



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización de suelo arcilloso incorporando ceniza de cascara de arroz en la subrasante del pavimento rígido, calle Chaupisuyo, Cusco 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Caballero Duran, Samuel Edson (orcid.org/0000-0001-5116-3107)

ASESOR:

Msc. Paccha Rufasto, Cesar Augusto (orcid.org/0000-0003-2085-3046)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado principalmente a Dios, ya que cada día me guía y bendice.

A mis padres, por la inspiración y darme la fuerza para continuar y a todos que estuvieron apoyándome.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Apolinaria Duran y Donato Caballero, por todo el apoyo brindado en todo el transcurso de mi preparación profesional.

A todas las personas que me incentivaron y apoyaron en los momentos más importantes de mi vida académica

A mis compañeros por los momentos compartidos durante nuestra vida universitaria, principalmente a los que una o de otra forma me ayudaron con el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimiento.....	17
3.6 Método de análisis de datos	18
3.7 Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS	55
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estudio de la demanda del tráfico vehicular (IMDA)	34
Tabla 2: Costos por metro cúbico de material estabilizante.....	50
Tabla 3: Ubicación de zona de investigación	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: CBR de sub rasante por categoría.....	8
Figura N°02: Componentes químicos de cáscaras de arroz.....	10
Figura N°03: Propiedades de cenizas de cascara de arroz.....	10
Figura N°04: Ubicación de la zona de estudio.....	20
Figura N°05: Excavación de calicatas.....	21
Figura N°06: Cuarteo Granulométrica.....	22
Figura N°07: Granulometría.....	23
Figura N°08: Curva Granulométrica.....	24
Figura N°09: Clasificación de la subrasante según SUCS y AASHTO.....	24
Figura N°10: Análisis granulométrico por tamizado – ASTM D422.....	25
Figura N°11: DIAGRAMA DE FLUIDEZ.....	25
Figura N°12: Peso muestra compactada molde Proctor modificado.....	26
Figura N°13: CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD.....	27
Figura N°14: Ensayo de CBR.....	27
Figura N°15: CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.	28
FiguraN°16: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de subrasante.....	28
Figura N°17: Limite liquido.....	29
Figura N°18: Limite plástico.....	29
Figura N°19: Combinación homogénea incorporando porcentaje de ceniza de cascara de arroz.....	30
Figura N°20: curva densidad seca vs. humedad con 0.5% de ceniza de cascara de arroz.....	31

Figura N°21: DENSIDAD SECA vs. C.B.R. (0.5% ADITIVO)	31
Figura N°22: curva densidad seca vs. humedad (1.0% aditivo)	32
Figura N°23: curva: densidad seca vs. C.B.R. (1.0% aditivo)	32
Figura N°24: curva densidad seca vs. humedad (1.5% aditivo)	33
Figura N°25: curva: densidad seca vs. CBR (1.5% aditivo)	33
Figura N°26: conteo vehicular.....	34
Figura N°27: cálculo del esal para pavimento rígido (método aashto).....	35
Figura N°28: formula del esal para pavimento rígido método aashto.....	35
Figura N°29: periodo de diseño	36
Figura N°30: Índice de serviciabilidad	36
Figura N°31: Factor de distribución por dirección	36
Figura N°32: Factor de distribución por carril.....	37
Figura N°33: código de eje cargado	37
Figura N°34: confiabilidad.....	37
Figura N°35: Desviación estándar normal	38
Figura N°36: Error estándar combinado S_o	38
Figura N°37: método empírico o mecanístico	39
Figura N°38: Datos del suelo de fundación estabilizada.....	39
Figura N°39: Monograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante, suponiendo una profundidad infinita.....	40
Figura N°40: Datos de la sub base	41
Figura N°41: Datos del suelo de fundación.....	41
Figura N°42: Perdida de serviciabilidad	41
Figura N°43: DRENAJE.....	42

Figura N°44: coeficiente de transmisión de carga.....	42
Figura N°45: Para el método de diseño AASHTO la fórmula de diseño	43
Figura N°46: Para el método de diseño AASHTO la fórmula de diseño	43
Figura N°47: Abaco AASHTO.....	49
Figura N°48. Mapa de ubicación.....	66
Figura N°49. Plano de ubicación.....	67
Figura N°50. Cascara de arroz.....	68
Figura N°51. Incineración por medio de horno.....	68
Figura N°52. Temperatura promedio de 250 °C.....	69
Figura N°53. Ceniza de cascara de arroz	69

RESUMEN

En la presente investigación tiene como objetivo evaluar el cambio del suelo arcilloso incorporando ceniza de cascara de arroz adicionándolo un porcentaje de 0.5%, 1.0% y 1.5% y así tener una mejora de la resistencia y a su vez calcular el óptimo contenido de humedad en la subrasante. teniendo como enfoque cuantitativo ya que todo el estudio de suelo se realizó mediante indicadores que son granulometría, Proctor modificado y su cálculo de CBR para ver cuál de los porcentajes será la mejor opción que nos servirá como dosificador en la estabilización del suelo arcilloso.

El uso de la ceniza de cascara de arroz, es un material de desecho para los molinos en la localidad de Quillabamba – Cusco donde se podrá tener una reducción de contaminante hacia el ambiente, ya que se reutilizará para un bien útil como el de estabilizador de la subrasante, a su vez el costo de este producto es muy bajo y algunas veces gratis.

Los resultados obtenidos según laboratorio de la estabilización del suelo arcilloso con la ceniza de cascara de arroz de 0.5%, 1.0% y 1.5% muestran un incremento del CBR. El sueño del terreno natural nos indica que el SUCS es CL y el AASHTO es A-6(7) teniendo como resultado que es un suelo arcilloso teniendo como CBR 8.2% , máximo densidad seca de 1.935gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 12%, pero al combinar con el 0.5% de ceniza de cascara de arroz tenemos un pequeño incremento del CBR de 9.4%, máximo densidad seca 1.97gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 12.1% y al aumentar el porcentaje de ceniza de cascara de arroz con el 1% nos da, CBR de 10.6%, máximo densidad seca de 1.938gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 12.4%, y al aumentar el porcentaje de la ceniza de cascara de arroz a un 1.5% tenemos CBR 9.6 %, máximo densidad seca de 1.947gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 12.7%, se puede observar que al añadir la ceniza de cascara de arroz tenemos un resultado que nos favorece, de una subrasante regular a una subrasante buena.

El diseño de para la elaboración del pavimento rígido con el CBR del 1% de la ceniza de cascara de arroz nos da una subrasante de $e = 25$ cm y una subbase de $e = 20$ cm y el espesor de la losa de 18cm para un periodo de diseño de 20 años.

Palabras clave: ceniza de cascara de arroz, estatización, suelo arcilloso, subrasante

ABSTRACT

In the present investigation, the objective is to evaluate the change of the clayey soil incorporating rice husk ash adding a percentage of 0.5%, 1.0% and 1.5% and thus have an improvement in resistance and in turn calculate the optimal moisture content in the soil. subgrade. having as a quantitative approach since the entire soil study was carried out using indicators that are granulometry, modified Proctor and its CBR calculation to see which of the percentages will be the best option that will serve as a doser in the stabilization of clayey soil.

The use of rice husk ash is a waste material for the mills in the town of Quillabamba - Cusco where it will be possible to have a reduction of pollutants towards the environment, since it will be reused for a useful good such as stabilizer of the subgrade, in turn, the cost of this product is very low and sometimes free.

The results obtained according to the laboratory of the stabilization of the clayey soil with rice husk ash of 0.5%, 1.0% and 1.5% show an increase in the CBR. The dream of the natural terrain indicates that the SUCS is CL and the AASHTO is A-6(7), resulting in a clayey soil with a CBR of 8.2%, a maximum dry density of 1,935gr/cm³ and an optimal moisture content. of 12%, but when combined with 0.5% rice husk ash we have a small increase in CBR of 9.4%, a maximum dry density of 1.97gr/cm³ and an optimum moisture content of 12.1% and by increasing the percentage of ash of rice husk with 1% gives us, CBR of 10.6%, maximum dry density of 1,938gr/cm³ and an optimal moisture content of 12.4%, and by increasing the percentage of rice husk ash to 1.5% we have CBR 9.6%, maximum dry density of 1.947gr/cm³ and an optimal moisture content of 12.7%, it can be seen that by adding rice husk ash we have a result that favors us, from a regular subgrade to a good subgrade .

The design for the elaboration of the rigid pavement with the CBR of 1% of the rice hull ash gives us a subgrade of $e = 25$ cm and a subbase of $e = 20$ cm and the thickness of the slab of 18cm for a period of 20 year design.

Keywords: rice husk ash, subgrade, clayey soil, subgrade

I. INTRODUCCIÓN

Como sabemos a nivel mundial existen variedades de suelos, algunos de estos suelos no tienen la propiedad física y mecánica para realizar un proyecto de construcción civil es por ello que se mejora usando aditivos para estabilizar el terreno y cumpla con las expectativas requeridas, tal es la región de cusco que presenta suelos arcillosos en su mayoría, es por ello que presento esta investigación para estabilizar el suelo arcilloso y de esta manera mejorar las infraestructuras viales y entre otras futuras construcciones.

Este proyecto se desarrollará en la región de cusco que se encuentra en la sierra al sureste del territorio peruano, ubicado en el oriente del país. Se intervendrá la calle chaupisuyo para dicho proyecto que se encuentra con un suelo tipo arcilloso y arenoso.

Los suelos que modifican su volumen cuando absorben agua o dejan de absorber con una alta plasticidad se le conoce como arcilla. En el Perú tenemos muchos lugares donde se presentan dicha tierra arcillosa, cambiando su volumen por motivos de la humedad y temperatura convirtiéndolo en un suelo inestable para una construcción o diseño vial, para el transporte, viviendas, industrias y otros.

Estos problemas generan altos costos para la sustitución del material arcilloso por un material que cumpla con los parámetros y normas técnicas que se requieren según el reglamento nacional de edificaciones para las futuras construcciones.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTP) en el (2015), menciona que: "al estabilizar un suelo con baja resistencia como el suelo arcilloso lo primero que se tiene que restablecer es sus propiedades físicas ya que de ello depende la mejora de este suelo. Así mismo sustenta que al estabilizar un suelo aumenta su resistencia mecánica y persevera en el tiempo sus propiedades.

El MTC (2014), sostiene "los suelos con CBR menor igual al 6%, se comprende como sub rasante inapropiado o defectuoso, también menciona que donde hay zonas húmedas o áreas blandas en algunas partes del suelo, se tiene que realizar un estudio al suelo para analizar y establecer un método que sea el más adecuado para una estabilización o sustitución de suelo.

Castro (2017), menciona que: “Al estabilizar los suelos de baja resistencia, así como un suelo arcilloso se debe mezclar con la ceniza del cascara de arroz ya que nos sirven para un perfeccionamiento de la sub rasante, se realizó estudios de laboratorio donde indica que es factible estabilizar un suelo que es arcilloso incorporándole ceniza de cascara de arroz y también demuestra resultados que favorecen el suelo y esto hace factible para el uso como un material de sub rasante”. (p.115)

Es por ello que me he proyectado a investigar e incorporar este material cenizo de cascara de arroz, en la industria como un posible aditivo para estabilizar el suelo arcilloso, y de esta manera innovar y comercializar este aditivo en las futuras construcciones.

El requerir de la ceniza de cáscara de arroz, como otros usos de agregados minerales está ganando provecho en el campo de la tecnología de las estabilizaciones de suelos arcillosos, las cualidades de este agregado traen consigo ventajas económicas y ambientales.

La utilización de ceniza de cascara de arroz produce una puzolana inmensamente reactiva que puede producir incrementos en su resistencia, excelente contenido de densidad seca y humedad, las propiedades del suelo desde edades tempranas. También cabe mencionar que bajo términos de quema no moderado se produce una puzolana de muy baja calidad denominado aditivo residual.

los estudios realizados en esta investigación son: el ensayo de CBR, ensayo granulométrico, ensayo de Proctor modificado y ensayo de casa grande, estos ensayos se realizarán con el único propósito de llegar a los objetivos planteados.

Según Rondón y Reyes (2018). “En diseño del pavimento se usa ampliamente el ensayo del CBR, es realizado en laboratorios estas pruebas de ensayos o en in situ. Estas pruebas se deben ejecutar sobre un suelo cargado para que se pueda simular una situación que sea crítica, es por eso que las muestras se tienen que mantener dentro de agua por 4 días, con una carga encima de las muestras”.

La calidad constructiva de cualquiera obra depende de la calidad del suelo, ya que un suelo inestable puede originar problemas a largo plazo dañando el proyecto y disminuyendo la vida útil.

A este proyecto de investigación se planteó un problema general que es: ¿De qué manera mejorara las propiedades que tiene el suelos arcillosos al incorporar la ceniza de cascara de arroz para la sub rasante del diseño del pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022?

Los problemas específicos de esta investigación fueron:

- ¿De qué forma se mejorar la capacidad de soporte de la sub rasante del pavimento rígido de la calle Chaupisuyo – Cusco 2022?
- ¿De qué manera se podría realizar un diseño de pavimento rígido teniendo en considerando el CBR estabilizado para la sub rasante del pavimento rígido de la calle chaupisuyo. – Cusco 2022?
- ¿Cuánto influye en el aspecto económico estabilizar la subrasante con cenizas de cascara de arroz en calle Chaupisuyo – Cusco 2022?

Bernal (2018), menciona a Méndez y menciona, “En su tesis está implementado de Justificación teórica cuando el principal objetivo de su estudio es el análisis y debatir todo tipo de conocimientos que sea existentes, para poder ver la veracidad de la teoría para poder comprobar los resultados”. (p. 115)

Ñaupas (2019), hace una menciona “Donde se justifica socialmente cuando las alternativas son determinadas por la investigación de una solución que sea oportuno para poder desafiar todo tipo de inconveniente que puedan afecten a la población”, es por ello que se busca nuevos principios de resultados para poder afrontar todo tipo de mal estado de las vías pavimentadas. (p.125)

El objetivo general es: Determinar como el uso de la ceniza de cascara de arroz estabiliza los suelos arcillosos para la sub rasante del pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Determinar de qué manera mejora la capacidad de soporte de los suelos arcillosos con cenizas de cascara de arroz para la sub rasante del pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022.
- Determinar el diseño del pavimento considerando el CBR del suelo estabilizado con ceniza de cascara de arroz para la sub rasante del pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022.

- Estimar la influencia en el aspecto económico al estabilizar la subrasante con ceniza de cascara de arroz para el pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022.

II. MARCO TEÓRICO

las siguientes referencias hacen mención a nivel nacional:

Vílchez (2019), en su tesis llamada: "Aplicación de las cenizas de cascara de arroz para mejorar la estabilización en la vía Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019 tuvo como objetivo general comprobar la eficiencia y utilidad del material de su función como un estabilizante de suelos, para después mente usar en la subrasante de la vía mencionada. En conclusión, fue sometida a todo tipo de muestra para el ensayo de la calidad de suelo (CBR), Proctor modificado, Granulometría, dando como resultados positivos, mejorando el CBR, la densidad máxima seca y también la óptima humedad, lo que demostró ser eficaz de la ceniza de la cascara de arroz como un elemento para la estabilización de suelos.

Cajaleon y Mondragón (2018) en su tesis que este titulado, Estabilización del suelo arcilloso aplicando cenizas de cascara de arroz para la sub rasante en el Km+18 Pimpingos, Choro 2018, cuyo objetivo fue analizar la mezcla de la ceniza de cascara del arroz en la subrasante de Pimpingos, Choros, para luego analizar por medio de ensayos llamado granulometría, el límite de la consistencia. También con el Proctor modificado y los valores del (CBR) y tener buenos resultados para ponerlo en ejecución posteriormente, e implementar en el proceso constructivo de pavimentación. Se llego a conclusión que al estabilizar el suelo arcilloso con la ceniza de cascara de arroz, se logró un suelo regular a lo tenía un suelo con una resistencia baja que no cumplía con la calidad.

Castro (2019), en su investigación titulada: "Estabilización de un suelo arcilloso con cenizas de cascara de arroz para la mejora de la sub rasante, tiene el objetivo de desarrollar un método alternativo para poder estabilizar el suelo arcilloso usando un tipo de residuo como la ceniza de cascara de arroz, para poder usar en la sub rasante, realizando pruebas en laboratorios sus características que son, físicas, mecánicas y químicas del material que se obtuvo para dicha prueba. Como conclusión, el material mostro un resultado por intermedio del laboratorio que tuvo una mejor aleación del suelo arcilloso y la ceniza de cascara de arroz logran un mejoramiento obteniendo una incrementación de valor del (CBR) de un valor de 5%, hasta un valor de 19.4%, con la reutilización de este material estamos

obteniendo una solución a los problemas ambientales ya que es de suma importancia colaborar y tomar en cuenta reducir la contaminación ambiental.

Llamoga (2020), en su investigación llamada: "Análisis potencial de expansión y capacidad portante del suelo arcilloso aplicando en la sub rasantes al agregar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2020". el objetivo principal fue analizar la potencia de expansión del suelo y la capacidad potencial (CBR) del suelo, usando las cenizas de cascara de arroz en la subrasante, la metodología que tiene esta investigación es analizar el terreno natural, su plasticidad del suelo, su expansión y capacidad portante (CBR) al igual que el terreno que se combina con las cenizas de cascara de arroz con el porcentaje de 2%, 5% y 7%. como resultados obtenidos se puede estudiar viendo la expansión que aumentó un 0.43% con el contenido de 7% de ceniza de cascara de arroz, y disminuyó un 16.84% y 21.12% de contenido de ceniza. Se concluyó que el 5% de ceniza de cascara de arroz tuvo un mejor comportamiento, por lo tanto, este material podría ser factible para la subrasante.

Carrasco (2018) en su investigación menciona que al usar la ceniza para estabilizar en el suelo arcilloso tiene una mejora, según los ensayos analizados a la mezcla de la ceniza en un 35% al suelo arcilloso, reduce la plasticidad, ya que al inicio presentaba un 15.81 llegando a 9.1 demostrando que es un suelo resistente, también se tiene resultados excelentes en la prueba del CBR, los resultados fueron los siguientes. La mezcla del aditivo de ceniza logro obtener un 1.76 gr/cm³ a diferencia de la muestra sin aditivo que tenía un valor de 1.66gr/cm³.

Según las investigaciones realizadas a este agregado, considero que es un estabilizante económico, rentable y fácil de conseguir para estabilizar un suelo arcilloso ya que cuenta con las propiedades necesarias para la mejora de este tipo de suelos.

siguientemente las investigaciones hacen mención a nivel internacional:

Washington y Behack (2018), en su tesis menciona: "La aplicación de cenizas de cascara de arroz como elementos estabilizantes para un suelo arcilloso" en la Universidad de la Republica; Uruguay tiene como objetivo arreglar las características de un terreno compuesto por arcilla y arena usando las cenizas de cascara de arroz y cal. Para llegar a este objetivo se realizó ensayos de laboratorio

al suelo incorporando ceniza de cascara de arroz y cal, el cual se creó una mezcla que cumple con las normas técnicas que se requieren para la estabilización de un suelo, así lo demuestra los resultados que se realizaron en el laboratorio, también cabe mencionar que las cenizas se obtienen al quemar a una temperatura gradual. Los resultados de la prueba al que se sometió esta mezcla arrojaron resultados satisfactorios por que se demuestra que el contenido de humedad y optima de compactación (CBR) fue de 9.3% y la mezcla con el 22% de ceniza de cascara de arroz más un 10% de cal tubo un incremento de 25.2% que fue un 2 veces más de CBR al suelo.

Cañar (2018) en su investigación llamada “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelo arenoso fino y arcilloso combinada con ceniza de cascara de arroz” dice que usando la ceniza de arroz mejora a los suelos que son arenosos aumentando su compactación. también demuestra que al mesclar la arcilla con un 26% de Ceniza de arroz mejora su resistencia que varía de 9.11% a 11.21% motivo que no puede llegar a la resistencia permitida. Por ende, se realizó ensayos de CBR en el tramo del suelo arcilloso, lo cual se puede ver los incrementos de 4.6% y al ser combinada con el 25% de la ceniza el cual hace mejorar la resistencia de un 15% hasta un 19.6% Indicando que si puede ser utilizada para material de la subrasante.

