



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Efecto de ceniza de carbón y cloruro de sodio en la estabilización
de carretera no pavimentada, Sartimbamba**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Chacon Espejo, Nilver (ORCID: 0000-0002-7382-6714)

ASESOR:

Dr. Gutierrez Vargas, Leopoldo Marcos (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi madre que fue el modelo de disciplina, a mi padre por su apoyo constante. Espero corresponder todas sus expectativas y anhelos.

AGREDECIMIENTO

Primeramente, agradecer a mis padres por permitirme el ingreso al negocio familiar, el cual me permitió encontrar un tema de investigación que fue de mucho agrado, y que resulto fundamental para la constante realización de mi proyecto de investigación. También quiero seguidamente agradecerles por el apoyo moral y económico que me dieron, para poder alcanzar un objetivo muy importante para mí.

Dr. Gutierrez Vargas, Leopoldo Marcos, mi agradecimiento sincero por su paciencia al momento de corregir y por sus importantes consejos que me encaminaron a la mejora continua de mi proyecto de tesis.

Finalmente agradecer a los lectores por llegar hasta este apartado y más de mi proyecto de tesis, permitiendo que mis experiencias, investigaciones y conocimientos incurran dentro de su lista indeleble de información mental.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras y gráficos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I.INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo de diseño de investigación.....	15
3.2. Variable y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos	18
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos	24
IV.RESULTADOS	25
4.1. Estudio de suelos	25
4.2. Estabilización apoyada de ensayos en laboratorio.....	27
4.3. Prueba de hipótesis	32
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: características de suelos según Índices de plasticidad	13
Tabla N° 02: indicadores de ceniza de algarrobo.....	16
Tabla N° 03: dosificación de cloruro de sodio	16
Tabla N° 04: resistencia a la compactación	16
Tabla N° 05: Matriz de operacionalización (ver en anexos)	17
Tabla N° 06: Técnica e instrumento de recolección de datos	17
Tabla N° 07: rangés de promedio de humedad.....	211
Tabla N° 08: Granulometría.....	255
Tabla N° 09: Clasificación AASHTO - SUCS	255
Tabla N° 10: Observación de porcentaje en mallas	26
Tabla N° 11: Humedad Natural	266
Tabla N° 12: Límites de consistencia	326
Tabla N° 13: Proctor modificado	33
Tabla N° 14: Proctor modificado	34
Tabla N° 15: Proctor modificado	36
Tabla N° 16: Proctor modificado	37
Tabla N° 17: Proctor modificado	38
Tabla N° 18: Proctor modificado	39
Tabla N° 19: CBR M-5	41
Tabla N° 20: CBR M-5	430
Tabla N° 21: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón.....	43
Tabla N° 22: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón.....	45
Tabla N° 23: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón.....	46
Tabla N° 24: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón.....	47
Tabla N° 25: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón.....	48
Tabla N° 26: Prueba de hipótesis Proctor modificado NaCl.....	50
Tabla N° 27: Prueba de hipótesis Proctor modificado NaCl.....	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1: Proctor modificado con 2,4 y 6% de ceniza de carbón. Densidad	27
GRAFICO 2: Proctor modificado con 2,4 y 6% de ceniza de carbón. Humedad.....	28
GRAFICO 3: Proctor modificado con 6% de NaCl. Densidad	29
GRAFICO 4: Proctor modificado con 6% de NaCl. Humedad.....	29
GRAFICO 5: C.B.R. al 2,4 y 6% de ceniza de carbón	30
GRAFICO 6: C.B.R. a 6% de NaCl.....	31

RESUMEN

La presente investigación lleva como título: “Efecto de ceniza de carbón y cloruro de sodio en la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba” y esta acoge una realidad problemática muy notoria, por lo que es ahí donde surge la necesidad de mejorar la carretera sin estabilizar del distrito de Sartimbamba, promoviendo de esta manera el desarrollo del país y el desarrollo de nuevas tecnologías para estabilización de suelos.

La presente investigación pondrá a disposición materiales convencionales como la ceniza de carbón y cloruro de sodio, que son escoria y agentes contaminantes en la actualidad y es con el apoyo de estos materiales que se realizara mejoras en la carretera sin estabilizar. Los objetivos la investigación incluyen no solo mejoras, también incluyen estudios que permitirán promover futuros trabajos de pavimentación.

Dentro de la base de investigación se pudo observar que prevalece los beneficios positivos de estos materiales convencionales como agentes estabilizantes.

Los ensayos se llevarán a cabo en un laboratorio y serán los siguientes: Análisis de granulometría, contenido de humedad, limite liquido de la muestra, limite plástico de la muestra, pesos específicos, proctor modificado, CBR de la muestra, todos estos lineamientos se llevarán a cabo tal y como lo define el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En la parte de resultados tanto para proctor modificado como para CBR, los resultados registrados fueron decreciendo a partir de la muestra patrón.

Palabras clave: estabilización de carretera no pavimentada, Efecto de ceniza de carbón y cloruro de sodio.

ABSTRACT

The present investigation is entitled: "Effect of coal ash and sodium chloride in the stabilization of unpaved road, Sartimbamba" and this welcomes a very notorious problematic reality, so that is where the need arises to improve the road without stabilize the Sartimbamba district, thus promoting the development of the country and the development of new technologies for soil stabilization.

This research will make available conventional materials such as coal ash and sodium chloride, which are currently slag and pollutants, and it is with the support of these materials that improvements will be made to the unstabilized road. The research objectives include not only improvements, they also include studies that will promote future paving works.

Within the research base it could be observed that the positive benefits of these conventional materials as stabilizing agents prevail.

The tests will be carried out in a laboratory and will be the following: Analysis of granulometry, moisture content, liquid limit of the sample, plastic limit of the sample, specific weights, modified proctor, CBR of the sample, all these guidelines will be carried out as defined by the Ministry of Transport and Communications.

In the part of results for both modified proctor and CBR, the recorded results were decreasing from the standard sample.

Keywords: unpaved road stabilization, Effect of coal ash and sodium chloride.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento masivo de infraestructura vial a lo largo del tiempo ha buscado sacarles el máximo provecho a sus propiedades físico mecánica del suelo. El principal problema que tienen la mayoría de las carreteras sin pavimentar, es que son inestables, existe una forma que permite estabilizar una muestra, bajo un nivel definido, esta forma también es conocido como un modo de estabilizar un suelo, también se ha podido observar que la fusión de dicho material con aditivos existentes en el mercado como (cal, cemento, Asfalto, estabilizantes iónicos etc.) hacen que este fenómeno de estabilización de suelos, sea mucho más eficiente para que este ofrezca un mejor desempeño (Alvarado y Guerra, 2018. p. 3).

