrasante con Adición de Ceniza de Tuna,
carretera: Tingo - Ataquero, Carhuaz, Ancash - 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA:

Cadillo Salvador, Ignacia Liz (ORCID: 0000-0003-0839-3630)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-1968-9122)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

ANEXO 9: PANEL DE FOTOGRAFÍA



Figura 28. Molienda de la cascara de tuna para los ensayos



Figura 289. Obtención de la ceniza de la cascara de tuna



Figura 30. Inspección a la carretera Ataquero-Trancapampa

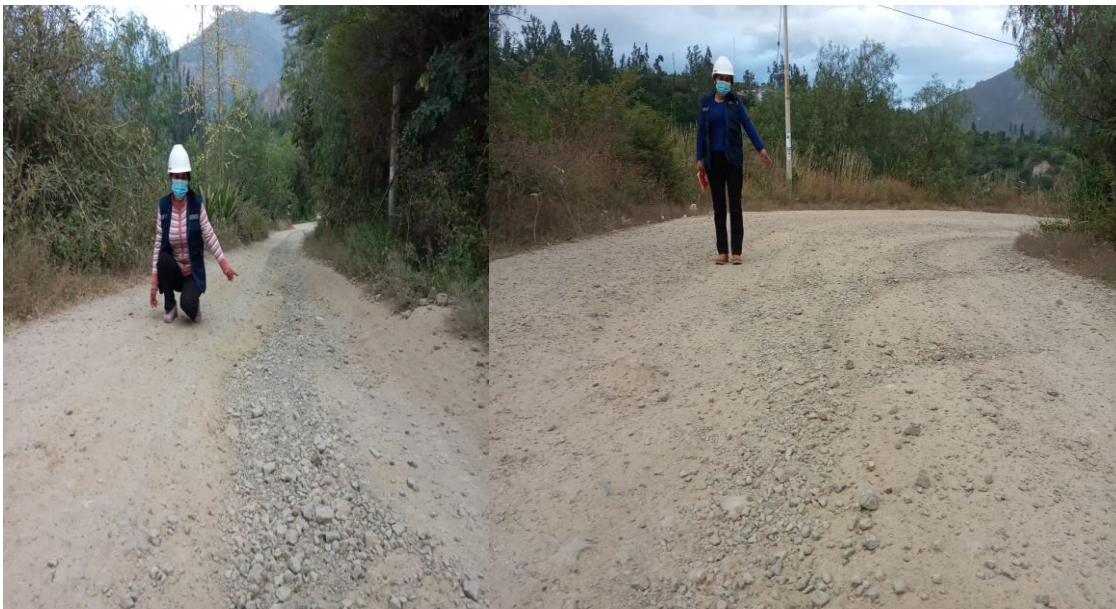


Figura 31. Reconocimiento de inicio de vía a trabajar



Figura 32. Anotaciones y conteo vehicular



Figura 33. Obtención de muestra de suelo a través de la elaboración de calicata.



Figura 34. Calicata C – 01 que se ha realizado en la subrasante 00+500 km.



Figura 35. Contenido de humedad.



Figura 36. Análisis granulométrico de suelo arcilloso.



Figura 37. Análisis de limite plástico.



Figura 38. Análisis de limite liquido



Figura 39. Peso de la ceniza de tuna (Proctor modificado)



Figura 40. Evaluación de las muestras en bandejas en el laboratorio (Proctor modificado)



Figura 41. Elaboración de los tratamientos para los ensayos respectivos (Proctor modificado)



Figura 42. Elaboración de ensayo Proctor modificado en el laboratorio



Figura 43. Ensayos de las distintas dosificaciones para el Proctor



Figura 44. Elaboración del ensayo CBR



Figura 45. Inspeccionando el ensayo CBR

ANEXO 10: NORMAS TÉCNICAS

ANEXO 11: EXTRACTO DE MANUAL



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 terraplén 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 veh/día, 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 sentidoCalzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentidoCalzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, 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 sentidoCalzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentidoCalzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, 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 veh/día, 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 veh/día, 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 Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, 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/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC.



El número de calicatas 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 calicatas 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 calicatas 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 calicatas) en correspondencia con los puntos de ensayo, una calicata donde la deflexión es máxima, una segunda calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión característica, una tercera calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión promedio y una cuarta calicata donde la deflexión ha sido mínima.