Morales (2019) en su proyecto llamado: “Valoración de la ceniza de carbón para estabilizar el suelo mediante activación alcalina en suelos no pavimentadas”. En la universidad de Colombia. Hace mención de las cenizas de carbón ya que este material se encuentra a gran cantidad ya que es indispensable en las industrias gracias a su recurso que se usa mucho en diferentes actividades. Este material contiene propiedades que son muy buenos para el suelo que necesita ser estabilizado, el objetivo es establecer y estimar su comportamiento que tiene la ceniza como estabilizador del suelo porque aumenta notoriamente la resistencia de cargas que posterior mente podrían pasar.

Seguidamente se hace mención de definiciones relacionadas a la investigación:

Ruiz, J (1995), su libro (Manejo de suelos arcillosos), Mérida (Universidad Autónoma Chapingo), menciona: Los suelos arcillosos son esos en los cuales existe

una exuberante presencia de arcilla por arriba de otras partículas de varios tamaños. La arcilla tiene elementos de silicatos de aluminio, es impermeables y al unirse con agua o humedad se hace más plástica, además debería contener limo y arena, sin embargo, la arcilla es la que se destaca y en diferentes proporciones debido a que no hay 2 suelos que sean equivalentes en su estructura. (p.83)

Esta teoría quiere decir que el suelo arcilloso no drena el agua, ya que por sus pequeñas partículas terminan inundándose, para que este tipo de suelos puedan tener un mejor drenaje se tiene que estabilizar con aditivos, usando cenizas de cascara de arroz u otro aditivo que ayude a mejorar este tipo de suelo para una futura construcción civil.

Morales (2019), en su trabajo de investigación menciona: “La sub rasante es el área terminada del suelo. La cualidad de la subrasante necesita en gran medida del grosor del revestimiento, ya sea rígido o flexible. Esta capa depende de las propiedades del suelo y de la magnitud del tráfico particular en relación al número de eje equivalente acumulado a lo largo de la vida útil. Algunos libros, manuales y revistas sugieren valores CBR para demostrar la calidad del material de la sub rasante, aunque esto no es crítico. La calidad del subsuelo tiene una gran influencia en el proceso de construcción y la eficiencia de un recubrimiento, depende de la sub rasante.

Categoría de Sub rasante	CBR
Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub rasante insuficiente	De CBR \geq 3% a CBR < 6%
Sub rasante regular	De CBR \geq 6% a CBR < 10%
Sub rasante buena	De CBR \geq 10% a CBR < 20%
Sub rasante muy buena	De CBR \geq 20% a CBR < 30%
Sub rasante excelente	CBR \geq 30%

Figura N°1. CBR de sub rasante por categoría.

Fuente: MTC, la cualidad de la sub rasante por categoría, 2017.

De acuerdo con la Guía de prueba de materiales de MTC (2016), esta es una prueba de compactación que tiene en cuenta la cantidad de golpes, así como la altura de caída, el peso del martillo y la cantidad de capas. En este caso, se realiza esta forma de fuente de alimentación: compacta, presión estática, impacto. Este trabajo trata sobre la orientación de partículas

que modifican las propiedades mecánicas del suelo y del material estable. La primera capa se considera una rama seca. El máximo superior es la singularidad en la que se puede obtener el valor máximo de la densidad seca a partir de la ecuación 2.1 correspondiente y el contenido de humedad óptimo. (Ec. 2.2) P. (112)

Ec. 1 calculo máxima densidad seca.

$$W = \frac{D_s - D_w}{D_w} \times 100$$
 (ecuación 2.1) donde: D_s = Densidad de la muestra compactada en seco (mg/m³) D_w = Densidad de la muestra compactada en húmedo (mg/m³) W = Contenido de agua (%) Ec 2 Humedad.
$$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$
 (ecuación 2.2) donde: w

= humedad, (%) M_w = masa de agua en gramos M_s = masa de sólidos en gramos.

Diaz (2015), se enfocó al estudio de la ceniza de cascara de arroz y menciona que: este material se encuentra en el transcurso del reciclado, donde se realizó la incineración controlada, es de esta, manera que obtenemos la ceniza de cascarilla de arroz. Este aditivo es transformado en un nuevo material donde el contenido de sílice es muy alto y también su propiedad puzolánica que, debido a su elevada disponibilidad en todo el mundo, se ha convertido en un posible sustituto del uso industrial. El proceso para la obtención de los materiales que son utilizados como estabilizadores, se tiene en observación que, para obtener un resultado que mejores, sin perder las características que son importantes de la ceniza obtenida en la incineración, esto tiene que realizarse en una condición que sea.

Castro (2019), menciona que: "la ceniza de cascara de arroz se encuentra producido por la incineración o combustión de un material, que puede ser orgánico como también inorgánico, después de la incineración queda un residuo que tiene la apariencia de polvo en lugar de donde fue quemado y la otra parte es expulsado como humo".

También menciona que la cascara de arroz contiene una característica de 21% de sílice, por ello que tiene una combustión que es difícil de obtener en lugares naturales, su degradabilidad, al ser quemadas mediante temperaturas diferentes de acuerdo a algunas condiciones. (p.168)

- Si se encuentra seca se quemará a una temperatura de 970°
- Si se encuentra húmeda se quemará a una temperatura de 650°

- Si se combina con algún combustible se quemará a una temperatura de 100°

Así mismo menciona que: “las propiedades de la ceniza de cascara de arroz, donde mencionan que son originarios del grano de arroz, llamadas también gramíneas, estos productos que presentan un color de tonalidad gris oscuro ya que son consecuencias de la combustión de los residuos de arroz”.

Composición química	% en peso
Sílice (SiO ₂)	95.6
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	0.30
Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	1.20
Óxido de calcio (CaO)	0.30
Óxido de magnesio (MgO)	0.20

Figura N°2. Componentes químicos de cáscaras de arroz.

Fuente: elaboración propia

PROPIEDADES	VALOR
Densidad (kg/m ³)	2665
Masa unitaria compactada (kg/m ³)	452
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	181
Superficie específica (m ³ /kg)	2000

Figura N°3. Propiedades de cenizas de cascara de arroz.

Fuente: elaboración propia

Acuña y Liendo (2020), menciona que: “la Ceniza de cascara de arroz ayuda a perfeccionar las propiedades mecánicas de la subrasante de un suelo arcilloso que es muy pobre, para la construcción de un pavimento rígido y demuestra que los resultados de la ceniza de cascara de arroz mezclado con el suelo arcilloso aumenta un valor de 6% al CBR mejorando sus propiedades mecánicas, a su vez es una opción, en lo económico comparando con otros tipos de estabilizantes.

la cascara de arroz será sometida a diferentes ensayos, así como: análisis granulométrico, límites de Atterberg y el ensayo de CBR, se realizara una mezcla del suelo arcilloso incorporando ceniza de cascara de arroz con diferentes proporciones de este aditivo así como: 3%, 5% y 10%, de la cual obtendremos la resistencia al corte, la máxima densidad seca del suelo arcilloso con ceniza de cascara de arroz, en la cual obtendremos los resultados favorables con diferentes porcentajes de adicción, también cabe mencionar que la ceniza de cascara de arroz como material estabilizador promete muy buenos resultados según las referencias mencionadas anteriormente en los antecedentes nacionales e internacionales..

Quezada (2017), menciona en: “los fundamentos de la estabilización de suelos”, define que al estabilizar un suelo se está mejorando sus propiedades a través de procedimientos, ya sea incorporando productos químicos, sintéticos o naturales. Un suelo estable presenta la resistencia suficiente para que cualquier construcción civil no sufra deformaciones ni desgastes en su vida útil de dicha estructura. Pero en algunos casos los suelos naturales no cumplen con estas especificaciones demandados, por lo que el ingeniero responsable considera necesario descartar el suelo inadecuado y sustituir por otros que cumplan con las determinaciones; o cambiar las propiedades del suelo inadecuado y adaptarlo con el método de estabilización. (p.38)

Es por ello que es de suma importancia realizar un balance para evaluar los criterios para estabilizar los suelos arcillosos

Cajaleón y Mondragón (2018) en su tesis mencionan: “la estabilización del suelo es la transformación que se basa en perfeccionar sustancialmente la conducta de esfuerzo-deformación del suelo, lo cual es sometido a tratamientos de modo que se utilice su propiedad o cualidad y hacer apto de desempeñar de la mejor forma los requisitos anhelados para que de esa manera obtengamos suelos con mejor característica de apoyo a circunstancias como de tránsito o clima. (p.27)

López (2021), menciona: La estabilización física es un proceso que conlleva a cambios en la característica física de los suelos, existen ciertos tipos para estabilizar los suelos ya sea por el proceso físico, con mezclas o geotextiles, esta

estabilización ocurre cuando un suelo se mejora agregando un material seleccionado. (p.52)

La estabilización física es un proceso que conlleva a cambios en la característica física de los suelos, Algunos de los tipos de estabilización física son mezclas de suelos y geotextiles, esta estabilización ocurre cuando un suelo se mejora agregando un material seleccionado.

La estabilización mecánica tiene como objetivo mejorar el suelo sobre el cual se va a construir, este método se emplea en el suelo arcilloso produciendo cambios físicos, ya sea por compactación que consiste en la compresión de partículas entre sí o por vibro flotación que consiste en insertar un dispositivo vibrador.

La estabilización química, este proceso consiste en la incorporación de determinadas sustancias químicas al suelo arcilloso provocando reacciones de intercambio químico con el polvo fino del suelo. en este método de estabilización se utilizan frecuentemente los siguientes aditivos:

- Cemento
- Cal
- Asfalto
- Polímeros

La estabilización de suelos con materiales no convencionales son aquellos procedimientos en el cual se realizan estudios para confirmar el resultado de su utilización como un aditivo no convencional entre ellos tenemos los siguientes:

- cáscaras de coco
- semilla dátil
- mazorca del maíz
- cáscaras de la palma aceitera
- conchas del abanico
- conchas de la ostra
- conchas de mejillón
- desecho de ceniza volante
- ceniza de cascara de arroz

la que usare en este proyecto de investigación es cenizas de cascara de arroz que es un agregado que trae consigo resultados favorables en la estabilización del suelo arcilloso.

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Esta es una investigación aplicada que tiene como objetivo resolver un problema en particular o abordarlo, actuar, modificar y construir. su objetivo es resolver las disposiciones que se presentan. También cabe mencionar que su enfoque es estudiar y analizar el problema para encontrar una solución. Al encontrar una respuesta, se aplica en situaciones similares por ende se puede duplicar para otros investigadores ya que su fin crear nuevas formas alternativas de mejorar la vida de las personas y aumentar la productividad en las empresas o entidades de servicio público y privados.

Diseño de investigación

Baptista, Fernández y Hernández y (2016) indicaron: “que el enfoque del proyecto de su tesis es de un tipo cuantitativa, que consiste en estudiar y analizar las hipótesis formuladas para llegar a unas evidencias de acuerdo a la investigación, Se tiene como sugerencia que la investigación inicie aporten en los estudios en los lineamientos de la investigación que está basado en la recolección de información para luego poder afirmar las hipótesis que se ha planteadas. Que sean referido a base de valores que sean numéricos que puedan servir como un aporte para el estudio estadístico respectivo y finalmente se tiene que confirmar las teorías”. (p.128)

El proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo continuo, porque se puede utilizarán instrumentos donde se puede obtener medición, así como ficha donde se pueden recolectar datos que tendremos para poder afirmar nuestra hipótesis basada en la medición numérica, y porque se centra en investigaciones y análisis reales usando diferentes tipos de procedimientos basados en mediciones, también a su vez se realizarán todo tipo de cuadros que informen que nos proporcionen una base de la contratación de la hipótesis.

Este método se adapta a nuestra investigación que estamos trabajando, es

hipotético deductivo porque se fundamenta en la hipótesis mediante los hechos observados donde podremos crear teorías que tendrán que ser comprobadas y falseadas por medio de la experimentación.

El diseño de nuestra investigación es experimental, por que se relaciona a un estudio que es experimental donde se va controlar la variable intencionalmente y es transversal ya que se va llevar a cabo en un tiempo planeado que tendrá un inicio y un fin.

Valderrama (2018), nos enseña que el diseño experimental es cuando excesivamente maniobra o cambia una variable independiente con el propósito de examinar los cambios de la variable dependiente.

En el proceso de este proyecto Se elaborará ceniza de cáscara de arroz variable independientemente, con distintos porcentajes con el propósito de conseguir un resultado positivo, que sea diferente a la variable dependiente que es la estabilización del suelo arcilloso.

Por ende, la investigación es experimental

3.2. Variable y operacionalización

Reyes y Rondón (2016), mencionan "Las variables están establecidas donde sus propiedades, sistemas, relaciones y características. Donde el valor de investigación es prioridad, ya que el diseño de un compuesto puede modificarse con la adición de polvo de caucho reciclado, mejorando así su rendimiento y superando los límites de los compuestos convencionales". (p. 136)

3.2.1. Variable independiente: Ceniza de cascara de arroz

Definición conceptual

Castro (2019), La ceniza de cascarilla de arroz es una sustancia con un alto contenido de sílice (20%), su combustión es algo dificultosa cuando se encuentra en condiciones naturales. Las temperaturas que se alcanzan al quemar las sobras de arroz varían según las condiciones, p. Ej. B. 970 ° C cuando está seco, 650 ° C cuando contiene algo de humedad y 100 ° C cuando se combina con combustible. (Pág.55)

Definición operacional

Cáceres (2017), La ceniza de cáscara de arroz tiene una excelente adhesividad porque tiene un alto contenido de sílice. También se han realizado estudios sobre su composición física y química y otras pruebas como fluidez y resistencia a fuerzas de tracción comparables a otros adhesivos disponibles comercialmente. (Pág.63)

3.2.2. Variable dependiente: Estabilización de suelos arcillosos

Definición conceptual

Díaz (2015), La estabilización del suelo es un proceso destinado a aumentar la capacidad de carga, reducir la sensibilidad al agua y aumentar la resistencia mecánica. por lo tanto, soporta deformaciones de tráfico a largo plazo

Definición operacional

López (2021), la ceniza de cascara de arroz tiene la facultad de cambiar la propiedad del suelo para desempeñar con las condiciones estimados. Por ello se considera su cambio y composición de este suelo arcilloso para mejorar las propiedades, así como: límite de Consistencia, máxima densidad y optimo contenido de humedad. (p.47)

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Valderrama (2018) nos hace mención que para que se halle la población se tiene que encontrar un conjunto determinado de valores que pueda representar a cada variable, de lo cual se tiene que recoger una muestra para su análisis.

La población para este proyecto de investigación va corresponder a la calle que se encuentra en Chaupisuyo – Cusco. se escogió esta calle por que presenta el suelo arcilloso que es inestable con un CBR por debajo de lo normal. (metrado de la calle)

Muestra

Ñaupas (2016) menciona “la definición de muestra refiere que es un subconjunto o una parte que se selecciona de la población, que es representada por estadísticas”. (p.42)

Para este proyecto de investigación la muestra viene ser las calicatas que se extraerán de calle chaupisuyo – cusco, esta calle tiene una longitud de 221 metros lineales.

Muestreo

El muestro de esta investigación es no probabilístico porque según López (2018) menciona en su artículo que no todas las poblaciones de la muestra serán seleccionadas en una misma cantidad, hace entender que el muestreo está basado en base a las normas y el investigador tiene que decidir. De manera que se procederá el muestreo según la NTP CE-010 Pavimento Urbanos a lo cual se harán 6 calicatas en la calle Chaupisuyo, Cusco, y de manera realizara los ensayos en laboratorio.

En nuestra investigación nuestra muestra extraída se encuentra conformada en el tramo km. 0+00 a km. 1+00 de la carretera de la calle Chaupisuyo

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se realizará la recolección mediante la observación, documentos y registros para analizar la información.

El instrumento será muy necesario para analizar todos los datos para la investigación, el instrumento a usar debe ser muy decidido según el tipo de enfoque ya sea cuantitativo o cualitativo Se usará instrumentos que será necesario en el campo para tener una selección de acuerdo a nuestro tema de investigación, utilizando los instrumentos de medición así obtener los resultados en laboratorio del suelo, ya sea humedad natural, análisis granulométrico índice de plasticidad, los limites líquidos y plástico, gravedad específico, el ensayo de CBR y resistencia a la compresión.

3.5. Procedimientos

Para la presente investigación se realizará varios tipos de actividades, primeramente, se tendrá que elegir una ubicación para tres calicatas en el lugar a investigar seguidamente, se tendrá que extraer las 3 muestra del suelo de la calle Chaupisuyo siguiendo las normas MTC E 101.

Se recolectará las cascaras de arroz de los lugares más cercanos para incinerarlos a una temperatura de 250°C durante un tiempo de 4 horas, luego de la recolección que se incineraron con un horno artesanal para tener el material principal, seguidamente, se tendrá que trasladar las muestras del suelo y de la ceniza al laboratorio.

Luego de obtener las muestras correspondientes de un suelo y la ceniza de cascará de arroz se tendrá que llevar al laboratorio, donde se iniciará a realizar los siguientes ensayos, así como: Análisis granulométrico del suelo con tamizado para la clasificación del suelo mediante el sistema SUCS y AASHTO, con el cual determinaremos el contenido de humedad del suelo, el límite líquido del suelo, el límite plástico del suelo e índice de plasticidad por medio del ensayos que nos permitirá determinar límites de Atterberg.

También se realizará el Ensayo del Proctor modificado, este ensayo nos ayudará a determinar la máxima densidad seca y el contenido del agua del suelo y por último se realizará el ensayo de CBR del suelo (este ensayo en particular nos permitirá encontrar el índice de resistencia al esfuerzo cortante del suelo).

Luego con el resultado ya encontrado se realizo el diseño del pavimento rígido.

Método de análisis de datos

Luego de tener las muestras de las calicatas mencionadas anteriormente, estas muestras se llevaran a laboratorio de mecánica del suelo y serán sometidas a ensayos para tener conocimiento de su propiedades naturales, posteriormente añadiendo a la muestra por separado el porcentaje determinado de la ceniza de cascara de arroz y se volverá a someter a las muestras para obtener una nueva propiedad, todos estos ensayos se documentaran en formatos y fichas asimismo en MS Excel y Software para una generación de histograma y grafico para un futuro interpretación y descripción de los resultados.

Aspectos éticos

Este presente proyecto de investigación se desarrollará cumpliendo las normas ISO 690 y 690-2, teniendo precaución al momento de citar y a la referencia de las fuentes, con el fin de respetar el derecho de autor.

Comprobando la autenticidad de la investigación se someterá a ser analizado por Software llamado Turnitin, determinando si hay algún plagie buscando coincidencias de otros proyectos o información que tengan derechos de autor a nivel mundial.