Provias Nacional es el encargado de realizar las gestiones de construcción y mantenimiento periódico de las carreteras en la actualidad. Este acontecimiento ha impulsado a atender esta necesidad, así como también paralelamente a motivado la investigación del comportamiento físico mecánico y a optimizar costos en estabilización de suelos.

El (NaCl) dentro de lo que se denomina estabilizar suelos hace una pérdida lenta de humedad lo que permite mantener el óptimo del material base y sub – base si fuese el caso. Así mismo también se ve en manifiesto la parte económica baja que implica emplear cloruro de sodio (NaCl) en dicho proceso de estabilización (Roldan, 2016, p. 67).

La ceniza de clase C o denominada ceniza de carbón hidratada acoge propiedades puzolanas lo que permite ganar fuerza al entrar en contacto con la humedad y la compactación (Wayne, White, Kwon y Kawalec, 2020, p. 1).

Diferentes aditivos a lo largo de sucesivas investigaciones fueron añadiéndose a la ceniza y al cemento para obtener diferentes resistencias y se puede encaminar a una mejora continua en la medida en la que se varíen y se incorporen más aditivos a la ceniza etc. (Jayasinghe, Anggraini, Syamsir y Nanda, 2021, p. 11).

La actividad alcalina es la que tiene mayor cobertura en los procesos de estabilización de suelos, debido a que su composición de aluminosilicatos (derivado de los silicatos) que pueden ser de procedencia original (natural) o

manipulada (industrializado), el bagazo de caña produce una ceniza y el carbón de igual forma estos materiales sufren transformaciones sólidas y de apariencia de cemento cuando se pone en contacto con una sustancia netamente alcalino, así mismo se tiene grupos reducidos de alcalinos que son agentes denominados activadores. El hidróxido de sodio y potasio, están denominadas como sales de ácidos débiles y fuertes. La ceniza es un material compuesto por sustancias iónicas, que genera reacción química y el cloruro sodio se combinó con la finalidad de mejorar comportamiento físico mecánico del suelo.

La estabilización, alcanza un objetivo que es: elevar la calidad de las propiedades existentes de suelo. Se realizaron diversos diseños y pruebas con diferentes materiales con la visión de mejorar la resistencia al corte y tener mayor durabilidad, y finalmente, esta investigación propone diseñar y evaluar la adición de la ceniza y cloruro de sodio para mejorar la resistencia a la compactación. Es de esta manera en la que mejoraremos la estabilización de suelo en la vía no pavimentada, Sartimbamba.

Formulación del problema. ¿Qué efecto tiene la ceniza de carbón y cloruro de sodio en la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba?

Justificación de la investigación. Una de las razones principales que impulso esta investigación es, lograr una estabilización de suelos adecuada. En el Perú actualmente contamos con muchas carreteras no pavimentadas como es el caso de (Sartimbamba), las cuales necesitan desarrollar un proceso adecuado que limitó la expansión volumétrica de los suelos y alcanzar un óptimo para que de esta manera se vea reflejado la calidad de estabilización de suelos.

Así mismo se puede poner en manifiesto que en esta investigación se emplearan materiales un tanto convencionales como lo es, la ceniza de carbón y el NaCl que son agentes de estabilización en suelos, la ceniza fue recolectada de las ladrilleras locales y cercanas al punto crítico. En los alrededores existen hornos ladrilleros y tejeros que son los precursores principales de residuos como la ceniza de carbón. La utilización de este residuo sólido beneficiará el medio ambiente, ya que se le proporcionará un valor agregado y utilización. Los materiales con propiedades cementales aún

son objeto de estudio en otros campos, es por ello que se realizara un uso adecuado para así mejorar la carretera no pavimentada, Sartimbamba y promover desarrollo en estas localidades.

Esta investigación aporta a los estudiantes y tesisistas un conocimiento indeleble y novedoso de las nuevas formas de estabilización de suelos. Esta investigación podría formar parte de un antecedente para tesis relacionadas.

Objetivo general. Determinar el efecto de ceniza de carbón y cloruro de sodio en la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Objetivos específicos: realizar el estudio de suelos, determinar la estabilización apoyado de ensayos en laboratorio.

Determinar la estabilización de la carretera no pavimentada aplicando la ceniza a una razón de 2, 4 y 6 por ciento y determinar la estabilización de la carretera no pavimentada aplicando el cloruro de sodio a una dosificación de 6%.

Hipótesis. La ceniza de carbón y cloruro de sodio mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

II. MARCO TEÓRICO

Varaprasad, Jayaprakash y Suryapracash (2020) artículo “Reutilización de residuos sólidos municipales de ceniza incinerada en la estabilización de suelos Clayey” en las pruebas experimentales se encontró que: al aumentar el contenido de ceniza se observó que la densidad máxima seca disminuyo en un 25 %, también se registró que el CBR en el 25% de densidad máxima seca, comparado con la muestra virgen se observó que su uso puede ser en subbase de carreteras y pavimentos.

Emeka, Tanimola (2017) Artículo “Características geotécnicas del suelo laterítico estabilizado con mezclas de serrín ceniza – cal” se encontró que la cal de ceniza serrín varia la densidad máxima seca favorablemente lo que resulta interesante en trabajos de ingeniería. También se registró que la compresión no confinada varia de manera positiva mejorando el óptimo al adicionar dichos aditivos, por último, se podría decir que estos aditivos mencionados se imponen como un estabilizador muy económico para suelos pobres.

Widjajakusuma y Winata (2017) artículo “Influencia de la arcilla y la ceniza de cascara de arroz en la estabilización de suelos limosos con cemento” se registró en sus pruebas experimentales que al aplicar estos aditivos a la muestra original son favorables y los costos de construcción son reducidos. Por otro lado, también se sustituirá la cascara de arroz por un recurso no renovable como es el cemento, lo que resulta muy atractivo especialmente en los lugares que producen arroz a gran escala.

Abdullah, Shahin y Walske (2020) artículo “Revisión de geopolímeros a base de cenizas volantes para suelos estabilizados con especial referencia a la arcilla” dentro de las conclusiones se registró que: en la revisión las cenizas volantes del geopolímero estas pueden ser usadas como un aglutinante que sirva como estabilizador de suelos.