Las calicatas 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 calicatas 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 calicatas a realizar será la cantidad de calicatas para un kilómetro indicada en el [cuadro 4.1](#). Si el tramo tiene una longitud menor a 500 m, el número de calicatas a realizar será la mitad de calicatas 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 calicatas 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 calicatas 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 calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación de la calicata (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 037-2006-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(*): La necesidad de efectuar los ensayos de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, 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 calcatas 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 Calcatas – 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 grava, arcillaarenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia 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, micaoso o diatomáceo, limo arcilloso

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Turba, 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 arenos de arena

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. 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	Elevante o bueno					Regular a insuficiente						

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: 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-1-b(2)&(3), A-4(5), A-7-5(17), etc.
 IG = (F-35) [(0.2+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

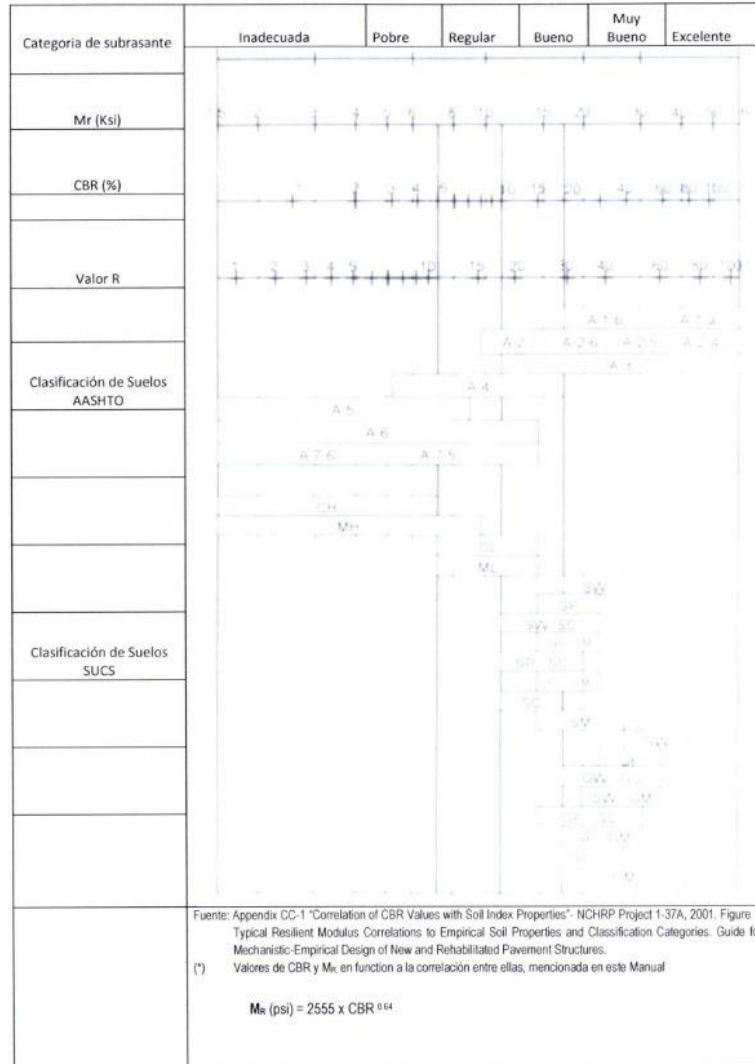
Categorías de Sub rasante	CBR
S ₆ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₅ : Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₄ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₂ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₁ : Sub rasante Excelente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



PERU

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

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





PERÚ

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 calicatas 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 Sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arolas o zonas humedecidas 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
Envocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arenas Limpias	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 ($CBR \geq 20\%$); a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena - regular ($6\% \leq CBR < 20\%$); a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante pobre ($3\% \leq CBR < 6\%$); y, a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada ($CBR < 3\%$). 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.