IV. RESULTADOS

4.1. Mejorar la capacidad de soporte de la fundación de la carretera Calle Chaupisuyo – cusco 2022

El área donde se realiza el proyecto Se encuentra ubicado en la región Cusco, en la región de Anta en el municipio de Pucyura calle Chaupisuyo una altitud de 3383 m.s.n.m. Latitud 13°28'52.4" 'SUR Longitud 72°06'33.0" OESTE

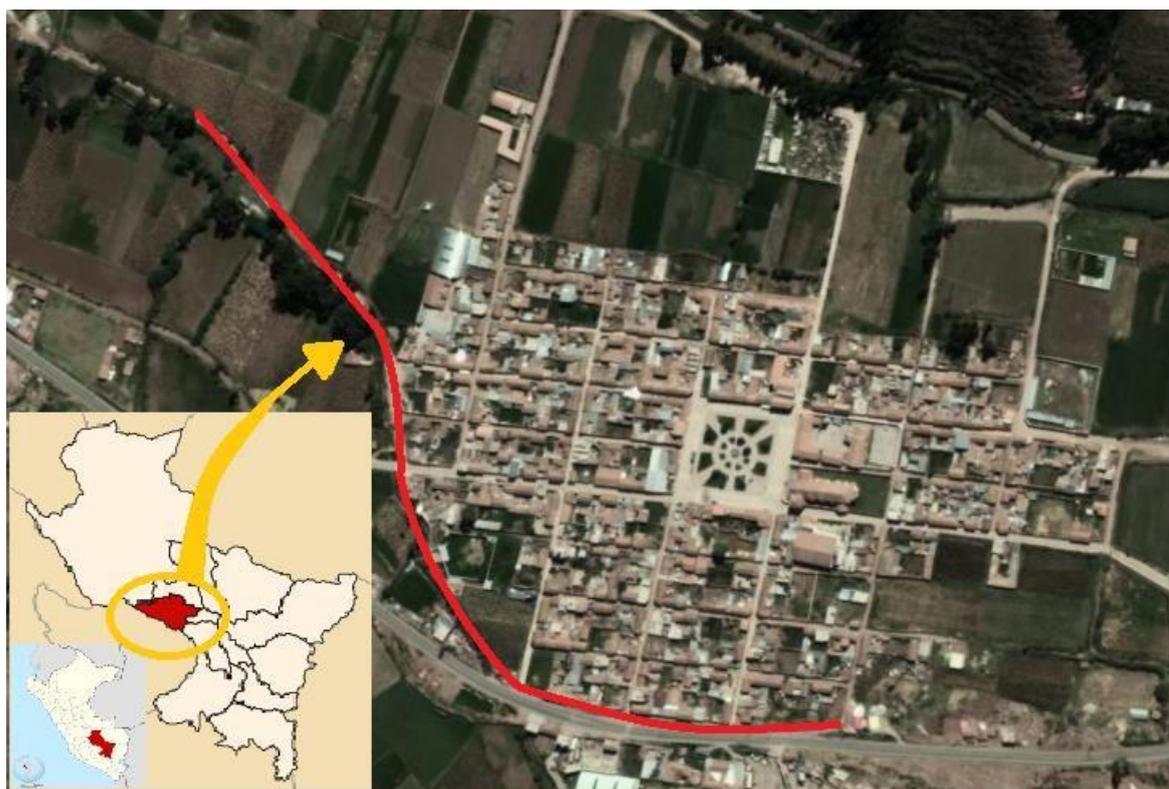


Figura N°4. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

La recolección de la muestra del suelo arcilloso de fundación, se obtuvo en el tramo de km 0+000 al km 1+000 de la carretera de la calle Chaupisuyo, donde se realizó la excavación de la calicata donde las muestras se llevaron a laboratorio para hacer los estudios necesarios.



Figura N°5. Excavación de calicatas

Fuente: Elaboración propia

Resumen de los ensayos realizados

Se realizó las pruebas necesarias del material extraído de la subrasante del terreno natural en la carretera de la calle Chaupisuyo para los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico
- Límite de consistencia
- Proctor modificado
- CBR
- Ensayos químicos ensuelo, roca y agua

Ensayo que determinara el tamaño de las partículas de la muestra de suelo extraído de las calicatas que se llevó a laboratorio para su análisis granulométrica.



Figura N°6. Cuarteo Granulométrica

Fuente: Elaboración propia



Figura N°7. Granulometría
Fuente: Elaboración propia

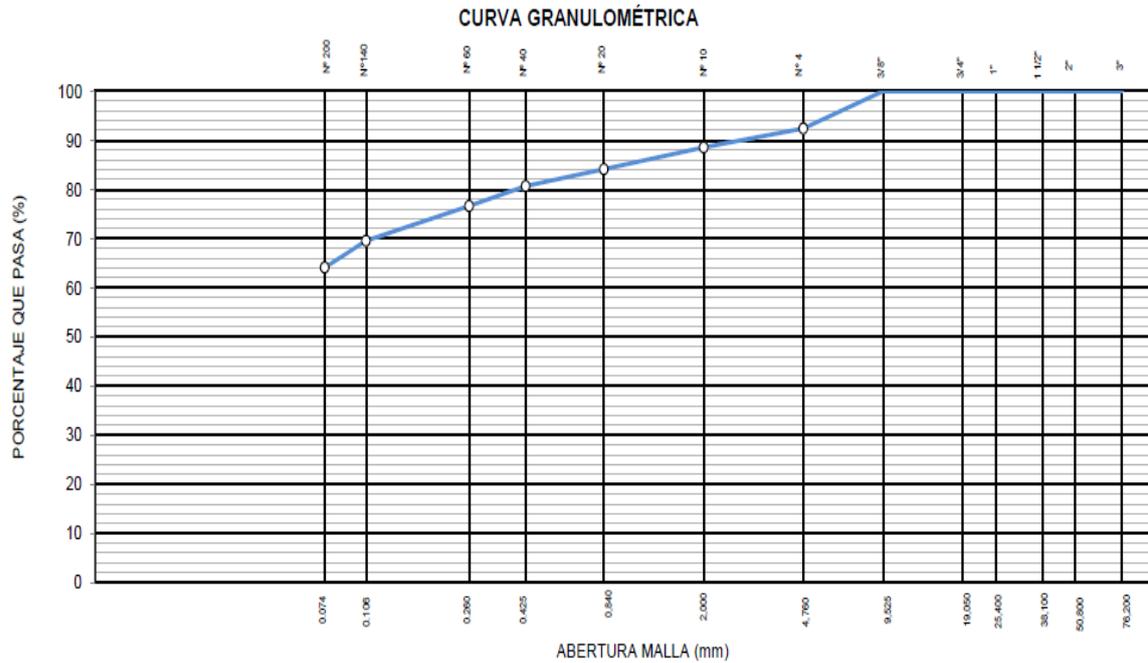


Figura N°8. Curva Granulométrica

Fuente: Elaboración propia

CLASIFICACION	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-6(7)
Descripción de la muestra :	ARCILLA

Figura N°9. Clasificación de la subrasante según SUCS y AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Según el ensayo realizado al suelo de la subrasante para SUCS es de tipo CL, este suelo contiene arcillas de baja compresibilidad y comprende en el área de la línea de la carta de plasticidad, donde su intervalo definido esta para el límite líquido < 50% e Índice de plasticidad > 7%. Según AASHTO (ASTM-D3282) salió de tipo A-6(7), se refiere a un suelo arcilloso, mayormente el 75% o más material que pasa por el tamiz n° 200.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	--	--	100.0
N° 4	4.760	55.6	7.6	92.4
N° 10	2.000	28.6	3.9	88.6
N° 20	0.840	32.3	4.4	84.2
N° 40	0.425	25.5	3.5	80.7
N° 60	0.260	30.0	4.1	76.6
N° 140	0.106	52.2	7.1	69.5
N° 200	0.074	40.0	5.4	64.1
-200		472.0	64.1	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	7.6
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	28.3
% Finos [< N° 200]	64.1

LIMITE DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	31.7
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	18.2
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	13.5

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	10.3

CLASIFICACION	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-6(7)
Descripción de la muestra :	ARCILLA

Figura N°10. Análisis granulométrico por tamizado – ASTM D422

Fuente: Elaboración propia

En el análisis granulométrico, que sirve para hallar también los límites como son: límite líquido y plástico, e índice de plasticidad, tuvo como resultado de 31.7% de límite líquido, un 18.2 % de límite plástico, y por último un 13.5 % de índice de plasticidad, por lo tanto, es un suelo arcilloso.

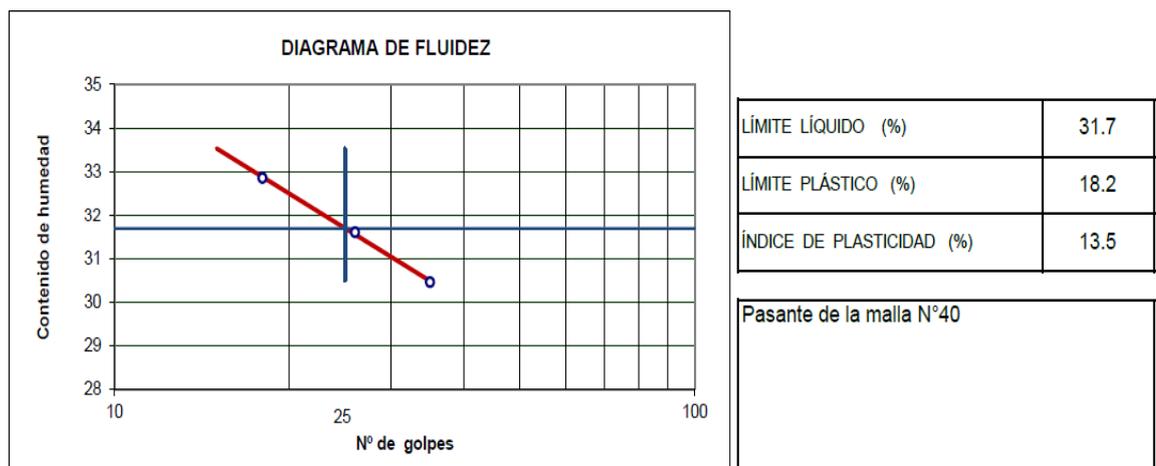


Figura N°11. DIAGRAMA DE FLUIDEZ

Fuente: Elaboración propia

Proctor modificado

Relación densidad seca – humedad de compactación del material que se han tamizado, tiene como procedimiento de presión para para poder encontrar la relación del contenido de agua y su peso unitario seco que es comprimido en un recipiente o molde de 4 pulgadas.



Figura N°12. Peso muestra compactada molde Proctor modificado

Fuente: Elaboración propia

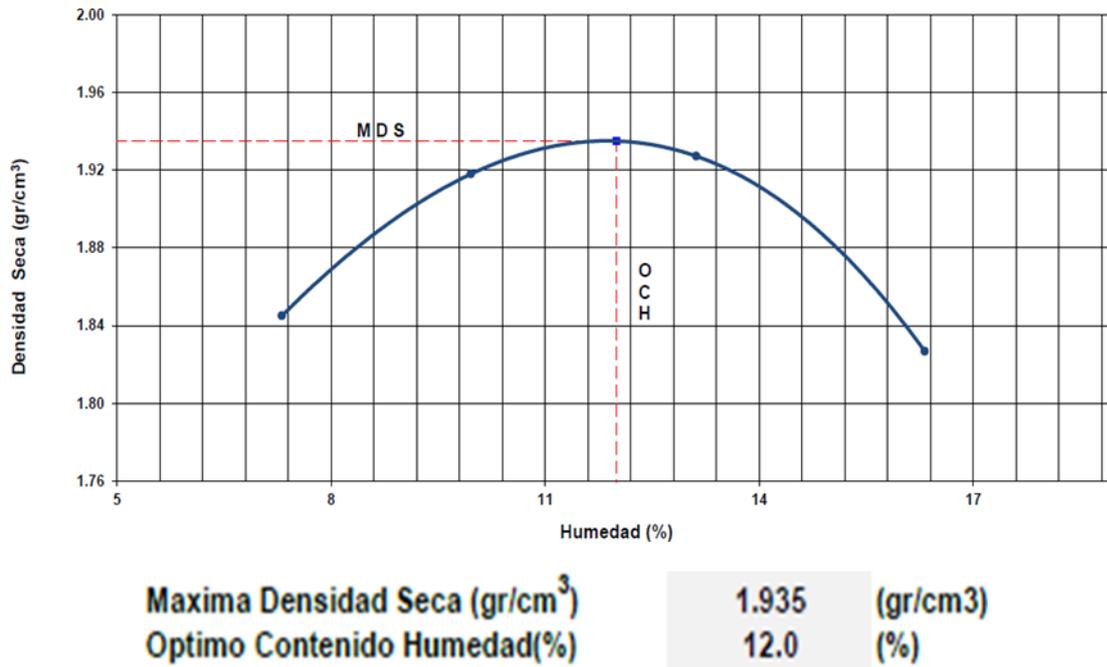


Figura N°13. CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD

Fuente: Elaboración propia

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Este ensayo se realizará para determinar la resistencia de la tierra al suelo y a su vez determinar el CHO, el CBR calculado utilizando valores representativos de muestra que tengan las siguientes características.



Figura N°14. Ensayo de CBR

Fuente: Elaboración propia

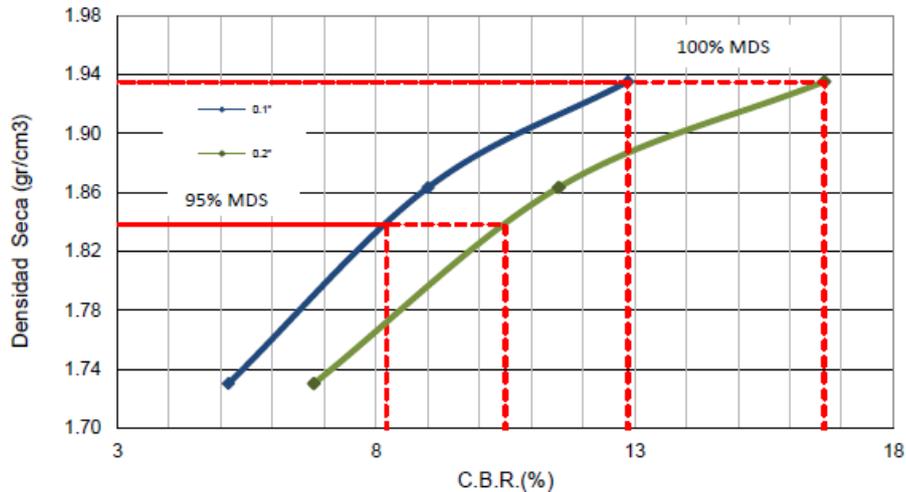


Figura N°15. CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS:		
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1"	=	12.9
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1"	=	8.2

Figura N°16. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de subrasante

Fuente: Elaboración propia

Tenemos como conclusión de la subrasante como menciona el (MTC), que un material apto para una subrasante tiene que ser $CBR \geq 6\%$. Si el resultado es menos se tendrá que realizar una estabilización del suelo a trabajar.

La muestra que se sacó por intermedio de la calicata de la carretera de la calle Chaupisuyo, no cumple con lo necesario según el MTC, ya que el $CBR 100\% = 12.9$ y $CBR 95\% = 8.2$, dando como resultado que el material no cumple y es un material inadecuado para la subrasante, teniendo a proceder a su estabilización.

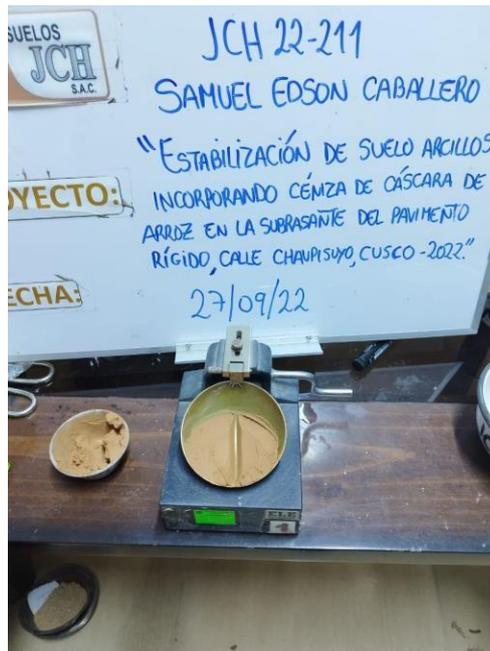


Figura N°17. Limite liquido

Fuente: Elaboración propia

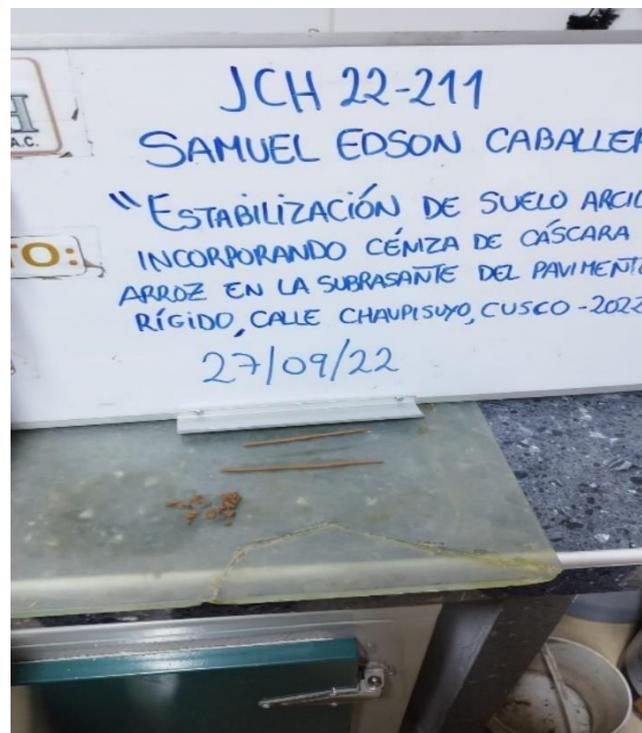


Figura N°18. Limite plástico

Fuente: Elaboración propia

Proctor modificado

Relación densidad seca – humedad de compactación del material que se han tamizado, tiene como procedimiento de presión para para poder encontrar la relación del contenido de agua y su peso unitario seco que es comprimido en un recipiente o molde de 4 pulgadas.

Suelo natural más porcentaje de ceniza de cascara de arroz

se trabajó con la muestra extraída de la calicata de la carretera de la calle Chaupisuyo, suelo natural + (0.5% de ceniza de cascara de arroz, 1% de ceniza de cascara de arroz, 1.5% de ceniza de cascara de arroz) realizando una mezcla homogénea.



Figura N°19. Combinación homogénea incorporando porcentaje de ceniza de cascara de arroz

Fuente: Elaboración propia

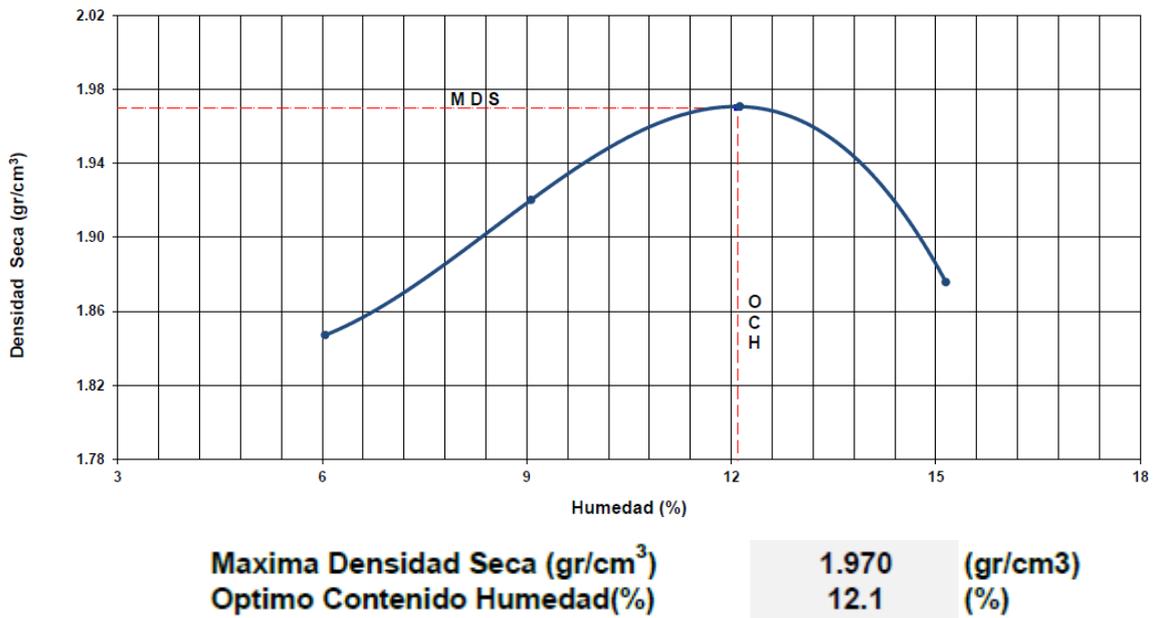
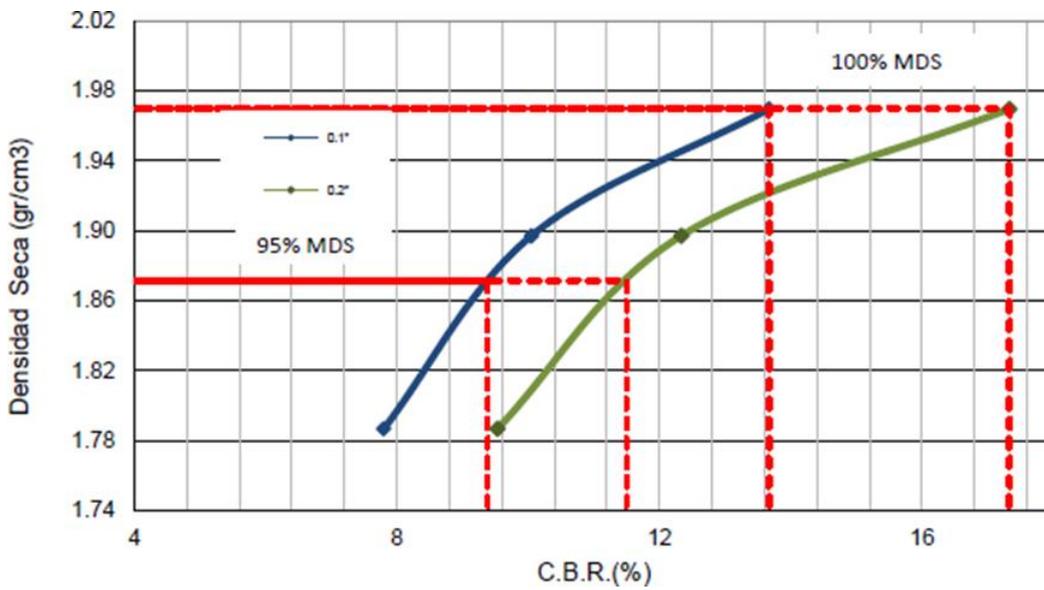