Pérez y Torres (2015) tesis “Estudio de la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad” su objetivo es, encontrar resultados y la influencia en la resistencia y expansividad de suelos arcillosos.

La investigación cualitativa arrojó como conclusiones: La elección de los aditivos no fue una elección empírica, si no que se sabe que estos materiales poseen ligantes fuertes ya que las reacciones de iones negativos con el suelo forman relaciones sólidas.

Los estabilizadores como el cloruro y la cal son aditivos que contribuyen de forma directa al problema de expansión de suelos (p. 7).

Vargas, Gutierrez y Rojas (2020) tesis “Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías” tiene como objetivo de investigación, evaluar el comportamiento apoyados de ensayos de laboratorio y definir un método de estabilización.

Encontró en su investigación aplicada conclusiones como: Su uso puede mejorar los niveles de capas de suelos afirmados, así mismo se encontró con una resistencia mecánica alrededor de 2.05 KgF/cm² lo cual evidencia una obvia mejora en el suelo inicial. También se encontró en la curva

granulométrica que la mejor opción es la A-25 porque se encuentra dentro de los límites superiores e inferiores que define la curva granulométrica (p. 63).

Ramos y Lozano (2019) tesis "Estabilización de suelos mediante aditivos alternativos" tienen como objetivo, Ahondar en el estudio del suelo apoyado de iones (ceniza de carbón) convencional y cal.

En su investigación experimental encontró como conclusiones que: Las pruebas y sus variaciones de resultados impulsaron a la clasificación de las que mejor comportamiento ofrecen con diferentes aditivos, y se pudo determinar cuál es el mejor. Se concluyó con la selección de la mezcla S80-C20 de cal por tener resultados aceptables y se tomó la mezcla S60-CCM40 de ceniza, ambas pruebas arrojaron resultados aceptables al ser sometidas a ensayos de compresión y corte directo (p. 55).

Zambrano (2017) tesis "Estabilización química con Cloruro de Magnesio en el diseño del camino - Villa las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016" que tiene como objetivo: Determinar la estabilización de suelos apoyado del químico Cloruro de Magnesio.

En su investigación experimental, encontró como conclusiones: la temperatura y la humedad fueron adecuadas para emplear el Cloruro de Magnesio, la precipitación baja del lugar fue favorable para una mayor durabilidad, la película que forma en la superficie por el cloruro de magnesio fue favorable para la abrasión que producen los neumáticos además de reducir el polvo en un 90% - 100%. Compactación, este ensayo arrojó de resultado: la mejora de la densidad máxima seca con un óptimo de contenido de humedad se le debe a la incorporación de magnesio y el límite para la consistencia y humedad contenida arrojó en los resultados, que se trata de una arena arcillosa con graba, el CBR mostro mejora (p. 69).

Alvarado y Guerra (2018) tesis "Influencia De La Adición De Ceniza De Cáscara De Arroz Activada Alcalinamente Sobre La Estabilización Ecológica De La Mezcla Suelo - Sedimento En La Provincia De Virú" plantea como objetivo: Determinar la influencia de ceniza activada alcalinamente.

En su investigación experimental encontró como conclusiones: los ensayos físicos determinaron que se trataba de una arena probablemente graduada, por el lado de sedimento se encontró que era un sedimento inorgánico con un

índice de plasticidad de 12. Así mismo se encontró que la ceniza de cascara de arroz contiene 94% de sílice y el residuo de concha de abanico tenía un elevado contenido de óxido de calcio al ser calcinado, se determinó que la proporción más adecuada de suelo-sedimento era de 65%-35% en pesos respectivamente, se vio reflejado la adecuada gradación y el incremento del índice de CBR respecto al suelo natural, un IP de 5, una cohesión no drenada de 300kPa, un ángulo de fricción de 59° y con la ecuación de NAASRA se pudo definir la altura de capa de rodado que es 10cm y una subrasante de 25cm (p. 74).

Maldonado y Sarrin (2018) tesis “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” que tiene como objetivo verificar las propiedades y la influencia en el suelo al adicionar ceniza, Valle San Rafael con porcentajes 5% 10% 15%.

Encontró como conclusiones en su tesis con diseño experimental, que el análisis térmico diferencial (ATD) que se aplicó para esta investigación, el punto de oxidación en el que reacciona la descomposición orgánica y el SiO₂ es producido y se obtiene cuando la máxima altura exotérmico llega a los 450°. Los ensayos de proctor modificado realizados arrojaron que el suelo tenía 0.462 gr/cm³ de densidad máxima seca y 9.40% de humedad optima y el proctor modificado concluye que al adicionar 5%, 10% y 15% el suelo mejora (p. 59).

Delgado y Mendoza (2018) tesis “Influencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la tensión efectiva en suelos susceptibles a licuación” el objetivo es evaluar la incidencia activa de ceniza y evaluar la tensión de suelo arenoso limoso.

En su investigación experimental encontró que la ceniza activa, cambia de forma considerable la tensión y disminuye el riesgo de licuación con el 15% de CBCA activo, la resistencia a la compresión triaxial también fue analizada a 40 KPa con los porcentajes 10, 15 y 20 de CBCA, dando un buen resultado el de 15% mostrando un incremento de 42% respecto del suelo patrón (p. 73).

Bonifacio y Sánchez (2015) tesis “Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de Magnesio, Cloruro de calcio y cemento en la región de Lambayeque” tiene como objetivo emplear cemento, cloruro de magnesio y cloruro de calcio para realizar estudio económico y técnico de manera que se evalúe la estabilidad de una carretera no pavimentada.

En su investigación experimental encontró que los porcentajes de magnesio de 1, 2 y 3 por ciento en relación al material de la cantera Cachinche 1, 4 y 6 por ciento, el material del cerro Escute arrojo resultados malos de CBR. El aumento que se manifestó en el suelo sin estabilizar fue poco significativo, esto incita a concluir con resultados desfavorables a los solicitados en el reglamento (CBR de 40 por ciento).

Los mejores resultados se obtuvieron al emplear 2%, así también el 4% que se usó cloruro de calcio y magnesio (p. 131).

Montalvo (2019) tesis “Comportamiento de la subrasante en la carretera Huaraz – Uchus con adición de 10% y 20% de cloruro de sodio” Dentro de sus objetivos planteo evaluar el CBR y registro que el material estudiado no tiene expansión volumétrica.