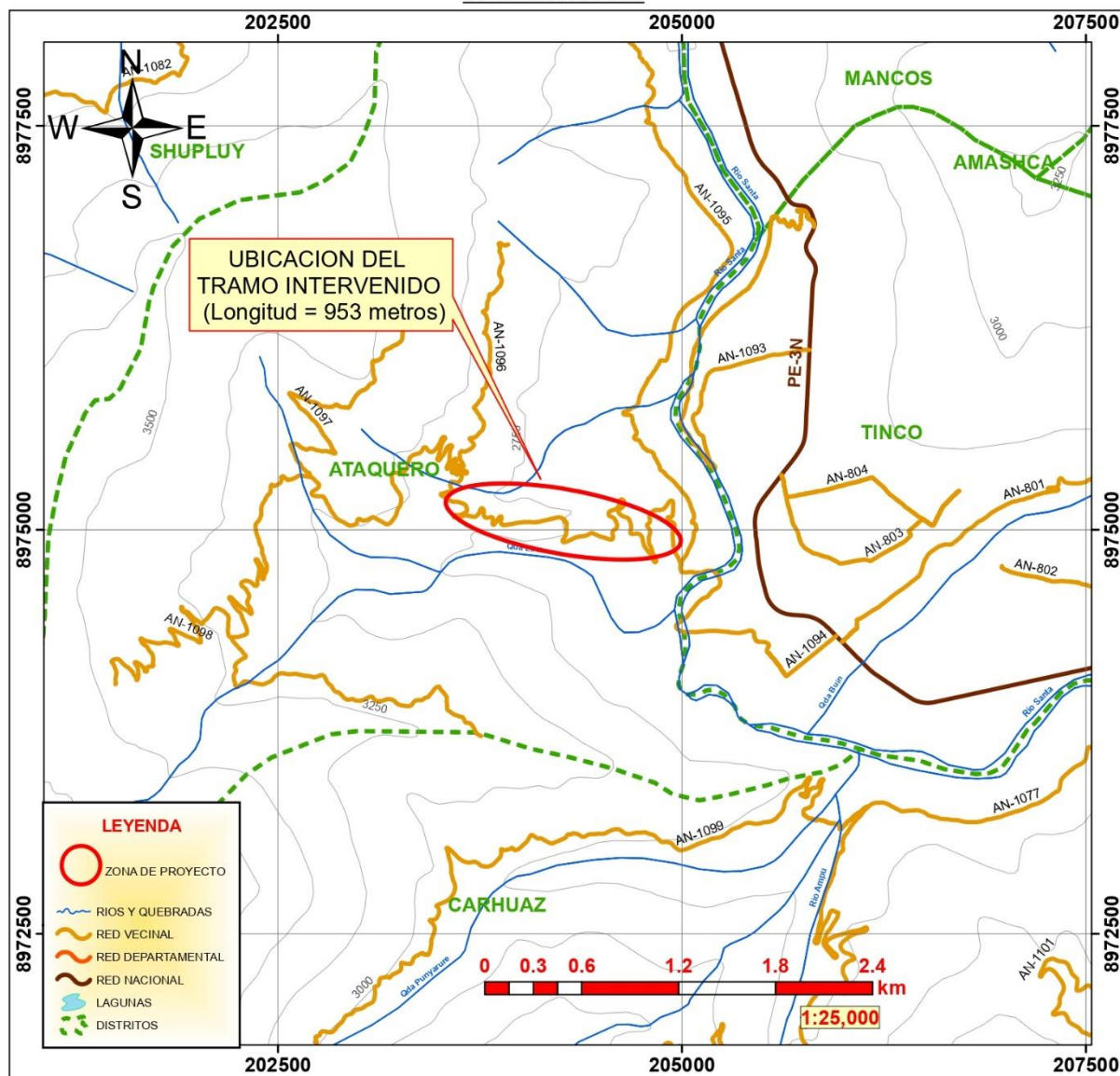
En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de los friajes o las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. En el caso de presentarse en los últimos 0.60 m de la sub rasante, 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 12: PLANOS

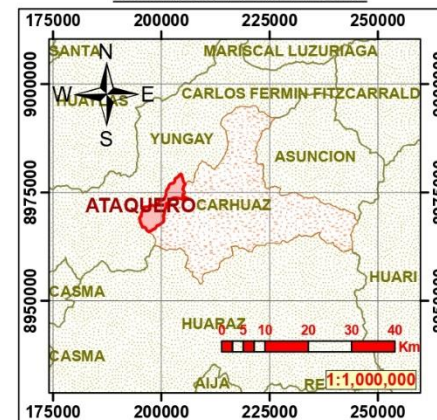
UBICACION LOCAL



UBICACION DEPARTAMENTAL



UBICACION PROVINCIAL



TESIS

"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICION DE CENIZA DE TUNA
CARRETERA: TINCO - ATAQUERO, CARHUAZ, ANCASH, 2021"



PLANO DE UBICACION

DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: CARHUAZ	DISTRITO: ATAQUERO	PLANO:
SISTEMA DE COORDENADAS WGS 1984 UTM	ZONA UTM: 18 SUR	ESCALA: LA INDICADA	PU
DISEÑO: BACH. IGNACIA UZ CADILLO SALVADOR		FECHA: JUNIO, 2021	