Figura N°20. CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD con 0.5% de ceniza de cascara de arroz

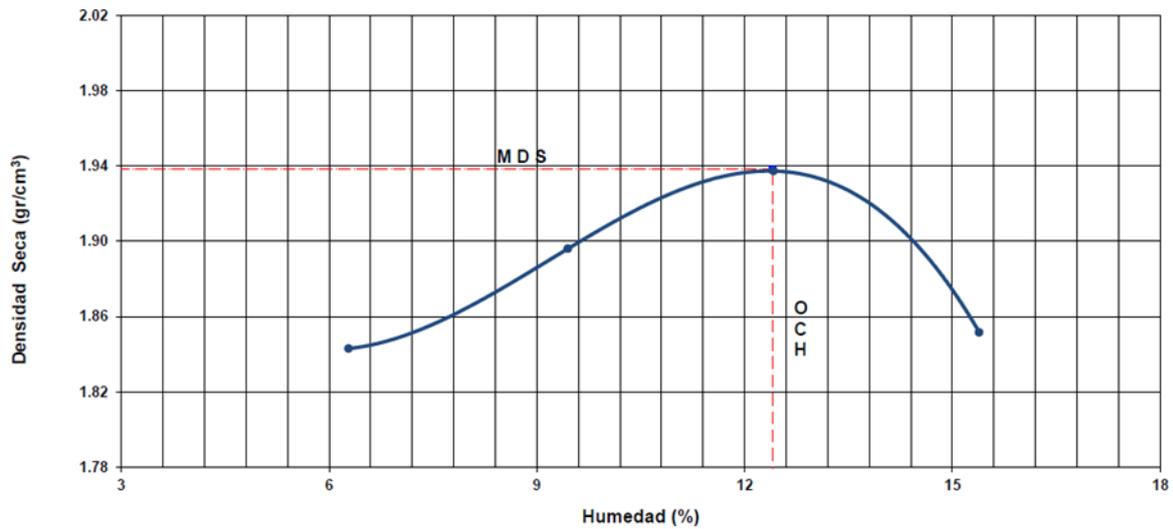
Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS:
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = **13.7**
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = **9.4**

Figura N°21. CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R. (0.5% ADITIVO)

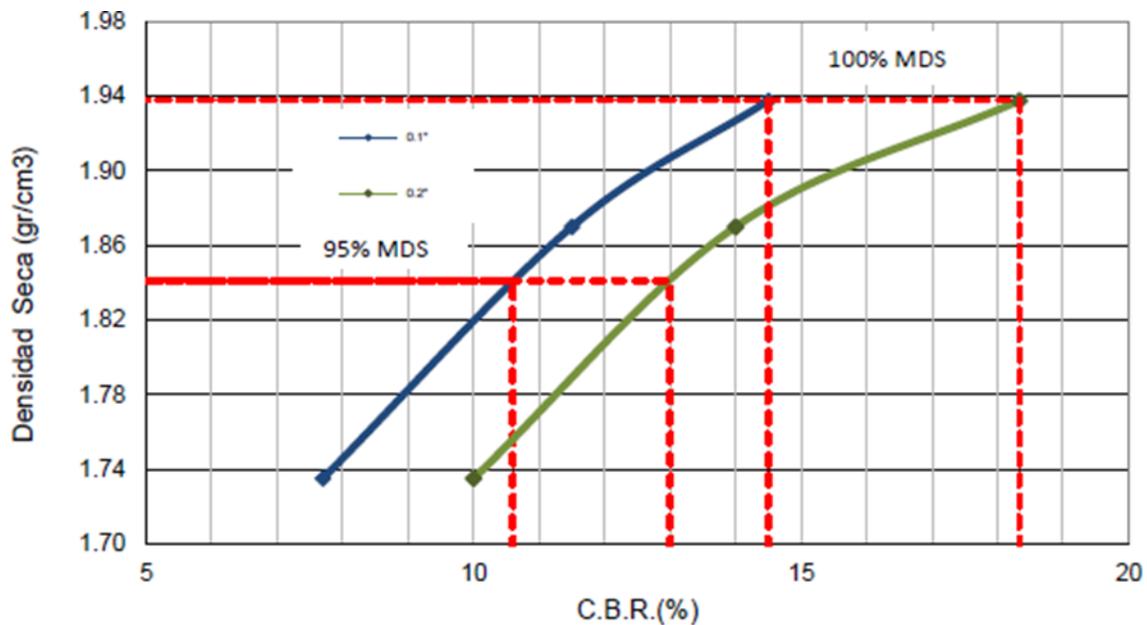
Fuente: Elaboración propia



Maxima Densidad Seca (gr/cm³)	1.938	(gr/cm³)
Óptimo Contenido Humedad(%)	12.4	(%)

Figura N°22. curva densidad seca vs. humedad (1.0% aditivo)

Fuente: Elaboración propia

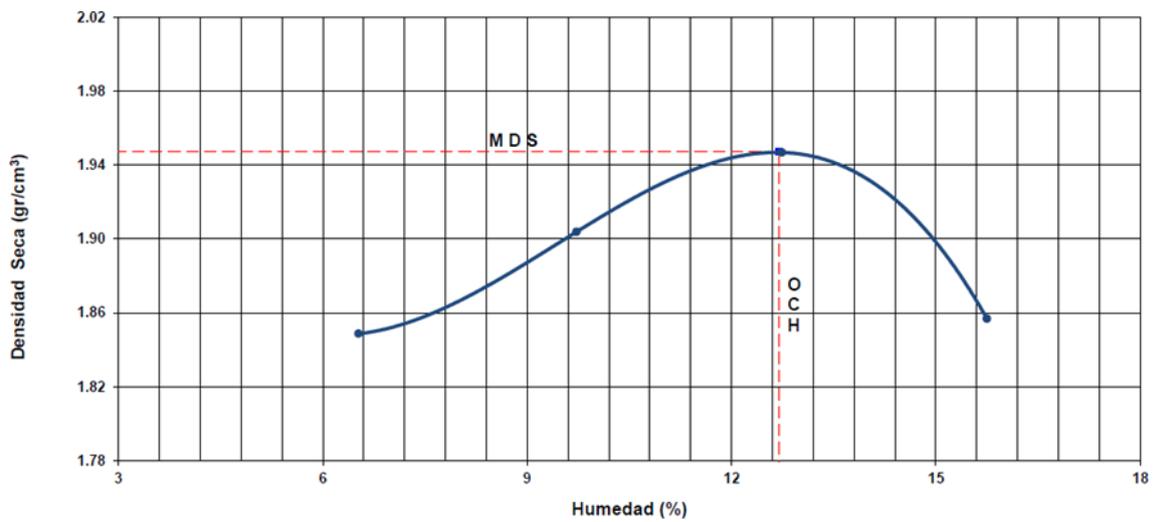


RESULTADOS:

C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1"	=	14.5
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1"	=	10.6

Figura N°23. curva: densidade seca vs. C.B.R. (1.0% aditivo)

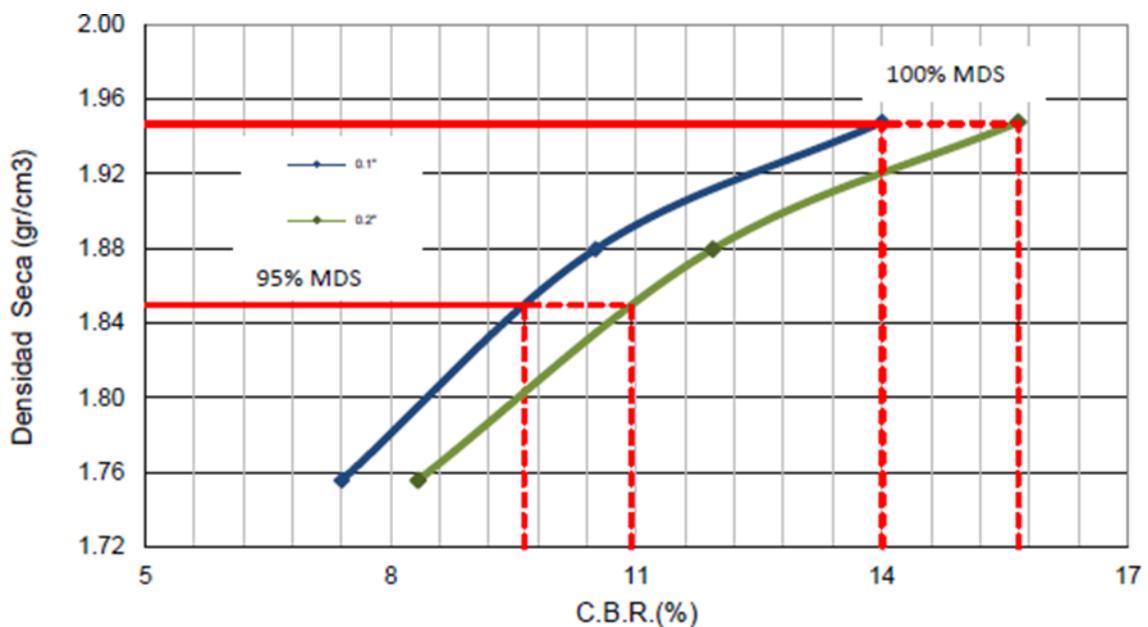
Fuente: Elaboración propia



Maxima Densidade Seca (gr/cm³)	1.947	(gr/cm³)
Optimo Contenido Humedad(%)	12.7	(%)

Figura Nº24. curva densidade seca vs. umidade (1.5% aditivo)

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS:

C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1"	=	14.0
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1"	=	9.6

Figura Nº25. curva: densidade seca vs. CBR (1.5% aditivo)

Fuente: Elaboración propia

4.1. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS TENIENDO EN CUENTA EL CBR DEL SUELO ESTABILIZADO.

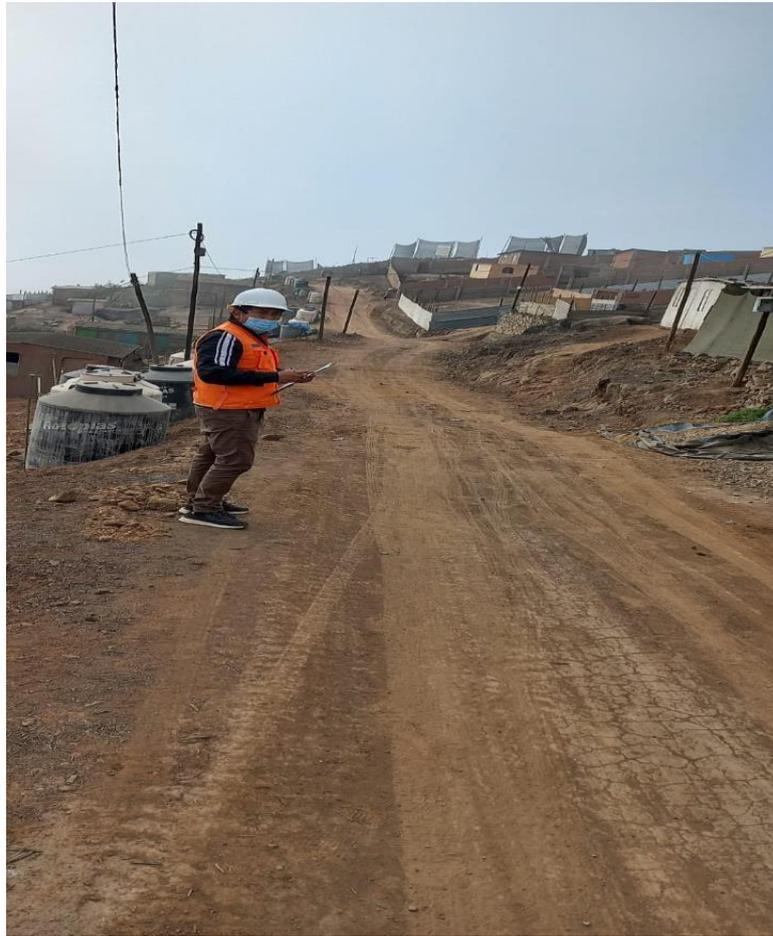


Figura N°26. conteo vehicular

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Estudio de la demanda del tráfico vehicular (IMDA)

Sentido	VEHICULOS LIGEROS				BUS		TOTAL	%
	Autos	Pick up	C. Rural	Micros	2E	3E		
E	57	8	19	15	6	0	105	62.9%
O	36	12	0	10	4	0	62	37.1%
TOTAL	93	20	19	25	10	0	167	
%	55.69%	11.98%	11.38%	14.97%	5.99%	0.00%	100.0%	
IMD	13.2857	2.8571429	2.7142857	3.57143	1.42857	0	23.8571	
K	1	1	1	1	1	1		
IMD	13.2857	2.8571429	2.7142857	3.57143	1.42857	0	23.8571	
IMD	60	34	65	45	70	0	274	

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Vehículo	VEHICULOS LIGEROS							
	Autos		Pick up		C. Rural		Micros	
	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.
CARGA	1	0.8	1.2	1.5	1.5	2	2	3
Lx (kips)	2.2059	1.7647	2.6471	3.3089	3.3089	4.4118	4.4118	6.6177
no	60	60	34	34	65	65	45	45
r%	0.045	0.045	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Gt	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079	-0.079
L2	1	1	1	1	1	1	1	1
B18	1	1	1	1	1	1	1	1
Bx	1	1	1	1	1	1	1	1
log(Wtx/Wt)	3.5704	3.8674	3.3117	2.9771	2.9771	2.5198	2.5198	1.8338
G = Wt/Wtx	0.0003	0.0001	0.0005	0.0011	0.0011	0.003	0.003	0.0147
G Y	31.371	31.371	29.778	29.778	26.870	26.870	26.870	26.870
ESAL	92.384	46.616	90.154	194.78	336.01	963.05	666.72	3235.4
PARCIAL	5,625.16217							
TOTAL	1,462,218.45185							

Figura N°27. cálculo de esal para pavimento rígido (método aashto)

Fuente: Elaboración propia

DATOS:

T=20años

Pt = 2 seviciabilidad final

Esp = 200mm

D = 0.5 factor de dirección ida y vuelta

L = 1 un carril en cada sentido=> W18 = 100%

FACTOR DE CRECIMIENTO:

$$Fec = - \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$G \cdot Y = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

$$\text{Log} \frac{W_{tx}}{W_{t18}} = 4.62 \text{ Log} (18+1) - 4.62 \text{ Log} (L_x + L_2) + 3.28 \text{ Log} (L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \text{Log} \frac{4.5 - Pt}{4.5 - 1.5}$$

$$\beta_x = 1 + \frac{3.63 (L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} (L_2)^{3.52}}$$

En Donde:
W_{tx} = # Aplicaciones de carga definida al final del tiempo t
W_{t18} = # Aplicaciones de carga equivalente al final del tiempo t

Figura N°28. formula del esal para pavimento rígido método aashto

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL ESAL PARA PAVIMENTO RIGIDO (METODO AASHTO)

1) PERIODO DE DISEÑO

T=	20	años
TIPO DE CARRETERA		PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito		30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito		20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito		15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito		10 - 20 años

Figura N°29. periodo de diseño

Fuente: Elaboración propia

2) ESPESOR DE PAVIMENTO

esp = 200 mm asumido

3) INDICES DE SERVICIABILIDAD

Pt =	2	serviciabilidad final	$\Delta PSI = P_o - P_t =$	2.5
INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL		
Po = 4.5 para pavimentos rígidos		Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes		
Po = 4.2 para pavimentos flexibles		Pt = 2.0 para caminos de tránsito menor		

Figura N°30. Índice de serviciabilidad

Fuente: Elaboración propia

4) FACTOR DE DISTRIBUCION POR DIRECCION

D =	0.5
Número de carriles en ambas direcciones	LD 10
2	0.50
4	0.45
6 o más	0.40

factor de dirección ida y vuelta

Figura N°31. Factor de distribución por dirección

Fuente: Elaboración propia

5) FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL

L =	1	un carril en cada sentido	=>	W18 =	100%
N° DE CARRIL EN CADA SENTIDO		PORCENTAJE DE W18 EN EL CARRIL DE DISEÑO			
1		100			
2		80 - 100			
3		60 - 80			
4 o más		50 - 75			

Figura N°32. Factor de distribución por carril

Fuente: Elaboración propia

6) CODIGO DE EJE CARGADO

L2 = tipo de eje en contacto con el pavimento	
L2 = 1	eje simple
L2 = 2	eje tándem
L2 = 3	eje trídem

Figura N°33. código de eje cargado

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACION DE LA CONFIABILIDAD Y DESVIACION ESTÁNDAR

1) CONFIABILIDAD

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80
	R = 95 %	

Figura N°34. CONFIABILIDAD

Fuente: Elaboración propia

2) DESVIACION ESTANDAR NORMAL

DESVIACION ESTANDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	(ZR)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29
98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29
ZR =	-1.645	

Figura N°35. Desviación estándar normal

Fuente: Elaboración propia

3) ERROR ESTANDAR COMBINADO So

TIPO	(So)
Pavimentos Rígidos	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.35
En Sobre Capas	0.40
So =	0.30

Figura N°36. Error estándar combinado So

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACION DEL MODULO DE REACCION EFECTIVO DE LA SUBRAZANTE

1) METODO EMPIRICO O MECANISTICO

DATOS DE LA SUBBASE:	CBR =	35.00	%
Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)			
MR = 2555 (CBR)^{0.64}			
MR =	24865.343	psi =	171.57 Mpa
Ecuación de Kentucky			
(regresión exponencial)			
MR = 1910 (CBR) ^{0.68}			
MR =	21428.888	psi =	47.86 Mpa
(regresión polinómica 2°)			
MR = -7.5 CBR ² + 800 CBR + 1820			
MR =	21332.5	psi =	147.19 Mpa
Solo para CBR < 55 %			
Mínimo: ME =		147.19	Mpa

Figura N°37. metodo empírico o mecanistico

Fuente: Elaboración propia

DATOS DEL SUELO DE FUNDACION				
estabilizada:	CBR =	10.60	%	
Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)				
MR = 2555 (CBR)^{0.64}				
MR =	11576.75	psi =	79.88	Mpa
Ecuación de After Van Til et al				
(regresión exponencial)				
MR = 5490 (CBR) ^{0.30}				
MR =	11147.157	psi =	76.92	Mpa
Mínimo:		MR =	76.92	Mpa

Figura N°38. Datos del suelo de fundación estabilizada

Fuente: Elaboración propia

En el monograma

1. Como dato preliminar, estimamos el espesor de la capa sub base
2. Obtenemos el módulo de elasticidad y el módulo de resiliencia del suelo del sub base y de la capa inferior, respectivamente.
3. Proyectamos con las flechas y obtenemos el módulo de reacción compuesto