Neyra (2020) tesis “Efectos de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasante areno-limosas” en su diseño de investigación de tipo experimental, encontró como conclusiones que el uso de la ceniza como agente estabilizante, aumenta el volumen inicial de agua para realizar la compactación, la que a su vez hace que sea ineficiente la lubricación cuando se incorpora la ceniza.

Los desechos de caña de las empresas en Piura, no son adecuadas para emplearlas en subrasantes arenosas porque reduce las propiedades mecánicas del CBR (p. 37).

Eche y Peláez (2019) tesis “Estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876 con cloruro de sodio obtenido de diferentes salineras, distrito de Santa – Ancash – 2019” en su investigación experimental puro; que tiene como objetivo determinar la influencia dentro de las propiedades físicas y mecánicas, se encontró como conclusiones que al adicionar un 6% de cloruro de sodio la

resistencia fue de 1.880 gr/cm² con respecto al NaCl que tiene una resistencia de 1.800 gr/cm² con un 2 por ciento.

En el ensayo de CBR se concluyó que el 2% de cloruro de sodio es óptimo para un suelo limo arenoso (ML) (p. 42).

Quispe (2019) tesis “Estudio experimental y numérico del comportamiento mecánico de una arcilla mejorada con métodos tradicionales y ceniza de madera” tiene como objetivo, estudiar el comportamiento mecánico de una arcilla mejorada con cal y una arcilla mejorada con cemento.

En su tesis, encontró como conclusiones que el módulo de elasticidad vs tiempo da como observación un 119% de incremento, alcanzando un nivel más elevado que el de la cal, así mismo se puede apreciar que la resistencia que ofrece al corte va en incremento de 43% en la mezcla de arcilla – ceniza y la ceniza se puede emplear en proyectos futuros ya que mejora las propiedades mecánicas (p. 80).

Teorías relacionadas al tema: la constitución del suelo es: la líquida, la sólida y la gaseosa. La parte. Se habla de suelo saturado cuando todos los vacíos que comprende las partículas están ocupados por agua (Juárez, 1974, p. 53). La forma que tengan las partículas de un suelo están relacionadas directamente al comportamiento mecánico (Juárez, 1974, p. 75).

Los suelos finos en su estado natural tienden a tener una forma de partículas, así mismo son aplastadas de manera que su propiedad mineral adopta una forma laminar. También se habla de algunas excepciones que poseen una forma acicular (Juárez, 1974, p. 76).

El suelo, visto desde una perspectiva técnica es: una combinación de partículas pertenecientes a las rocas, agua y parte de aire (Palomino, 2016, p. 15).

El conjunto de una o más capas es denominado como carretera pavimentada. Estas capas son evaluadas, posteriormente seleccionadas con la finalidad de perdurar en el tiempo a diferentes condiciones climáticas y fatiga de tránsito (Caruajulca, 2018, p. 45)

La ceniza volante y la cal son agentes estabilizantes que hacen cambios en las propiedades del índice y además encaminan hacia la estabilización de

suelos, así mismo reduce considerablemente el hinchamiento y la contracción del suelo BC (Kalyane y Patil, 2020, p. 5).

El cloruro de sodio (NaCl): el cloruro es obtenido de múltiples formas y métodos, de los cuales uno de los métodos es por intermedio de los rayos del sol, lo cual implica exponer agua salada y la evaporación es la que concluye con la manifestación de partículas de sal, seguidamente tenemos otra forma que implica, sacar de minas el material salado y darle un proceso industrial que permita evaporar la sustancia líquida (Reyes, Camacho y Troncoso, 2004, p. 3).

La parte superior referida a una sub base de carretera es afectada directamente por el cloruro de sodio, porque este aditivo en la estabilización y durabilidad cumple la función de retener la humedad de su alrededor. También se forma una película en la parte alta de la sub base y esto restringe la pérdida de humedad (Cochachin, 2017, p. 37).

El NaCl se ha empleado en múltiples investigaciones con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas. Uno de los puntos principales fue contrarrestar los efectos de evaporación (Reyes, et al. 2004, p. 3).

Ceniza: se puede rescatar de la ceniza, su alta reacción alcalina entre otras como el calcio, magnesio y potasio normalmente estos componentes son solubles (Solla, Rodriguez y Merino, 2001, p. 382).

La estabilización de suelos: frecuentemente cuando se habla de estabilización de suelos, se entiende que se hará uso de un suelo para un fin determinado y en un lugar específico, pero esto conlleva a tener tres posibilidades de decisión.

Lo primero. Es aceptar el material tal y como se encuentra, tomando en cuenta el criterio de ingeniero que viene siendo: evaluar la calidad en el diseño que se pretenda realizar.

Segundo. Es eliminar el material que desfavorezca el diseño y sustituirlo por uno que tenga un perfil adecuado para el diseño.

Tercero, implica modificar las propiedades en su mayoría con la intención de mejorar las propiedades y hacer de este un mejor uso y diseño (Rico, 2005, p. 493).

Criterios para estabilización de suelos: el CBR que ofrece más de 6%, es denominado un suelo apto. También se puede inferir que si esta por lo bajo de 6%, se trata de un suelo que requiere un estudio que implique mejorar las propiedades con el fin de estabilizarlo, o simplemente reemplazarlo (MTC,2013 p. 107).

La empleabilidad del suelo es la que define costos, por tanto, la empleabilidad de equipos, disponibilidad de equipos, herramienta y aditivos correspondientes al suelo que se pretenda estabilizar (MTC, 2013, p. 109).

Según pruebas químicas la ceniza es clasificada como puzolánica por que la sumatoria de sus componentes excede el requisito mínimo de 50%.

En las pruebas de compactación (CBR) y en los ensayos de compactación arrojo que los valores más elevados están al 4% y 6% de muestra OPC (Nnochiri y Aderinlewo, 2016, p. 8).

Los criterios y prácticas varían ente los profesionales, pero objetivo es el mismo y este implica lograr una estabilización eficaz.

En la actualidad existen múltiples organismos que se han encargado de definir procedimientos, es decir los trabajos convencionales con aglutinantes como el cemento portland están sometidos a pruebas, evaluaciones de mezclas y dosis, todo esto acoge una larga cola de investigaciones (Abdullah, Shahin y Walske 2020, p. 12)

Cenizas: Los compuestos que tiene la ceniza de aserrín en su mayoría son muy diferentes de algunas maderas, pero lo que sí es común dentro estas es: las propiedades, al ser sometidas a proceso de combustión el resultado de estas es principalmente la sílice, alúmina y la cal. Existen también óxidos en menores volúmenes (Karim, Al-Recaby y Nsaif 2018, p. 2)

Estabilidad volumétrica: cada problema que es vinculado con el tema de suelos expansivos debido a la variación de humedad, generalmente están relacionados con diversos cambios en las actividades de los ingenieros. Estabilizar un suelo es significado de ofrecer alternativas de solución en ingeniería, es por ello que existen múltiples formas de tratar que están encaminados dependiendo al uso (Montejo, Montejo y Montejo 2018, p.17).

Contenido de humedad: se realiza pesando una muestra del terreno de fundación representativa que este en su estado húmedo. Posteriormente dicha muestra se seca a una temperatura constante de 100 a 110 °C, seguidamente se procede a secar esta muestra. La variación en peso de la muestra inicial y final secada al horno representa el peso del agua que contenía la muestra del terreno de fundación, este peso del agua es expresado en porcentaje. El porcentaje de humedad del suelo varía desde cero hasta un máximo cuando el terreno de fundación está totalmente saturado (NTP 339, 1999, p. 127).

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelos seco al horno}} \times 100 = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c}$$

$$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \dots (\text{Ec. 1})$$

En dónde:

W : humedad contenido expresado como %.

M_{cws} : peso de la muestra húmeda sumado el recipiente.

M_{cs} : peso del recipiente sumado la muestra seca.

M_c: peso del recipiente.

M_w: peso del fluido (agua).

M_s: peso sólido (partículas)

Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado: es una forma de llegar a resultados con el apoyo de los múltiples tamices, el proceso de tamizado separa las piedras y las arenas que son pasados a los diferentes tamices. Este proceso permite clasificar y posteriormente se designa un uso adecuado (NTP 339, 1999, p. 128).

El peso de los diferentes tamices se calcula en porcentaje

$$\%Retenido = \frac{W_{tamiz}}{W_1} \times 100 \dots (Ec. 2)$$

En dónde:

W tamiz: retención de pesos por tamiz

W1: Peso secado al horno del suelo

Límites de atterberg. El que un suelo tenga plasticidad dependerá, de si posee finos (elementos finitos) que este contiene. La granulometría permite apreciarlas. También nos permite estimar límites correspondientes a sus estados naturales de la muestra: líquido, plástico o sólido. Son conocidos como límites de Atterberg y se les encuentra en siglas como: (LL), (LP) y retracción (LR) WLp, WP y WS (NTP 339, 1999, p. 129).

Estos límites mencionados solo se realizan con los materiales pasantes por la malla cuadrada de 0.42mm según la norma.

El límite plástico. La plasticidad permite por su humedad amasar la muestra y sin deshacerlo. Se emplean moldeadores con 1.5mm de radio. La humedad es denominado LL que guarda relación al peso de la muestra.

LR. Es definida como justa humedad y es suficiente cubrir la porosidad que tenga la muestra, esta alcanza volumen mínimo, además del Límite líquido y del límite plástico, existe formas interesante y IP que viene siendo la variación entre límite líquido y plástico.

$$IP = LL - LP \dots (Ec. 3)$$

En dónde:

I P: índice de plasticidad

L L: límite líquido

L P: límite Plástico.

IP: permite definir un suelo de manera correcta, un IP elevado pertenece a suelos altamente arcilloso y un IP bajo resulta propio de suelos poco arcillosos.

Tabla N° 01: características de suelos según índices de plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP>20	Suelos muy arcillosos
20>IP>10	Suelos arcillosos
10>IP>4	Suelos poco arcillosos
IP=0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Sanz, 1995 2.2.5.4

Peso específico suelo fino: consiste en predecir los pesos unitarios, así mismo se usa para realizar. Los granos de las muestras generalmente permiten clasificar los minerales y este concepto es llamado gravedad específica (NTP 339, 1999, p. 131).

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fws}} \dots (Ec. 4)$$

En dónde:

Ws : peso de suelo seco

Wfw : Peso agua y fiola

Wfws : Peso suelo, agua y fiola.

Ensayo de compactación proctor modificado: es la acción que permite ganar peso con relación al volumen de suelo compacto y también impermeable (NTP 339, 1999, p. 141).

$$DS = \frac{Dh}{1 + \frac{W\%}{100}} \dots (Ec. 5)$$

En dónde:

Ds : densidad seca.

Dh : densidad húmeda.

W%: húmedad contenida.

Para el proctor estándar y proctor modificado: es la relación existente entre humedad más densidad del terreno de fundación o la muestra de suelo aplicando compactación bajo las alturas de 12 y 18 pulgadas dentro de un molde cilindro de 4 y 6 pulgadas de diámetro.

California Bearing Ratio (CBR): determina soporte, las muestras y agregado que son manipulados en laboratorio, tienen óptimos de humedad y compactación.

El CBR es un ensayo común y permite diseñar, además de ser suministrado humedad optima y densidades controladas.

$$C.B.R. = 100x \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \dots (Ec. 6)$$

El CBR permite medir cargas necesarias introducir un pistón con determinadas dimensiones más una velocidad propia de una muestra compacta luego de haber sumergido en agua por un periodo de 4 días y tener su esponjamiento.

Si podemos prever el hipotético caso en el que se acumula la humedad del suelo sugerido, lo penetramos con el apoyo de un pistón que va junto a un plotter que se encarga de graficar la representación de carga y profundidad (NTP 339, 1999, p.175.)

Completada la duración de curado se procede a retirar el tubo cilíndrico y se coloca la muestra patrón. El corte de tamaño requerido para la prueba debe estar direccionada a una mejora para que los parámetros establecidos del suelo puedan experimentar una comparación entre la muestra inicial y la muestra patrón (Talib y Noriyuki, 2017, p. 2).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de diseño de investigación

Se realizará a través conocimiento científico, así mismo se obtendrá beneficios sociales por lo que se infiere que es una investigación aplicada.