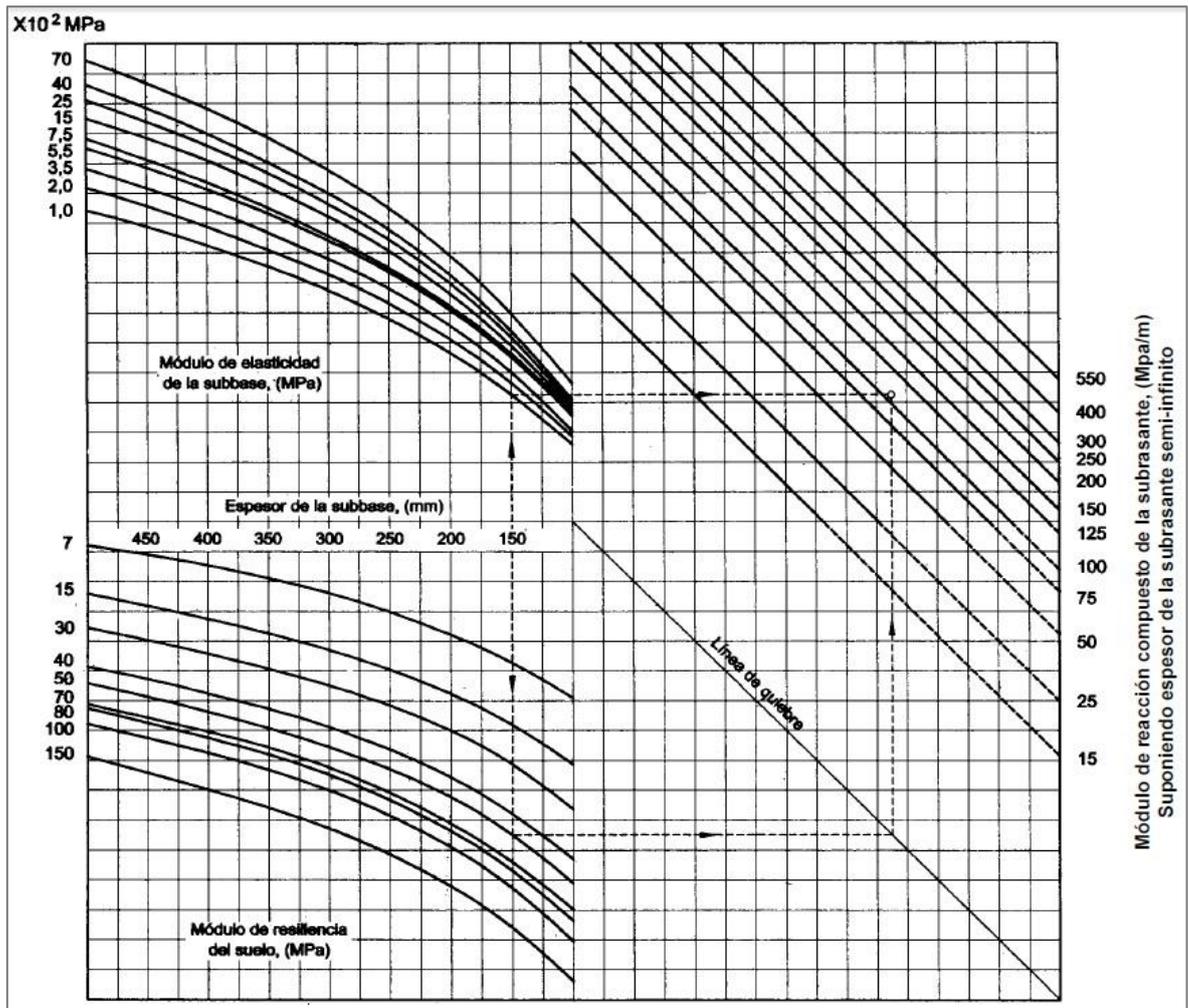


Figura N°39. Monogramas para determinar el módulo de respuesta del suelo complejo asumiendo una profundidad infinita

Fuente: Manual de ensayo de materiales (MTC) (2016)

MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRAZANTE (K) = 125 Mpa/m

2) METODO AASHTO

DATOS DE LASUB BASE:	CBR =	35.00 %	Espesor:	20.00 cm
Si CBR <= 10				
$K = 2.55 + 52.5 \text{ LOG (CBR)}$				
Si CBR > 10				
$K = 46 + 9.08 (\text{LOG (CBR)})^{4.34}$				
K = 105.83 Mpa/m				

Figura N°40. Datos de la sub base

Fuente: Elaboración propia

DATOS DEL SUELO DE FUNDACION:	CBR =	10.60 %
Si CBR <= 10		
$K = 2.55 + 52.5 \text{ LOG (CBR)}$		
Si CBR > 10		
$K = 46 + 9.08 (\text{LOG (CBR)})^{4.34}$		
K = 56.12 Mpa/m		
MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRAZANTE (K) =		66.94 Mpa/m

Figura N°41. Datos del suelo de fundación

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACION DE LA PERDIDA DE SERVICIABILIDAD

Pt = 2 seviciabilidad final	
INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL
Po = 4.5 para pavimentos rigidos	Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Po = 4.2 para pavimentos flexibles	Pt = 2.0 para caminos de transito menor
$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t =$	2.5

Figura N°42. Perdida de serviciabilidad

Fuente: Elaboración propia

CALIDAD DEL DRENAJE		TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA			
Exelente		2 horas			
Bueno		1 día			
Mediano		1 semana			
Malo		1 mes			
Muy malo		el agua no evacua			

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad proximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Exelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Cd = **1.10**

Figura N°43. DRENAJE

Fuente: Elaboración propia

Valores de coeficiente de transmisión de carga	Hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Con. Asfáltico		Con. Hidráulico	
	SI	NO	SI	NO
Tipo de Pavimento	SI	NO	SI	NO
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	---	2.3 - 2.9	---

J = **3.10**

Figura N°44. coeficiente de transmisión de carga

Fuente: Elaboración propia

MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Concreto f'c =210 kg/cm2

$$E_c = 57000 (f'c)^{0.5}$$

$$E_c = 3115169.605$$

$$\text{psi} = 21, 495 \text{ Mpa}$$

FORMULA DE MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO

Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$$S'c = 8 - 10 (f'c)^{0.5}$$

$$S'c = 546.5 \quad \text{psi} = 3.77 \text{Mpa}$$

Espesor por formula AASHTO

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{3.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10} \left[\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right]$$

Figura N°45. método de diseño AASHTO la fórmula

Fuente: Manual de ensayo de materiales (MTC) (2016)

En donde:	
W_{82}	= Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas ⁵ , a lo largo del período de diseño.
Z_r	= Desviación normal estándar
S_o	= Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
D	= Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
ΔPSI	= Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
P_t	= Índice de serviciabilidad o servicio final
M_r	= Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)
C_d	= Coeficiente de drenaje
J	= Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
E_c	= Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
k	= Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

Figura N°46. Para el método de diseño AASHTO la fórmula de diseño

Fuente: Manual de ensayo de materiales (MTC) (2016)

DATOS:

K =	66.94 Mpa/m	So =	0.3
Ec =	21495Mpa	R = 95 % =>	ZR = -1.645
S'c = Mr =	3.77Mpa	Pt =	2
J =	3.10	Δ PSI =	2.5
Cd =	1.10	W80 =	1.462×10^6
		D =	tanteo mm
		D =	180.00 mm

RESOLVIENDO:

1er miembro	=Segundo miembro
6.17=	-0.4935+6.607613229+0.059061767+0.131650581
6.17=	6.19

DETERMINACION DEL ESPESOR DE PAVIMENTO POR EL ABACO AASHTO

DATOS:

K =66.94Mpa/m	So =0.3	
Ec =21495Mpa	R =95 % =>	ZR =-1.645
S'c =Mr=3.77Mpa	Δ PSI =2.5	
J =3.10	W80 =1.46x 10 ^ 6	
Cd =1.10	D = 180.00mm	

Nomograma AASHTO

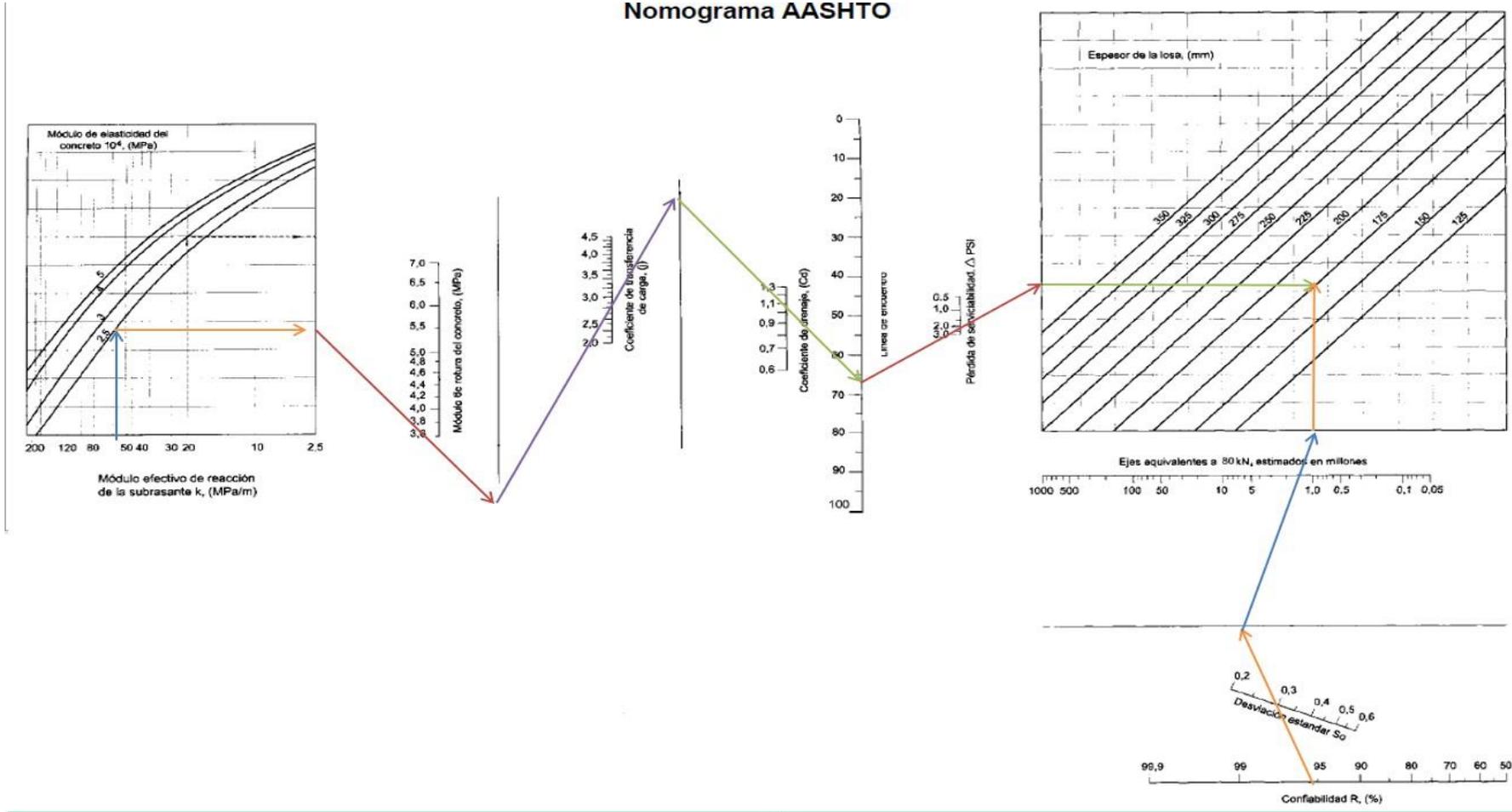


Figura N°47. Abaco AASHTO

Fuente: Manual de ensayo de materiales (MTC) (2016)

Resultados:

Asumimos **e= 20.0cm**

Espesor de losa de pavimento **e= 18.0cm**

Espesor de la subbase **e= 20.0cm**

Espesor sub rasante **e= 25.0cm**

Estimar la influencia en el aspecto económico al estabilizar la subrasante con cenizas de cascara de arroz

Tabla 2: **Costos por metro cúbico de material estabilizante**

MATERIAL	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO POR M3	COSTO PARCIAL POR M3	COSTO TOTAL
AFIRMADO PARA LA SUBRASANTE	M3	1500	29.45	44,175	44,175
SUELO + CENIZA DE CASCARA DE ARROZ	M3	1500	8	12,000	12,000

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Comparando los costos de un afirmado con un material diferente para la subrasante con el costo del que esta estabilizado con la ceniza de cascara de arroz podemos observar que se obtiene un ahorro por tanto favorece en el aspecto económica

V. DISCUSIÓN

1. En la investigación de Carrasco menciona que en los ensayos que realizo con el Proctor modificado el suelo natural que obtuvo tiene un óptimo contenido de humedad de 8.6% y una máxima densidad seca de 1.60g/cm³ y añadiendo 45% de ceniza de caña de azúcar tiene un cambio de el contenido de humedad de 8.7%, y su máximo densidad seca 1.65 g/cm³ teniendo como un pequeño incremento en el óptimo contenido de humedad y una disminución del máximo densidad seco, observando que al incrementar la ceniza de caña de azúcar no se puede obtener resultados considerables, pero a comparación con nuestro investigación al mezclar la ceniza de cascara de arroz con un porcentaje de 0.5%, 1.0% y 1.5% que son pequeñas cantidades se puede observar un cambio favorable
2. Los resultados adquiridos tienen una relación con el resultado de (Alvarado y Guerra, 2018) que explica al incorporar la ceniza de cascara de arroz en un suelo arcilloso con un bajo CBR, tienen buenos beneficios para poder proceder e influye en la estabilización de la subrasante. Los resultados de antecedente tienen una similitud en el desarrollo del proyecto que hemos realizado, donde podemos tener una credibilidad para poder exponer nuestros resultados, para tener un sustento en nuestra hipótesis que hemos desarrollado, que es la incorporación de la ceniza de cascara de arroz a nuestra subrasante que influye en la calle Chaupisuyo Cusco.
3. Según Díaz et al (2018), obtuvieron un CBR de 6,40 % al estabilizar la arcilla con ceniza de cascarilla de arroz. teniendo como espesor 25.00 CM, teniendo en cuenta el MTC por un periodo estimado de 10 años con tráfico normal teniendo una similitud con la tesis realizado aplicando con un CBR de 10.6% teniendo como espesor de 25.00 cm para un diseño de 20 años

4. Estabilizando con la ceniza de cascara de arroz podemos tener un ahorro considerable para la elaboración del proyecto en La calle de Chaupisuyo con un costo por m³ de 8 soles obteniendo un ahorro considerable para futuras construcciones de acuerdo el diseño proyectado, a comparación de otro tipos de estabilización que tienen un costo elevado como, Según Nelfa,2021 hace mención que al estabilizar la subrasante con cal tiene un costo de 29.45 soles para un diseño de pavimento, teniendo como referencia para futuras estabilizaciones usando la ceniza de cascara de arroz.

VI. CONCLUSIONES

1. podemos reutilizar la ceniza de cascara de arroz como materia prima para poder estabilizar el suelo arcilloso porque nos brinda una solución alternativa y que está sustentado mediante laboratorios, y obteniendo una aplicación que se utilizara para mejorar la subrasante.
2. Socialmente con el proceso de la investigación podemos obtener beneficios para la sociedad como aportes, con el uso de la ceniza de cascara de arroz, con el cual tenemos una mejora en la resistencia de la subrasante para que puedan transitar libremente los vehículos en la población de Pucyura- cusco.
3. En nuestra investigación se trabajó con 3 porcentajes de ceniza de cascara de arroz (0.5%, 1.00%, 1.5%) obteniendo un buen resultado el 1% de ceniza de cascara de arroz, obteniendo un 10.6% de CBR cumpliendo para una construcción de pavimentación, y un óptimo contenido de humedad de 12.4%
4. En la investigación se tiene como bajo costo para la elaboración de la estabilización ya que en Quillabamba cusco hay sembríos de arroz, donde la cascara es desechada o incinerando por medio de combustible dañando al medio ambiente, por ellos el costo de la cascara de arroz no es muy elevado, ya que el único gasto a cubrir es el del transporte para el lugar de la construcción.

VII. RECOMENDACIONES

Es muy recomendado hacer estudios con la ceniza de cascara de arroz para distintos tipos de suelo, ya que logro ser un buen material como estabilizador para una tierra arcillosa, pudiendo mejorar el suelo de fundación (subrasante).

Se recomienda hacer estudios de investigación con la combinación de la ceniza de cascara de arroz con diferentes tipos de materiales que sirvan como estabilizantes naturales como se podría recomendar la ceniza de carbón en otros tipos de suelos, como el arenoso para su mejora.

Se recomienda usar un porcentaje de 1% de ceniza de cascara de arroz para tener una mejora de CBR del suelo arcilloso y obtener un CBR que sea apto para su uso para las vías.

Se recomienda incinerar la cascara de arroz en un horno controlando la temperatura para reducir la contaminación ambiental para luego tener el resultado y así poder realizar la mezcla con la tierra arcillosa.

REFERENCIAS

- AKASAKI, J, MORAES, M, SILVA, C, FIORITI, C, & TASHIMA, M. (2016). Evaluación del concepto de madurez en el hormigón con adición de cenizas de cascarilla de arroz. *Revista ingeniería de construcción*, 31(3), 175-182. Recuperado de [|://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000300003](https://doi.org/10.4067/S0718-50732016000300003)
- ANJANI Yadav, KUMAR Gaurav, ROOP Kishor & S.K. Suman (2017) 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* 10 (2017) 254–261. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.02.001>
- APARNA, Roy (2014) “Soil Stabilization using Rice Husk Ash and Cement”. *International Journal of Civil Engineering Research*. . ISSN 2278-3652 Volume 5, Number (1) 49-54 © Research India Publications Recuperado de <http://www.ripublication.com/ijcer.htm>
- BAGHINI, M., ISMAIL, A., ASGHAR, M., FENDERESKI G. & SADEGHI, M. (2018) Measuring the effects of styrene butadiene copolymer latex-Portland cement additives on properties of stabilized soil-aggregate base. *International Journal of Pavement Research and Technology* 11 (2018) 458– 469 Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.02.001>
- BEHNOOD, Ali (2018) Soil and clay stabilization with calcium- and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques *Transportation Geotechnics* 17(12), 14-32 Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2018.08.002>
- BENSOUA, Mohamed, MISSOUM, Hanifi, & BENDANI, Karim. (2018). Liquefaction potential sand-silt mixtures under static loading. *Revista de la construcción*, 17(2), 196-208. Recuperado de

<https://dx.doi.org/10.7764/rdlc.17.2.196>

- BRAJA M. DAS. (2015) Fundamentos de ingeniería geotecnia. Cuarta edición. México: Cengage Learning Editores. 636 pp.
ISBN: 978-607-519-372-4

- BRYAN, ILLIDGE (2017) Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento Tesis de grado (Programa de Ingeniería Civil). Universidad De la Salle, Bogotá D.C. Colombia Disponible <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/21721?show=full>

- CAAMAÑO, Iván (2017) Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente. Tesis (Programa de ingeniería civil). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C, Colombia Disponible en:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15770/Caama%C3%B1oMurillolv%C3%A1nAlberto2016.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- CASTILLO, Byron (2018) Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras. Tesis (Máster en Ingeniería en Vialidad y Transportes). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/handle/123456789/26917>

- CASTRO, Axel. (2017) Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante. Tesis (ingeniero civil). Universidad nacional de Ingeniería, Lima, Perú
Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10054>

- CHICAIZA, Edison y OÑA-OÑA, francisco (2018) Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz. Tesis (Ingeniero Civil). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19624>

- CHENG, Qiangqiang, YAO, Kai, & LIU, Yong (2018) Stress-dependent behavior of marine clay admixed with fly-ash-blended cement. Singapur: International Journal of Pavement Research and Technology 11 (2018) 611–616 Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2018.01.004>

- CLAVERÍA, P., TRIANA, D. & VARON, Y. (2018) Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante. Tesis (Ingeniero Civil) Ibagué, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Disponible en: <http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/6314>

- DÍAZ, Fernando (2018) Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv. San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018.
Tesis (Ingeniero Civil) Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25951>