A partir de la mezcla patrón se empezará las modificaciones. Se podría decir que estamos ante un diseño de investigación de tipo “cuantitativo experimental puro”

O1----- (Z1) -----O2

O1----- (Z2) -----O2

O1: mezcla patrón sin aditivo

O2: mezcla patrón con ceniza de carbón y cloruro de sodio

(Z1): aditivos ceniza de carbón (2%), (4%) (6%)

(Z2): cloruro de sodio (6%)

3.2. Variable y operacionalización

3.2.1 Variable

3.2.1.1 Variable independiente

- Ceniza de carbón
- Cloruro de sodio (NaCl)

3.2.1.2 Variable dependiente

- Estabilización de carretera no pavimentada.
- Resistencia a la Compactación.

3.2.2 Operacionalización

VI: Ceniza de carbón

Dimensión: Dosificación de la ceniza (% Peso)

Indicadores:

Tabla N° 02: indicadores de ceniza de algarrobo

% de peso ceniza de carbón	0%
	2%
	4%
	6%

VI: Cloruro de sodio

Dimensión: Dosificación de cloruro de sodio (% peso)

Indicadores:

Tabla N° 03: dosificación de cloruro de sodio

cloruro de sodio l/m3	6%
------------------------------	----

VD: Estabilización de carretera no pavimentada

Dimensión: Resistencia a la compactación (Kg/cm2)

Indicadores:

Tabla N° 04: resistencia a la compactación

Resistencia a la compactación Kg/cm2	4 días
---	--------

Tabla N° 05: Matriz de operacionalización (ver en anexos)

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La carretera no pavimentada Sartimbamba está conformado por 40+164 km por un ancho promedio de 4m. Para nuestra investigación se tomó una longitud de tramo de 200+500 km por un ancho de 4m. lo que en área es 10000m².

Por lo tanto, la población de estudio es la carretera no estabilizada Sartimbamba.

Muestra: Tomando como referencia los estudios de suelos que realiza el Ministerio de Transportes, se realizara un total de 5 calicatas a lo largo de los kilómetros de terreno de fundación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para esta investigación optamos por considerar una secuencia del uso de los instrumentos que fueron estandarizados por la norma ASTM y que posteriormente el Ministerio de Transporte adapto a realidad actual, permitiéndonos obtener ensayos confiables.

MTC E107-2000. Análisis granulométrico. ASTM D 422

MTC E108-2000. Determinación del contenido de humedad de un suelo. ASTM D2216

MTC E110-2000. Límite líquido de los suelos. ASTM D4318

MTC E111-2000. Límite plástico, índice de plasticidad. ASTM D4318

MTC E115-2000. Proctor modificado. ASTM D1557

MTC E132-2000. CBR de los suelos. ASTM D1883

Tabla N° 06: técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Observación	Calicateo	Trabajos de Laboratorio	Gabinete

Instrumento	Guía de observación	Herramientas de campo	Ensayos de laboratorio	Formatos en Excel
--------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------

3.5. Procedimientos

Análisis de granulometría – MTC E107 - 2000: se coloca tamices mayores a 2” hasta la malla N° 200 con la finalidad de obtener la granulometría de la muestra total ingresada para concluir con una clasificación adecuada, SUCS o AASHTO.

Equipos empleados: el número de balanzas con sensibilidad de 0.01g y 0.1g deben ser dos.

Los tamices deben corresponder a todos los establecidos por el MTC, también debemos contar con un horno de temperatura constante y que alcance temperaturas de hasta 110°C como mínimo, y por último debemos tener múltiples depósitos para almacenar las distintas muestras retenidas en los tamices.

Herramientas manuales de limpieza: brochas y cepillos metálicos.

Tamizado: la muestra debe ser tratada con cautela para evitar romper las partículas que lo conforman en su estado natural.

El cuarteo, se emplea con el fin de reducir la muestra hasta el límite establecido por el MTC E107-2000.

Una vez definido la cantidad de muestra se tamiza el material por la malla 3/8” y con material pasante procedemos a lavar con la finalidad de desechar los finos menores a 0.074mm. Así mismo se realiza un remojado para optimizar más el desecho de partículas finas para lograr pasantes de la malla N° 200, a esto se suma la visualización del lavado, para que el agua sea totalmente limpia, y nos quedamos con el material retenido en esta malla para proceder a secar la muestra durante 1 día completo.

Pasado este proceso retiramos la muestra y la enfriamos a temperatura ambiente y procedemos a volver a tamizar por el juego de mallas que deben

estar ordenadas decrecientemente. El registro de los materiales retenidos respectivamente son los que se registran en una hoja para posteriores cálculos como: $P1 = (\text{recipiente} + \text{muestra}) - \text{restado el recipiente}$.

Esto permite definir la clasificación del suelo.

Contenido de humedad – MTC E108 - 2000: hace referencia a la acumulación de humedad en la muestra de material y esta a su vez es expresada en porcentajes.

Para determinar el peso del agua la muestra se procede a secar al horno y ver la variación de peso, este espacio variable se considera como el peso del agua.

Equipos empleados: Horno, balanza, recipiente hermético para evitar posibles absorciones atmosféricas.

Procedimiento: en el ensayo de contenido de humedad debe realizarse apenas se extrae la muestra, para evitar evaporaciones considerables de este.

Debemos tener en cuenta que cuando trabajamos cantidades de muestras bajas; me refiero a pesos menores de 200g y que su granulometría tenga gravas extremadamente grandes, es mejor que estas gravas no se incluyan como parte de la muestra.

La muestra se coloca en un contenedor con tapa para proceder con el secado, luego el contenedor es enfriado y se procede a pesar, tomando nota del valor.

La fórmula para determinar el porcentaje de contenido de humedad.

Limite liquido – MTC E110 – 2000: Luego de haber realizado el ensayo de contenido de humedad, pasamos a ver el estado del material y esto correspondería al estado plástico y líquido.

Herramientas de ensayo: recipiente para muestra, copa Casagrande, espátula, calibrador, balanza, horno termostático y acanalador.

Proceso: verificación del equipo Casagrande antes de realizar los trabajos.

Una vez puesta la muestra en el recipiente, se procede a uniformizar la mezcla con el agua que va en cantidades de 15 a 20ml.

De 1 – 3 ml de agua es lo que se podría continuar añadiendo en los que se continúa uniformizando la mezcla.

Culminado el proceso de uniformizar la mezcla, se realiza los 30 – 35 golpes para que se visualice el cierre de la mezcla.

Acanalador, se usa para realizar la ranura que divide la muestra en la tasa una vez culminado la serie golpes. Para realizar la ranura en la tasa, se procede a pasar el acanalador de adelante hacia atrás hasta 6 pasadas con profundidades considerables. Seguidamente se procede a realizar el movimiento de la manecilla con el objetivo de cerrar la ranura realizada con el acanalador, y se toma nota del número de golpes que cierran el material.

Lo siguiente es, tomar nota de la muestra antes de ser ingresada al horno y posteriormente volver a registrar la variación de peso luego de haber sido secado.

Contando con un sobrante de muestra, procedemos a incurrir en dos ensayos más con el mismo procedimiento, pero con diferente cantidad de agua para ganar consistencia del material y de esa forma trataremos de alcanzar los intervalos de golpes requeridos: 25-35;20-30;15-25. Así mismo si se es alcanzado este requerimiento, procedemos a buscar una determinación de 10 golpes con la fórmula de contenido de humedad.

Limite plástico de la muestra: las barritas formadas de un diámetro de 1/8” se rueda sobre una superficie completamente plana con una determinada humedad suministrada, luego se rueda la barrita de material evitando que esta se desmorone. Al final de este acontecimiento se procede a definir el LL y el LP, y el resultado es el IP.

Herramientas: Balanza, espátula, recipiente, horno, tamiz N°40, agua, vidrio de reloj y vidrio esmerilado grueso.

Procedimiento: para este ensayo necesitamos un mínimo de 20g de la muestra que se usó para limite liquido anterior que queda retenida en la malla N° 40. El amasado de esta muestra se realiza con agua y se realizan movimientos que permitan hacer de la masa una esfera.

La mitad, es la cantidad que necesitamos para realizar el ensayo, y los movimientos que realizaremos serán: rodar la muestra sobre el vidrio para formar muestras cilíndricas con diámetros de 3.2 milímetros. En todo

momento debemos evitar que la muestra se desmorone y esto nos conducirá a múltiples repeticiones.

Seguidamente, lo que obtengamos se montara sobre el vidrio de reloj, una de las cantidades características de esta muestra es el peso y esta debe ser de 6g, así es como procedemos a determinar los contenidos de humedad.

Promedio de humedad que encontremos en los dos ensayos debe estar comprendida en los rangos que este en la tabla siguiente, de lo contrario volvemos a repetir el ensayo.

Tabla N° 07: rangos de promedio de humedad

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Limite Plástico	0.9	2.6
Precisión Multilaboratorio Limite Plástico	3.7	10.6

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

El promedio del contenido de humedad se expresa en % con aproximación al entero.

Pesos específicos de la muestra: determinar el peso específico de los materiales implica dividirlos en: agregado grueso y agregado fino.

Materiales: tara, fiola, balanza, frasco lavador, embudo, agregado y una estufa.

Procedimiento: realizaremos un pesado de 100g de muestra, asegurándonos que en la balanza se haya realizado la tara y que este en cero,

una vez obtenido los 100g de muestra, con el apoyo del embudo procedemos a llenar el agua la fiola para poder obtener el peso de la fiola más el agua y procedemos a secar cualquier excedente de agua que no sirva para el ensayo y que generalmente se adhiere al cuello de la fiola, seguido de esto procedemos a pesar la fiola, le disminuimos en la mitad la cantidad de agua para así poder añadir la muestra a la fiola y para uniformizar la mezcla lo llevamos a la estufa donde la emisión será la encargada de uniformizar todo.

Este ensayo concluye con el pesado de la fiola una vez enfriada la muestra y se calcula mediante fórmula para peso específico.

Proctor modificado: si tenemos una muestra retenida de aproximadamente 30% en la malla $\frac{3}{4}$ ", procedemos a trabajar proctor modificado, el cual consiste en encontrar la relación entre el peso unitario de la muestra seca, con el agua. La compactación realizada en los respectivos moldes de 6" de diámetro con el pistón de 10lb en caída libre de 18" y generando energía de hasta 56000lb pie/pie³.

Equipos:

Método A: material pasante por la malla 4, el diámetro del molde es de 4", las capas en las que se procederá a realizar la compactación es de 5 capas, el número de golpes realizados a la muestra serán de 25golpes.

Este método se ajusta a la muestra que retiene la malla 4" con un total de 20% o menos.

Método B: se trabaja con el material pasante de la malla $\frac{3}{8}$ ", el diámetro del molde es de 4", las capas de compactación son de 5, el número de golpes de es 25.

Este método de ajusta cuando la retención del tamiz 4" a retenido un total de 20 % de su peso y si el tamiz $\frac{3}{8}$ " también a retenido un 20% ó un poco menos.

Método C: la muestra pasante en la malla $\frac{3}{4}$ ", es moldeada en un cilindro de 6" de diámetro, con un numero de capas de 5, y los golpes para este método suman 56.

Este método se usa cuando el 20% es retenido en la malla $\frac{3}{8}$ ", y también debe existir una retención del 30% en la malla $\frac{3}{4}$ ".

CBR de la muestra: hablar de CBR es hablar del índice de resistencia de suelos. También podemos decir que hablar de CBR es hablar de dos formas de realizarlo; la primera es en el laboratorio y la segunda es en muestras tomadas.

Equipos empleados: Prensa de compresión, moldes cilíndricos, discos de metal espaciadores, equipo medidor de expansión, pesas de metal anulares, pistón de penetración, dos diales de recorrido de 1", tanque para sumergir los moldes, horno, balanza, misceláneos y tamices 4", 3/4" y 2".

Procedimiento: Si el peso es de 75% de la muestra que pasa por la malla 3/4", se procede a habilitar la muestra, también procedemos a hacer uso de la muestra siempre y cuando tengamos una retención del 25% en la 3/4". Así mismo se procede a uniformizar las muestras de la malla 3/4" y de la malla 4".

Tomamos 5 kg de muestra uniformizada y damos inicio al ensayo con la colocación del disco espaciador con su respectivo pesado.

El sistema que se maneja para estas compactaciones es dinámico y el número de muestras va desde 3-9.

Se coloca una lámina con perforaciones en la superficie invertida y se colocan los anillos que permitirán simular la presión.

La lectura número 1 se realiza tomando nota del hinchamiento que sufre la muestra con el apoyo del trípode que es colocado en el borde de la parte del molde.

Se extrae las muestras sumergidas parcialmente en el agua y se quita toda el agua almacenada en la parte superior de los moldes por un aproximado de 15 minutos y se quita todas las pesas que recubren la muestra y se procede a realizar el ensayo de penetración.

La sobre carga simulada es similar a la que ofrece el pavimento en sus respectivos ensayos y es de 2.27kg de intensidad de carga.