- ECHEZURÍA, H. (2019). El suelo estabilizado, una opción constructiva ecológica de uso ancestral. Tekhné, 22 (1). Recuperado de <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/article/view/4067>

- FABRE, Viviana, BIZZOTTO, Marcela, & TIRNER, Jirina C. (2010). Comportamiento Resistente de Suelos Orgánicos Estabilizados con Tanino. *Información tecnológica*, 21(2), 103-112
Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000200013>

- GARCÍA, Jorge. (2017). Resistencia mecánica de suelos de la Mesa de Guanipa, Estado de Anzoátegui, Venezuela. *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(1), 26-32. Recuperado de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/726>

- GARCÍA, J., RUÍZ, M., CASTILLO, N., & RANGEL, L. (2018). Propiedades de suelos arenosos de la Mesa de Guanipa bajo manejos convencionales. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8 (4), 28. Recuperado de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1030>

- HALLER, P., et al. (2015). Efecto del estrés hidráulico y mecánico sobre la resistencia y resiliencia funcional del sistema poroso de un Ñadi (Aquands) bajo distintos usos de suelo. *Agro sur*, 43(2), 41-52. doi:10.4206/agrosur.2015.v43n2-06

- JEREZ, D., GOMEZ, O. & MURILLO, C. (2018) Stabilization of Colombian lateritic soil with a hydrophobic compound (organosilane). *International Journal of Pavement Research and Technology* Volume 11, Issue 6, November 2018, Pages 639-646
Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2018.06.001>

- JOSHAGHANI, Alireza y AMIN, Mohammad (2017) Evaluating the effects of sugar cane bagasse ash (SCBA) and nanosilica on the mechanical and durability properties of mortar. *Construction and Building Materials*, 152 (10),818-831
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.041>

- KAO, Jimmy, SUNG, Wen-Pen, CHEN, Ran (Eds.) (2015) Green Building, Materials and civil Engineering. London UK, Taylor & Francis Group LLC. 2015 ISBN: 978-1-138-02669-8

- LI, Lin, CETIN, Bora & YANG, Xiaoming (Eds.) (2018) Proceedings of GeoShangs 2018 International Conference: Ground Improvement and Geosynthetics, Singapore, Springer Nature Singapore Pte. Ltd. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0122-3_4 ISBN: 978-981-13-0121-6

- LLAMOGA, Luz. (2017) Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016. Tesis (ingeniero civil). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte, Disponible en <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11195/Llamoga%20V%C3%A1squez%2C%20Luz%20Yanet1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- LÓPEZ-BRAVO, Elvis, & TIJSKENS, Engelbert, & GONZÁLEZ-CUETO, Omar, & HERRERA-SUÁREZ, Miguel, & LORENZO-ROJAS, José Dasiell, & RAMON, Herman (2019). Simulation of Clay Soil De-Compaction Using Discrete Element Method. La Habana, Cuba: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 28(2), [fecha de Consulta 7 de octubre de 2019]. ISSN: 1010-2760. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93259288001>

- MALDONADO, Roy y SARRIN, Diego. (2018) 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. Tesis (Ingeniero Civil) Chimbote, Perú: Universidad Cesar Vallejo Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30966>

- MANZANAL, Diego y SFRISO Alejo (Edt.) (2015) Fundamentals to Applications in Geotechnics: Proceedings of the 15th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 15–18 November 2015, Buenos Aires, Argentina: IOS Press
Doit: 10.3233/978-1-61499-603-3-3

- MATTEY, P., ROBAYO, R., DÍAZ, J., DELVASTO, S., & MONZÓ, J. (2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales (application of rice husk ash obtained from agro-industrial process for the manufacture of nonstructural concrete blocks). Revista Latinoamericana De Metalurgia Y Materiales, 2015, 35(2). Recuperado de <https://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/652>

- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). Manual de ensayo de materiales. Dirección general de caminos y ferrocarriles, Lima, Perú: MTC. pp. 1269. Recuperado de: [http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2018-2016-MTC-14%20\(Manual%20Ensayo%20Materiales\).pdf](http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2018-2016-MTC-14%20(Manual%20Ensayo%20Materiales).pdf)

- MURGUL, Vera & POPOVIC, Zdenka (Eds) (2018) International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing 692, Springer International Publishing AG 2018, Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_112
ISBN 978-3-3-19-70986-4

- NELSON, John, CHAO, Kuo, OVERTON, Daniel & NELSON, Erik (2015) Foundation Engineering for Expansive Soils, USA: John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-1-118-41799-7
- ÑAUPAS, Humberto (2014). Metodología de la investigación]. Bogotá, Colombia: Express estudio gráfico y digital S.A., 2014. 536 pp. ISBN: 978-958-762-188-4
- OJEDA, O., BALTAZAR, M., & MENDOZA, J. (2018). Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. Revista ALCONPAT, 8(2), 194-208. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>
- OLINIC, Tatiana y OLINIC, Ernest. (2016). The effect of Quicklime Stabilization on Soil Properties. Agriculture and Agricultural Science Procedia 10 444 – 451. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.09.013 Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.013>
- PÉREZ, Villy (2017) Influencia de la mezcla del cemento portland y la ceniza de cáscara de arroz para mejorar la sub rasante de la carretera puerto los Ángeles - Playa Hermosa, provincia de Moyobamba - San Martín – 2017. Tesis (Ingeniero Civil) Moyobamba, Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/19212>
- ROJAS, Eduardo. (2018). Un modelo general para suelos no saturados totalmente acopla. Digital Ciencia@uaqro, 11(2), 11-23. Recuperado de <http://ciencia.uaq.mx/index.php/ojs/article/view/6>
- SÁNCHEZ Y CAMPAGNOLI. (2016) Pavimentos Asfálticos de Carreteras – Guía práctica para los estudios y diseños. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 2016 Pp. 516. ISBN: 978-958-872-625-0
- SÁNCHEZ-MOLINA, Deisy, VARGAS-PORRAS, Mayra, ORTEGA-TORO, Rodrigo, & PIÑEROS-CASTRO, Yineth. (2018). Extracción y encapsulación

de compuestos fenólicos provenientes de cascarilla de arroz. Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas, 47(3), 410-423. <https://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n3.77373>

- SANDOVAL-VALLEJO, Eimar, & RIVERA-MENA, William. (2019). Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfiada. Colombia: Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 29(1), 135-151. Disponible en <https://dx.doi.org/10.18359/rcin.3478>

ANEXOS

ANEXO1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSO EN LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA CALLE CHAUPISUYO - CUSCO 2022						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Métodos
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				Enfoque: cuantitativa
¿De manera mejorara las propiedades de los suelos arcillosos la incorporación de la ceniza de cascara de arroz en la sub rasante de la calle chaupisuyo – cusco 2022?	Determinar como el uso de la cascara de arroz estabiliza los suelos arcillosos en la sub rasante de la calle chaupisuyo – cusco 2022.	La estabilización de los suelos arcillosos con cenizas de cascara de arroz mejoran las propiedades para la sub rasante de la calle chaupisuyo – cusco 2021.	Variable independiente: ceniza de cascara de arroz	Diseño de mezcla: Suelo – ceniza de cascara de arroz	Porcentaje óptimo de ceniza de arroz 0.5%,1% y 1.5% Óptimo contenido de humedad Densidad seca	Tipo de investigación: Aplicada
Problema específico	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
¿De qué forma se puede mejorar la capacidad de soporte de la subrasante del pavimento rígido de la calle chaupisuyo – cusco 2022?	Determinar de qué manera mejora la capacidad de soporte de los suelos arcillosos con cenizas de cascara de arroz para la sub rasante del pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022.	La incorporación de ceniza de cascara de arroz contribuye a mejorar el límite de plasticidad de los suelos arcillosos para la sub rasante de la calle chaupisuyo – cusco 2021.	Variable dependiente: estabilización de suelo arcilloso	Límite de consistencia	Análisis granulométrico Índice de plasticidad	Tipo: Aplicada Diseño de investigación: Experimental Población de estudio: Calle chaupisuyo – cusco Muestra: Calle chaupisuyo km 0+000 a km 1+000 Muestreo: No probabilístico Técnica observación directa
¿De qué manera se podría realizar un adecuado diseño de pavimento rígido considerando el CBR estabilizado para la subrasante del pavimento rígido de La calle chaupisuyo – cusco 2022?	Determinar el diseño del pavimento considerando el CBR del suelo estabilizado con ceniza de cascara de arroz para la sub rasante del pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022.	A partir de la estabilización de suelo con Ceniza de cascara de arroz mejorara la capacidad de soporte incrementando el CBR y optimizando el diseño del pavimento.		Máxima densidad seca	Peso específico Densidad húmeda Densidad seca	
¿Cuánto influye en el aspecto económico estabilizar la subrasante con ceniza de cascara de arroz en la calle chaupisuyo – cusco 2022?	Estimar la influencia en el aspecto económico al estabilizar la subrasante con ceniza de cascara de arroz para el pavimento rígido en la calle chaupisuyo – cusco 2022.	La influencia en el aspecto económico por la estabilización de la subrasante con ceniza de cascara de arroz de calle chaupisuyo – cusco 2022.		Aspecto económico	Límite líquido Límite plástico Índice de plasticidad	

Tabla 3: Ubicación de zona de investigación

Región:	Cusco
Provincia:	Anta
Distrito:	Pucyura
Calle:	Chaupisuyo
Altitud	3379 m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia

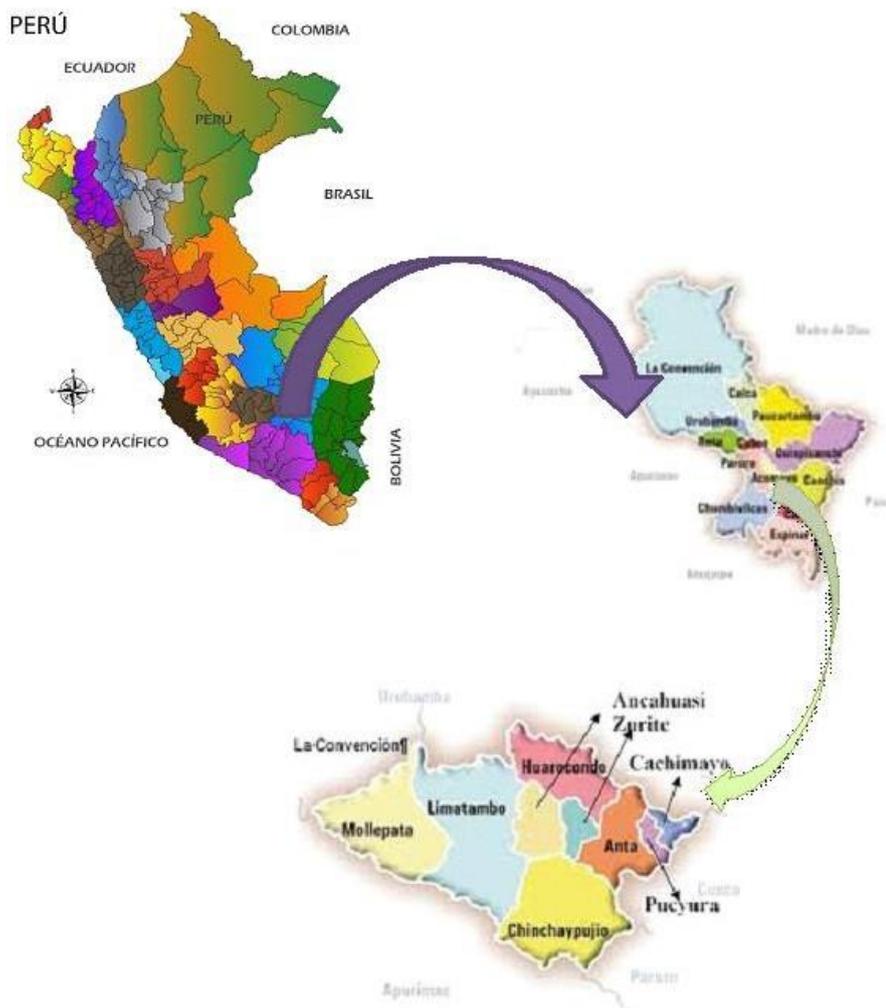


Figura N°48. Mapa de ubicación

Fuente: Elaboración propia

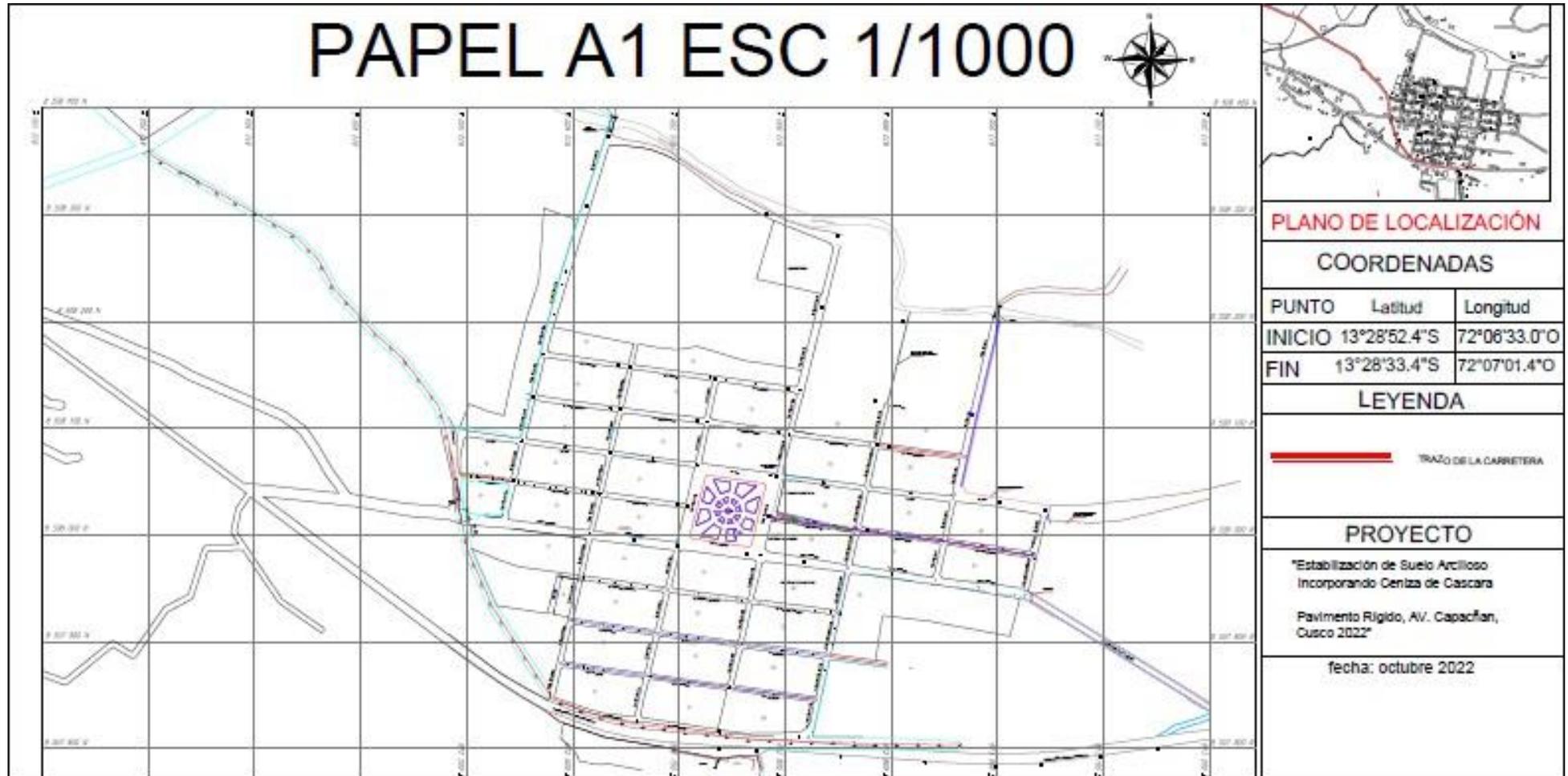


Figura N°49. Plano de ubicación

Fuente: Elaboración propia



Figura N°50. Cascara de arroz

Fuente: Elaboración propia



Figura N°51. Incineración por medio de horno

Fuente: Elaboración propia



Figura N°52. Temperatura promedio de 250 °C

Fuente: Elaboración propia



Figura N°53. Ceniza de cascara de arroz

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE ENSAYO EN LABORATORIO DE SUELO

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

INFORME N° : JCH 22-211
SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022
UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO

Datos de la Muestra:
Cantera : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1
Prof. (m) : -
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 21/09/2022
Fecha de Ejecución : 22/09/2022
Fecha de Emisión : 1/10/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

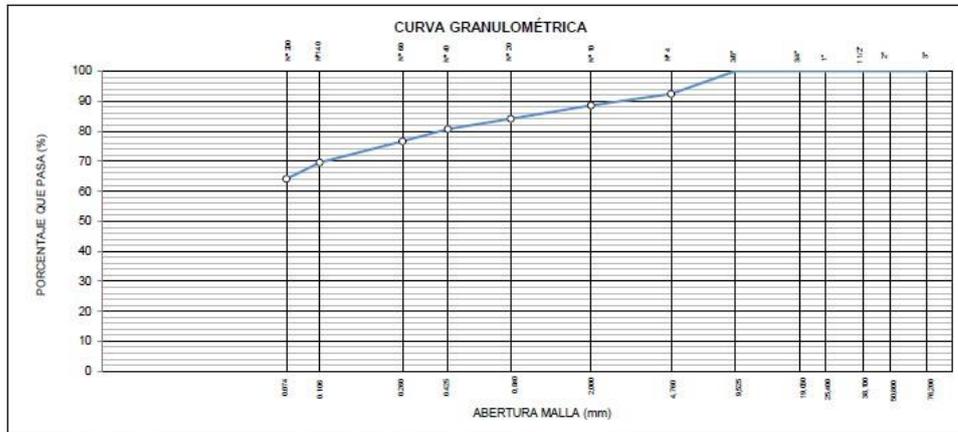
Peso Global (seco) (g) 736.2

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)	
3"	76.20	--	--	100.0	% Grava [N° 4 < f < 3"] 7.6
2"	50.80	--	--	100.0	% Arena [N° 200 < f < N° 4] 28.3
1 1/2"	38.10	--	--	100.0	% Finos [< N° 200] 64.1
1"	25.40	--	--	100.0	
3/4"	19.05	--	--	100.0	
3/8"	9.525	--	--	100.0	
N° 4	4.760	55.6	7.6	92.4	
N° 10	2.000	28.6	3.9	88.6	
N° 20	0.840	32.3	4.4	84.2	
N° 40	0.425	25.5	3.5	80.7	
N° 60	0.260	30.0	4.1	76.8	
N° 140	0.106	52.2	7.1	69.5	
N° 200	0.074	40.0	5.4	64.1	
-200		472.0	64.1	0.0	

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	31.7
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	18.2
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	13.5

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	10.3

CLASIFICACION	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	CL
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-8(7)
Descripción de la muestra :	ARCILLA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-001
 - Hor-001
 - Equipo de Casagrande
 - Bal-002


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 S.M. LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 22-211
SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACION DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022
UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera	: -		
Calicata	: C-1		
Muestra	: M-1		
Prof. (m)	: -	Fecha de Recepción	: 21/09/22
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 22/09/22
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 01/10/22

Recipiente N°		1	2
Peso de suelo humedo + tara	g	660.0	720.0
Peso de suelo seco + tara	g	606.1	660.3
Peso de tara	g	84.0	82.2
Peso de agua	g	53.9	59.7
Peso de suelo seco	g	522.1	578.1
Contenido de agua	%	10.3	10.3
Contenido de Humedad (%)		10.3	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. JCH

Equipos Usados
 Bal-001
 Hor-001


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




AVIR FRANCISCO LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

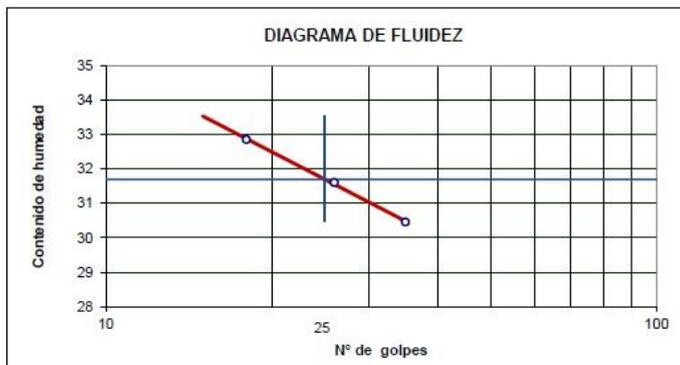
INFORME N° : JCH 22-211
SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022
UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1
Prof. (m) : -
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 21/09/22
Fecha de Ejecución : 22/09/22
Fecha de Emisión : 01/10/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	35	26	18		
PESO DE LA LATA (gr)	26.14	25.43	24.11	25.62	28.41
PESO LATA + SUELO HUMEDO (g)	39.16	38.88	37.94	34.30	36.00
PESO LATA + SUELO SECO (g)	36.12	35.65	34.52	32.97	34.83
PESO AGUA (g)	3.04	3.23	3.42	1.33	1.17
PESO SUELO SECO (g)	9.98	10.22	10.41	7.35	6.42
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30.5	31.6	32.9	18.1	18.2



LÍMITE LÍQUIDO (%)	31.7
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18.2
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	13.5

Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-002
 - Hor-001
 - Vidrio esmerilado
 - Equipo de Casagrande


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




FRANCISCO LOZA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia #2236 S.J.L. Correo
cotizaciones1@labjch.com Telf. 976331894 - 012966381

	FORMULARIO	Código : D-19
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 22-211
 SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022

Fecha de Recepción : 21/09/22
 Fecha de Ejecución : 23/09/22

UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO

FECHA : SETIEMBRE DEL 2022

Calicata : C-1 Cota : -
 Muestra : NATURAL + 0.5% ADITIVO Via : -
 Prof.(m) : -
 Clasificación SUCS : CL
 Clasificación AASHTO : A-6(7)

Peso específico : -
 Metodo : A

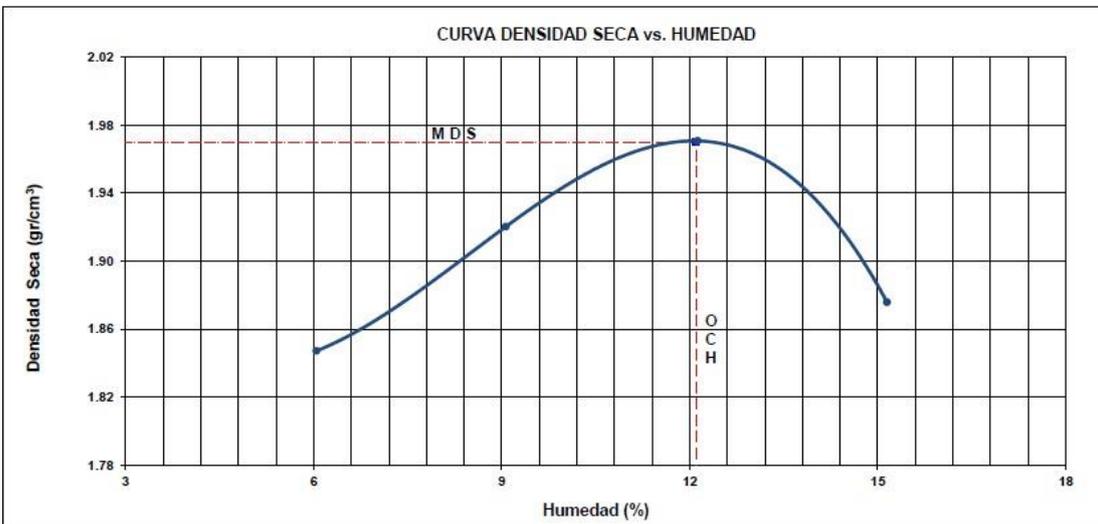
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6032	6160	6269	6222
Peso del Molde (gr)	4181	4181	4181	4181
Peso suelo compacto (gr)	1851	1979	2088	2041
Volumen del Molde (cm3)	945.0	945.0	945.0	945.0
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.959	2.094	2.210	2.160
Densidad seca (gr/cm3)	1.847	1.920	1.971	1.876

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	524.6	423.3	522.3	480.9
Tara + suelo seco (gr)	499.0	393.3	472.5	428.0
Peso del agua (gr)	25.6	30.0	49.8	52.9
Peso de tara (gr)	75.4	62.3	61.8	78.8
Peso suelo seco (gr)	423.6	331.0	410.7	349.2
Contenido de humedad(%)	6.0	9.1	12.1	15.1

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.970 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 12.1 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Tec. J.Ch

Equipos usados	Codigo
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-002


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




AVIR FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 - 016935014

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

Nº INFORME : JCH 22-211
 SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022

Fecha de Recepción : 21/09/22
 Fecha de Ejecución : 23/09/22

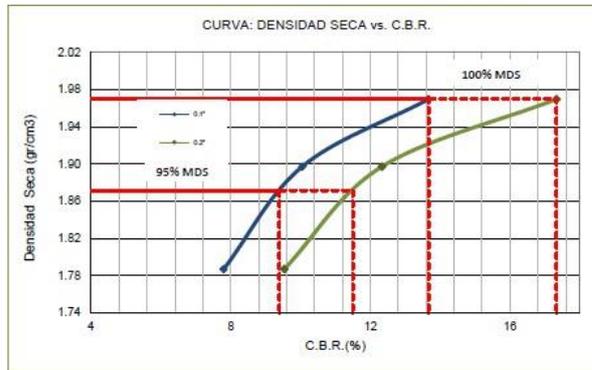
UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO

FECHA : SETIEMBRE DEL 2022

Calicata : C-1
 Muestra : NATURAL + 0.5% ADITIVO
 Prof.(m) : -

Cota : -
 Via : -
 Coordenadas : -

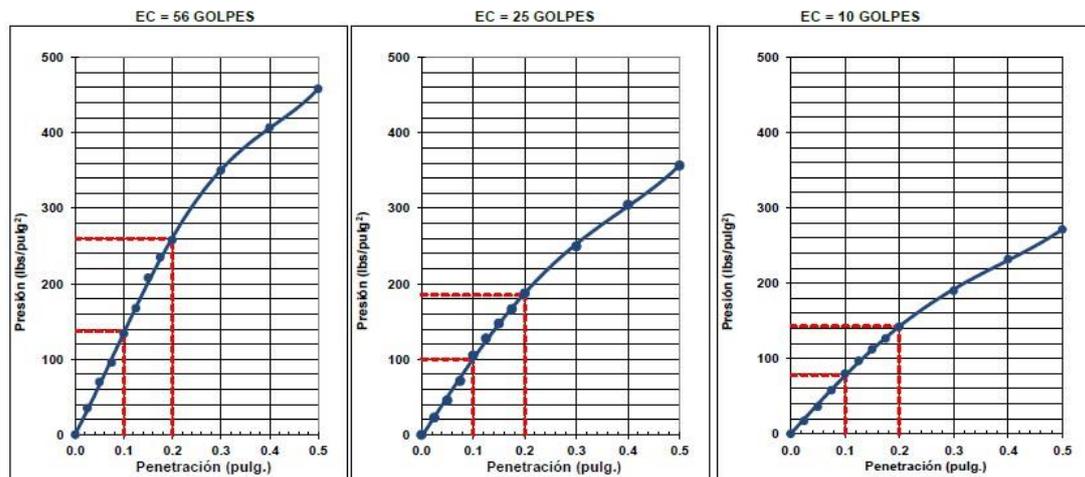
Clasificación SUCS : CL
 Clasificación AASHTO : A-6(7)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.970
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.1
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.872

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	13.7	0.2"	17.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	9.4	0.2"	11.5

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 13.7
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 9.4
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 17.3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 11.5

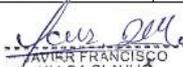


Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-003
Homo	HOR-002
Prensa CBR	SPE-002


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




AVIR FRANCISCO LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Peru
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 - 016935014

	FORMULARIO	Código : D-19
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

Nº INFORME : JCH 22-211
 SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO - 2022

Fecha de Recepción : 21/09/22
 Fecha de Ejecución : 23/09/22

UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO

FECHA : SETIEMBRE DEL 2022

Calicata : C-1 Cota : -
 Muestra : NATURAL + 1.0% ADITIVO Via : -
 Prof.(m) : -
 Clasificación SUCS : CL
 Clasificación AASHTO : A-6(7)

Peso específico : -
 Metodo : A

Coordenadas : -

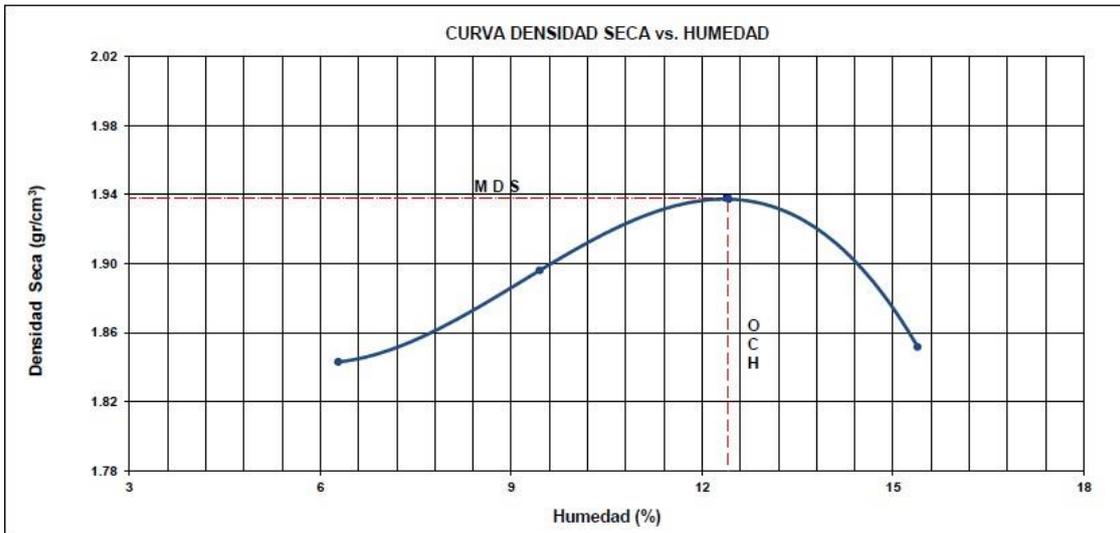
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6032	6142	6239	6200
Peso del Molde (gr)	4181	4181	4181	4181
Peso suelo compacto (gr)	1851	1961	2058	2019
Volumen del Molde (cm ³)	945.0	945.0	945.0	945.0
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.959	2.075	2.178	2.137
Densidad seca (gr/cm ³)	1.843	1.896	1.937	1.852

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	560.3	596.4	586.6	574.1
Tara + suelo seco (gr)	531.6	550.0	528.8	506.3
Peso del agua (gr)	28.7	46.4	57.8	67.8
Peso de tara (gr)	74.7	58.9	63.3	65.7
Peso suelo seco (gr)	456.9	491.1	465.5	440.6
Contenido de humedad(%)	6.3	9.4	12.4	15.4

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.938 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 12.4 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Tec. J.Ch

Equipos usados	Codigo
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-002


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 S.H. LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 - 016935014



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 3 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 22-211
 SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022

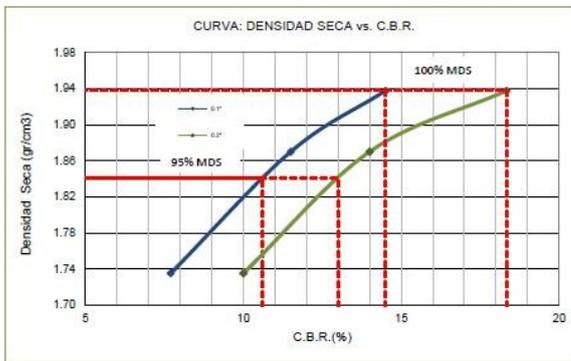
Fecha de Recepción : 21/09/22
 Fecha de Ejecución : 23/09/22

UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO
 FECHA : SETIEMBRE DEL 2022

Calicata : C-1
 Muestra : NATURAL + 1.0% ADITIVO
 Prof.(m) : -

Cota : -
 Via : -
 Coorder : -

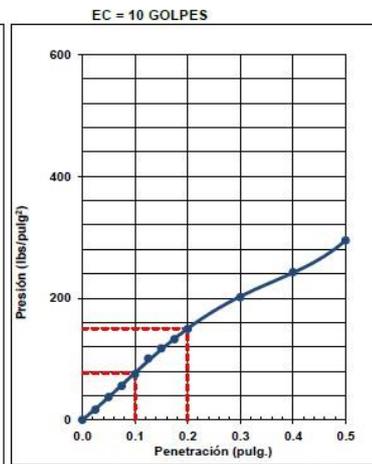
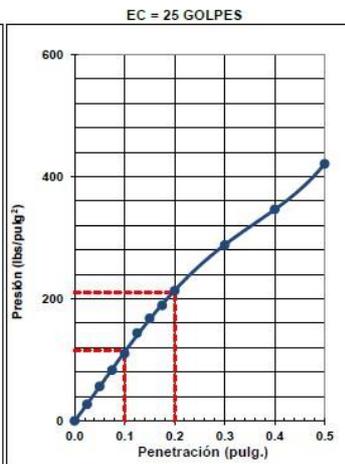
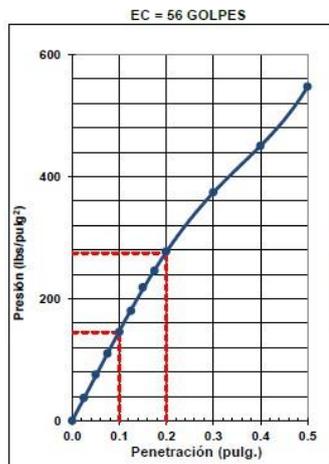
Clasificación SUCS : CL
 Clasificación AASHTO : A-6(7)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.938
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.4
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.841

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	14.5	0.2"	18.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	10.6	0.2"	13.0

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 14.5
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 10.6
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 18.3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 13.0



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-003
Homo	HOR-002
Prensa CBR	SPE-002

Chavez
Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Javier Francisco
JAVIER FRANCISCO
 IN LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 - 016935014

	FORMULARIO	Código : D-19
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 22-211
 SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022

Fecha de Recepción : 21/09/22
 Fecha de Ejecución : 23/09/22

UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO

FECHA : SETIEMBRE DEL 2022

Calicata : C-1 Cota : -
 Muestra : NATURAL + 1.5% ADITIVO Via : -
 Prof.(m) : -

Clasificación SUCS : CL
 Clasificación AASHTO : A-6(7)

Peso específico : -
 Metodo : A

Coordenadas : -

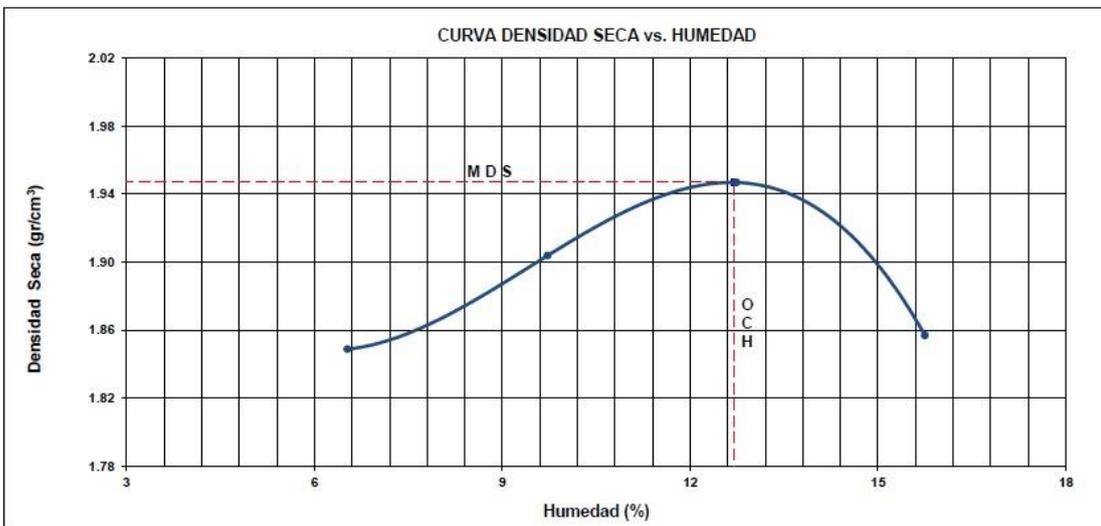
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6042	6155	6255	6212
Peso del Molde (gr)	4181	4181	4181	4181
Peso suelo compacto (gr)	1861	1974	2074	2031
Volumen del Molde (cm ³)	945.0	945.0	945.0	945.0
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.969	2.089	2.195	2.149
Densidad seca (gr/cm ³)	1.849	1.904	1.947	1.857

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	555.5	611.7	596.8	623.3
Tara + suelo seco (gr)	525.0	563.1	536.0	549.2
Peso del agua (gr)	30.5	48.6	60.8	74.1
Peso de tara (gr)	57.7	63.3	58.8	78.7
Peso suelo seco (gr)	467.3	499.8	477.2	470.5
Contenido de humedad(%)	6.5	9.7	12.7	15.7

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.947 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 12.7 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Tec. J.Ch

Equipos usados	Codigo
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-003
Homo	HOR-002


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 - 016935014



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 22-211
 SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022

Fecha de Recepción : 21/09/22
 Fecha de Ejecución : 23/09/22

UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO
 FECHA : SETIEMBRE DEL 2022

Calicata : C-1 Cota : -
 Muestra : NATURAL + 1.5% ADITIVO Via : -
 Prof.(m) : -
 Clasificación SUCS : CL
 Clasificación AASHTO : A-6(7)

MDS (gr/cm3) : 1.947
 OCH (%) : 12.7

COMPACTACIÓN

N° molde N° de golpes por c	I 56		II 25		III 10	
	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Condición de la muestra						
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	13015	13115	12236	12436	12100	12400
Peso del Molde (gr)	8358	8358	7696	7696	7880	7880
Peso suelo compacto (gr)	4657	4757	4540	4740	4220	4520
Volumen del suelo (cm3)	2121	2187	2144	2228	2134	2235
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.195	2.176	2.118	2.128	1.977	2.022
Densidad seca (gr/cm3)	1.948	1.880	1.880	1.789	1.756	1.653

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	723.3	674.4	685.5	689.9	706.0	656.6
Tara + suelo seco (gr)	660.1	604.9	628.0	604.6	645.5	566.5
Peso del agua (gr)	63.2	69.5	57.5	85.3	60.5	90.1
Peso de tara (gr)	162.6	163.3	174.5	154.7	165.9	162.2
Peso suelo seco (gr)	497.5	441.6	453.5	449.9	479.6	404.3
Contenido de humedad(%)	12.7	15.7	12.7	19.0	12.6	22.3

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/09/2022	0	8:06:00 a. m.	10	0.00	0.00	10	0.00	0.00	10	0.00	0.00
24/09/2022	24	8:07:00 a. m.	232	2.22	1.91	265	2.55	2.18	310	3.00	2.56
25/09/2022	48	8:05:00 a. m.	310	3.00	2.58	406	3.96	3.39	500	4.90	4.19
26/09/2022	72	8:08:00 a. m.	360	3.50	3.01	459	4.49	3.84	568	5.48	4.68
27/09/2022	96	8:04:00 a. m.	367	3.57	3.07	469	4.59	3.93	565	5.55	4.74

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE CARGA Lb/pulg2	I		MOLDE CARGA Lb/pulg2	II		MOLDE CARGA Lb/pulg2	III	
			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb	CBR (%)		Lb	CBR (%)		Lb	CBR (%)
0.000		0			0			0		
0.025		42.6			38.2			26.7		
0.050		76.4			58.7			41.1		
0.075		106.5			85.2			59.6		
0.100	1000	138.1	140.0	14.0	102.8	105.0	10.5	72.0	74.0	7.4
0.125		163.0			123.4			86.4		
0.150		187.1			143.9			100.8		
0.175		206.3			164.5			115.1		
0.200	1500	235.0	235.0	15.7	182.1	179.0	11.9	127.5	125.0	8.3
0.300		305.5			235.0			164.5		
0.400		380.4			293.7			205.6		
0.500		446.8			343.7			240.6		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Sé aplico una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.

Realizado por Tec. J.Ch

Jean Chavez R
Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-003
Homo	HOR-002
Prensa CBR	SPE-002

Francisco
FRANCISCO
 LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 - 016935014

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

Nº INFORME : JCH 22-211
 SOLICITANTE : SAMUEL EDSON CABALLERO DURAN
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO INCORPORANDO CÉNZIDAS DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO RÍGIDO, CALLE CHAUPISUYO, CUSCO- 2022

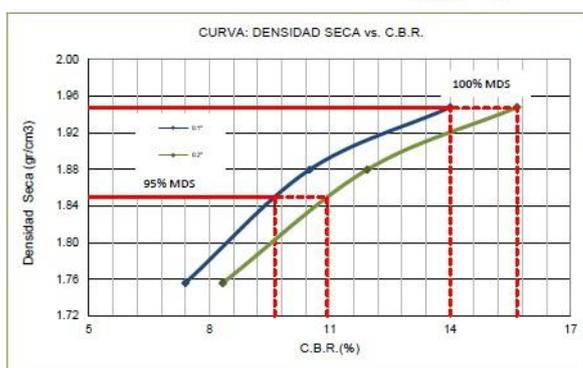
Fecha de Recepción : 21/09/22
 Fecha de Ejecución : 23/09/22

UBICACIÓN : CALLE CHAUPISUYO - CUSCO
 FECHA : SETIEMBRE DEL 2022

Calicata : C-1
 Muestra : NATURAL + 1.5% ADITIVO
 Prof.(m) : -

Cota : -
 Via : -
 Coord. : -

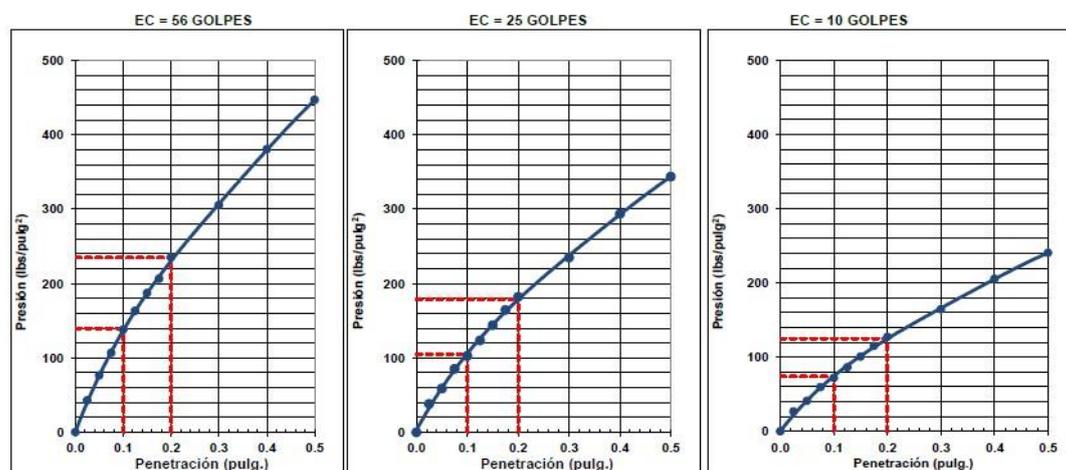
Clasificación SUCS : CL
 Clasificación AASHTO : A-6(7)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.947
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.7
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.850

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	14.0	0.2"	15.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	9.6	0.2"	10.9

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 14.0
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 9.6
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 15.7
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 10.9

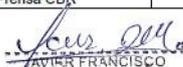


Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-002
Prensa CBR	SPE-002


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 S. LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 - 016935014

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE BALANZA-001 (2022)

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE BALANZA-001 (2022)



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-344-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 091-2022
Fecha de Emisión : 2022-05-23

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO.
2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE
LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : TAJ4001

Número de Serie : 8338110064

Alcance de Indicación : 4 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BAL-001

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-05-21

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06 F05 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-344-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	21,0	21,2
Humedad Relativa	63,8	64,8

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 4 000,0 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 3 998,8 g para una carga de 4 000,0 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 21,2			Final 21,0		
	Carga L1= 2 000,00 g			Carga L2= 4 000,00 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,1	0,05	0,10
2	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,09	-0,04
3	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,0	0,06	-0,01
4	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,08	-0,03
5	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
6	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,09	-0,04
7	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,0	0,06	-0,01
8	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,08	-0,03
9	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
10	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,09	-0,04
Diferencia Máxima	0,04			0,14		
Error máximo permitido ±	0,3 g			± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



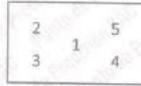
Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-344-2022

Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _s				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E _o (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1,00	1,0	0,09	-0,04	1 300,00	1 299,9	0,04	-0,09	-0,05
2		0,9	0,05	-0,10		1 299,8	0,03	-0,08	0,02
3		0,9	0,08	-0,13		1 300,0	0,06	-0,03	0,10
4		0,9	0,06	-0,11		1 300,0	0,05	0,00	0,11
5		1,0	0,09	-0,04		1 299,9	0,03	-0,08	-0,04
6		1,0	0,09	-0,04		1 299,9	0,03	-0,08	-0,04

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1,00	1,0	0,09	-0,04						
5,00	5,0	0,05	0,00	0,04	4,9	0,04	-0,09	-0,05	0,1
50,00	49,9	0,04	-0,09	-0,05	49,9	0,03	-0,08	-0,04	0,1
100,00	99,9	0,03	-0,08	-0,04	99,9	0,04	-0,09	-0,05	0,1
500,00	499,9	0,04	-0,09	-0,05	500,0	0,08	-0,03	0,01	0,1
700,00	699,9	0,03	-0,08	-0,04	700,0	0,05	0,00	0,04	0,2
1 000,00	999,9	0,04	-0,09	-0,05	1 000,0	0,09	-0,04	0,00	0,2
1 500,00	1 499,9	0,03	-0,08	-0,04	1 500,0	0,06	-0,01	0,03	0,2
2 000,00	2 000,0	0,09	-0,04	0,00	2 000,0	0,08	-0,03	0,01	0,2
3 000,00	3 000,1	0,05	0,10	0,14	2 999,9	0,04	-0,09	-0,05	0,3
4 000,00	4 000,1	0,07	0,08	0,12	4 000,1	0,07	0,08	0,12	0,3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 1,63 \times 10^{-7} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{6,43 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,85 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza AL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE BALANZA-002 (2022)



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-332-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 091-2022
Fecha de Emisión : 2022-05-18

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO.
2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE
LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : SE402F

Número de Serie : B145294230

Alcance de Indicación : 400 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,01 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : BAL-002

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-05-16

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración
LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-332-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	22,9	23,1
Humedad Relativa	66,3	67,2

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 400,00 g. Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 399,90 g para una carga de 400,00 g. El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO". Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp. (°C)	Inicial	Final
	22,9	23,1

Medición N°	Carga L1= 200,000 g			Carga L2= 400,001 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	200,00	0,008	-0,003	400,01	0,007	0,007
2	200,01	0,007	0,008	400,00	0,006	-0,002
3	200,00	0,006	-0,001	400,00	0,008	-0,004
4	200,00	0,008	-0,003	400,00	0,009	-0,005
5	199,99	0,009	-0,014	400,01	0,007	0,007
6	200,01	0,007	0,008	400,00	0,006	-0,002
7	200,01	0,006	0,009	400,00	0,007	-0,003
8	200,01	0,008	0,007	400,00	0,006	-0,002
9	200,01	0,009	0,006	400,00	0,008	-0,004
10	200,01	0,007	0,008	400,00	0,009	-0,005
Diferencia Máxima	0,023			0,012		
Error máximo permitido ±	0,3 g			± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-332-2022

Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	0,100	0,10	0,007	-0,002	130,000	130,01	0,006	0,009	0,011
2		0,10	0,009	-0,004		129,99	0,008	-0,013	-0,009
3		0,10	0,007	-0,002		130,01	0,009	0,006	0,006
4		0,10	0,008	-0,003		129,99	0,007	-0,012	-0,009
5		0,10	0,009	-0,004		129,99	0,006	-0,011	-0,007

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0,100	0,10	0,008	-0,003						
0,200	0,20	0,009	-0,004	-0,001	0,20	0,008	-0,003	0,000	0,1
2,000	2,00	0,007	-0,002	0,001	2,00	0,006	-0,001	0,002	0,1
10,000	10,00	0,006	-0,001	0,002	10,00	0,008	-0,003	0,000	0,1
50,000	50,00	0,008	-0,003	0,000	50,00	0,009	-0,004	-0,001	0,1
70,000	70,00	0,009	-0,004	-0,001	70,00	0,007	-0,002	0,001	0,2
100,000	100,00	0,007	-0,002	0,001	100,00	0,006	-0,001	0,002	0,2
150,000	150,00	0,006	-0,001	0,002	150,01	0,008	0,007	0,010	0,2
200,000	200,00	0,008	-0,003	0,000	200,00	0,009	-0,004	-0,001	0,2
300,001	300,01	0,009	0,005	0,008	300,00	0,007	-0,003	0,000	0,3
400,001	400,01	0,007	0,007	0,010	400,01	0,007	0,007	0,010	0,3

e.m.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 1,77 \times 10^{-8} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{7,87 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 2,91 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R Lectura de la balanza ΔL Carga Incrementada E Error encontrado E₀ Error en cero E_c Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE BALANZA-003 (2022)



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-331-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 091-2022
Fecha de Emisión : 2022-05-18

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO.
2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE
LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : OHAUS

Modelo : R31P30

Número de Serie : 8338210058

Alcance de Indicación : 30 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 1 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BAL-003

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-05-16

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

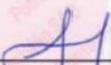
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-331-2022

Página 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	23,0	23,1
Humedad Relativa	64,4	64,4

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30 000 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 984 g para una carga de 30 000 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15 000,0 g	Temp. (°C)		Carga L2= 30 000,0 g		
		Inicial	Final		I (g)	E (g)
		23,1	23,0		ΔL (g)	ΔL (g)
1	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,6	-0,1
2	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,8	-0,3
3	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,9	-0,4
4	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,8	-0,3
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,7	-0,2
6	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,9	-0,4
7	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,8	-0,3
8	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,9	-0,4
9	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
10	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,7	-0,2
Diferencia Máxima		0,3				0,3
Error máximo permitido ±		2 g		±		3 g



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-331-2022

Página: 3 de 3

2	1	5
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	23,0	23,0

Posición de la Carga	Determinación de E _a				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E _o (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	10,0	10	0,8	-0,3	10 000,0	10 000	0,9	-0,4	-0,1
2		10	0,9	-0,4		10 000	0,6	-0,1	0,3
3		10	0,7	-0,2		10 000	0,7	-0,2	0,0
4		10	0,6	-0,1		10 001	0,6	0,9	1,0
5		10	0,8	-0,3		10 000	0,8	-0,3	0,0

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	23,0	23,0

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
10,0	10	0,7	-0,2						
50,0	50	0,6	-0,1	0,1	50	0,8	-0,3	-0,1	1
500,0	500	0,9	-0,4	-0,2	500	0,7	-0,2	0,0	1
2 000,0	2 000	0,7	-0,2	0,0	2 000	0,6	-0,1	0,1	1
5 000,0	5 000	0,8	-0,3	-0,1	5 000	0,8	-0,3	-0,1	1
7 000,0	7 000	0,9	-0,4	-0,2	7 000	0,9	-0,4	-0,2	2
10 000,0	10 000	0,8	-0,3	-0,1	10 000	0,8	-0,3	-0,1	2
15 000,0	15 000	0,7	-0,2	0,0	15 000	0,7	-0,2	0,0	2
20 000,0	20 000	0,9	-0,4	-0,2	19 999	0,8	-1,1	-0,9	2
25 000,0	25 000	0,8	-0,3	-0,1	24 999	0,8	-1,3	-1,1	3
30 000,0	30 000	0,9	-0,4	-0,2	30 000	0,9	-0,4	-0,2	3

e.m.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 9,78 \times 10^{-6} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{2,62 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 1,49 \times 10^{-8} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE BALANZA-004 (2022)



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-333-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 091-2022
Fecha de Emisión : 2022-05-18

1. **Solicitante** : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO.
2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE
LURIGANCHO - LIMA

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca : OHAUS
Modelo : PX224/E
Número de Serie : B823960516
Alcance de Indicación : 220 g
División de Escala de Verificación (e) : 1 mg
División de Escala Real (d) : 0,1 mg
Procedencia : CHINA
Identificación : BAL-004
Tipo : ELECTRÓNICA
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2022-05-16

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-333-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	23,0	23,0
Humedad Relativa	66,3	66,3

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud E2)	LM-C-180-2021

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 220,0000 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 219,9994 g para una carga de 220,0000 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud I, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 110,00004 g	Temp. (°C)		Carga L2= 220,00003 g	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
		Inicial	Final				
		23,0	23,0				
1	109,9999	0,0	-0,1	220,0000	0,0	0,0	
2	110,0001	0,0	0,1	220,0000	0,0	0,0	
3	110,0002	0,0	0,2	220,0001	0,0	0,1	
4	110,0002	0,0	0,2	220,0000	0,0	0,0	
5	110,0002	0,0	0,2	220,0000	0,0	0,0	
6	110,0001	0,0	0,1	220,0001	0,0	0,1	
7	110,0001	0,0	0,1	220,0002	0,0	0,2	
8	110,0002	0,0	0,2	219,9999	0,0	-0,1	
9	110,0001	0,0	0,1	219,9998	0,0	-0,2	
10	110,0002	0,0	0,2	219,9999	0,0	-0,1	
Diferencia Máxima		0,3				0,4	
Error máximo permitido ±		2 mg		±		3 mg	



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-333-2022

Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _c				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (mg)	E _o (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)
1	0,00500	0,0050	0,0	0,0	70,00006	69,9999	0,0	-0,2	-0,2
2		0,0050	0,0	0,0		69,9998	0,0	-0,3	-0,3
3		0,0050	0,0	0,0		69,9996	0,0	-0,5	-0,5
4		0,0050	0,0	0,0		69,9998	0,0	-0,3	-0,3
5		0,0050	0,0	0,0		69,9994	0,0	-0,7	-0,7

Temp. (°C) Inicial: 23,0 Final: 23,0

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 2 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	
0,00500	0,0050	0,0	0,0	0,0					
0,01000	0,0100	0,0	0,0	0,0	0,0100	0,0	0,0	0,0	1
0,50001	0,5000	0,0	0,0	0,0	0,5000	0,0	0,0	0,0	1
2,00002	2,0000	0,0	0,0	0,0	2,0000	0,0	0,0	0,0	1
5,00003	4,9999	0,0	-0,1	-0,1	4,9999	0,0	-0,1	-0,1	1
20,00002	20,0000	0,0	0,0	0,0	20,0001	0,0	0,1	0,1	1
50,00004	49,9998	0,0	-0,2	-0,2	49,9999	0,0	-0,1	-0,1	1
100,00002	100,0002	0,0	0,2	0,2	100,0003	0,0	0,3	0,3	2
150,00006	149,9998	0,0	-0,3	-0,3	149,9997	0,0	-0,4	-0,4	2
200,00001	200,0001	0,0	0,1	0,1	200,0003	0,0	0,3	0,3	2
220,00003	219,9999	0,0	-0,1	-0,1	219,9999	0,0	-0,1	-0,1	3

Temp. (°C) Inicial: 23,0 Final: 23,0

e.m.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 6,24 \times 10^{-7} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{1,83 \times 10^{-2} \text{ mg}^2 + 3,05 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R: en mg

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE MUFLA (2022)



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 260 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : 091-2022
Fecha de emisión : 2022-05-17

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : MUFLA

Indicación : DIGITAL
Alcance de Indicación : 0 °C a 1200 °C
Resolución : 1 °C
Marca de Equipo : WITEG
Modelo de Equipo : F-03
Serie del Equipo : 1000788160C001
Código de Identificación : HOR-003

Marca de Indicador : SARUP
Modelo de Indicador : 1.S.3

Punto de Precisión S.A.C. utiliza en sus verificaciones y calibraciones patrones con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
16 - MAYO - 2022

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC - 017 del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	FLUKE	CT - 010 - 2022	INACAL - DM

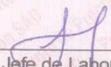
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,7	22,4
Humedad %	64	66

7. Resultados de la Medición

Los resultados de las mediciones se muestran en la página siguiente, tiempo de estabilización de la Mufla no menor a 30 minutos. La Incertidumbre a sido determinada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95 %.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 260 - 2022

Página : 2 de 2

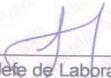
Resultados de la Medición

INDICACIÓN DEL EQUIPO	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
402	416,1	13,9	2,2
605	617,6	12,4	2,0
802	808,2	6,7	2,0

LA TEMPERATURA CONVENCIONAL VERDADERA (TCV) RESULTA DE LA RELACIÓN
TCV = INDICACIÓN DEL EQUIPO + CORRECCIÓN

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE PRENSA CBR (2022)



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 384 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : 091-2022
Fecha de emisión : 2022-05-26

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : SOILTEST
Modelo de Prensa : NO INDICA
Serie de Prensa : 1383
Código de Identificación : SPE-002

Marca de Celda : KELI
Modelo de Celda : A-FED
Serie de Celda : 5X70860
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : OHAUS
Modelo de Indicador : T32XW
Serie de Indicador : B719098045

3. Lugar y fecha de Calibración
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
25 - MAYO - 2022

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001- 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19.8	19.8
Humedad %	63	63

7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 384 - 2022

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	500,50	500,00	-0,10	0,00	500,25	-0,05	0,10
1000	1005,00	1005,50	-0,50	-0,55	1005,25	-0,52	-0,05
1500	1507,50	1507,50	-0,50	-0,50	1507,50	-0,50	0,00
2000	2010,50	2010,00	-0,53	-0,50	2010,25	-0,51	0,03
2500	2513,00	2513,50	-0,52	-0,54	2513,25	-0,53	-0,02
3000	3015,50	3015,50	-0,52	-0,52	3015,50	-0,51	0,00
3500	3519,00	3519,00	-0,54	-0,54	3519,00	-0,54	0,00
4000	4022,50	4022,00	-0,56	-0,55	4022,25	-0,55	0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9941x + 1,7136$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

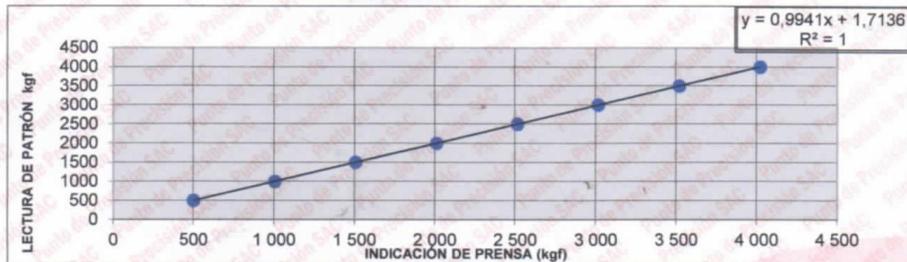
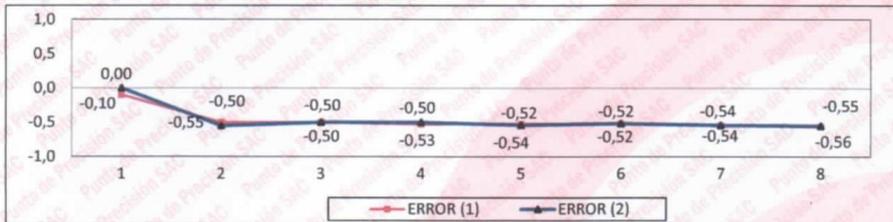


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PACCHA RUFAS TO CESAR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de Suelo Arcilloso Incorporando Ceniza de Cascara de Arroz en la Subrasante del Pavimento Rígido, Calle Chaupisuyo, Cusco 2022", cuyo autor es CABALLERO DURAN SAMUEL EDSON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 11 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CESAR AUGUSTO PACCHA RUFAS TO DNI: 42569813 ORCID: 0000-0003-2085-3046	Firmado electrónicamente por: CPACCHAR el 11-12- 2022 16:45:33

Código documento Trilce: TRI - 0483296