Finalmente se procede a realizar los gráficos en las ordenadas y abscisas, en donde se ve reflejado los valores de relación de soporte multiplicados por 100.

3.6. Método de análisis de datos

Las muestras extraídas del terreno de fundación serán analizadas en el laboratorio de suelos para obtener datos que permitirán desarrollar la presente

investigación de formas estructurada y coherente. En los análisis de datos, desarrollaremos procesos de información encaminados a concluir con un diagnóstico de la estructura.

La estructura que se considerara en el método de análisis de datos es el siguiente:

- Análisis de granulometría
- Contenido de humedad
- Limite liquido
- Limite plástico
- Índice de Plasticidad
- Proctor modificado
- CBR de la muestra

3.7. Aspectos éticos

Al realizar esta investigación no se dejó de lado los aspectos éticos profesionales que involucran resultados, dejando claro el respeto a la propiedad intelectual. También se consideró los derechos del autor, elaborando las citas correctas con el fin de no generar amonestaciones.

Por tanto, esta tesis tiene un fin que es generar una mejora social, involucrando la necesidad de mejores vías que interconectan el país y promueven desarrollo.

Asimismo, estabilizar suelos con ceniza de carbón y cloruro de sodio acarreará futuros proyectos de pavimentación.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio de suelos

análisis granulométrico por tamizado de las muestras patrón

Tabla N° 08: Granulometria

MUESTRA	% Que Pasa Análisis Granulométrico										
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No.10	No.40	No.100	No.200
M-1	100.0	94.0	84.3	76.2	65.2	57.4	45.1	33.3	21.2	15.2	11.0
M-2	100.0	93.5	83.7	75.3	65.7	58.7	45.5	32.9	20.6	14.4	10.7
M-3	100.0	92.9	85.3	77.6	69.0	61.7	48.9	38.5	24.4	17.3	13.8
M-4	100.0	93.6	86.3	77.6	70.2	62.9	48.2	35.6	22.1	14.4	10.7
M-5	100.0	93.6	84.8	76.4	66.9	59.9	45.7	32.3	21.6	14.2	10.9
M-1 al 2%	100.0	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
M-1 al 4%	100.0	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
M-1 al 6%	100.0	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
M-5 al 6%	100.0	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fuente: Propia con datos obtenidos en el laboratorio

INTERPRETACIÓN:

En esta tabla se concentró la muestra 1, 2, 3, 4 y 5 las mismas que fueron extraídas entre el kilómetro 52+000 y 54 + 500. Para el análisis granulométrico se definió las mallas y seguidamente se realizaron los ensayos correspondientes a granulometria

Tabla N° 09: Clasificación AASHTO - SUCS

Clasificación		
CALICATAS	AASHTO	SUCS
M - 1	A-2-4 (0)	GP-GC
M - 2	A-1-a (0)	GP-GC
M - 3	A-1-a (0)	GC-GM
M - 4	A-1-a (0)	GP-GC
M - 5	A-2-4 (0)	GP-GC

Fuente: Propia con datos obtenidos en el laboratorio

La clasificación AASHTO para esta muestra M1 – M2 es: A-1-a (0) y su clasificación SUCS es GC-GM. Estamos ante una grava limo arcillosa con arena.

Tabla N° 10: Humedad Natural

Contenido de Humedad Natural (%)	
M - 1	3.7
M – 2	3.2
M – 3	5.5
M – 4	3.3
M - 5	3.3

Fuente: Propia con datos obtenidos en el laboratorio

INTERPRETACIÓN:

En los ensayos realizados a las cinco calicatas se puede evidenciar que algunas de ellas coinciden en los porcentajes de humedad.

Lo más relevante en los ensayos realizado fue que las humedades que se encontraron en las muestras eran altos y esto se debe a que el lugar estaba con lluvias constantes en el mes.

Tabla N° 11: Límites de consistencia

Límites de Consistencia			
Calicatas	LL	LP	IP
M - 1	24.4	17.7	6.7
M – 2	19.7	13.3	6.4
M – 3	23.2	17.2	6.0

M - 4	23.4	17.3	6.1
M - 5	24.3	17.5	6.8

Fuente: Propia con datos obtenidos en el laboratorio

4.2. Estabilización apoyada de ensayos en laboratorio

Grafico 1: Proctor modificado con 2,4 y 6% de ceniza de carbón. Densidad

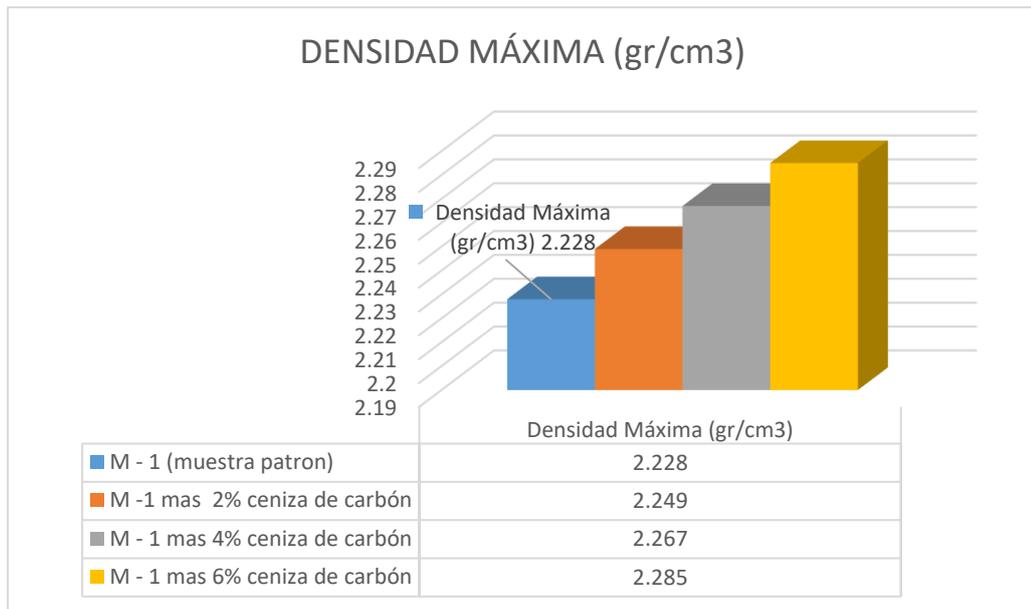
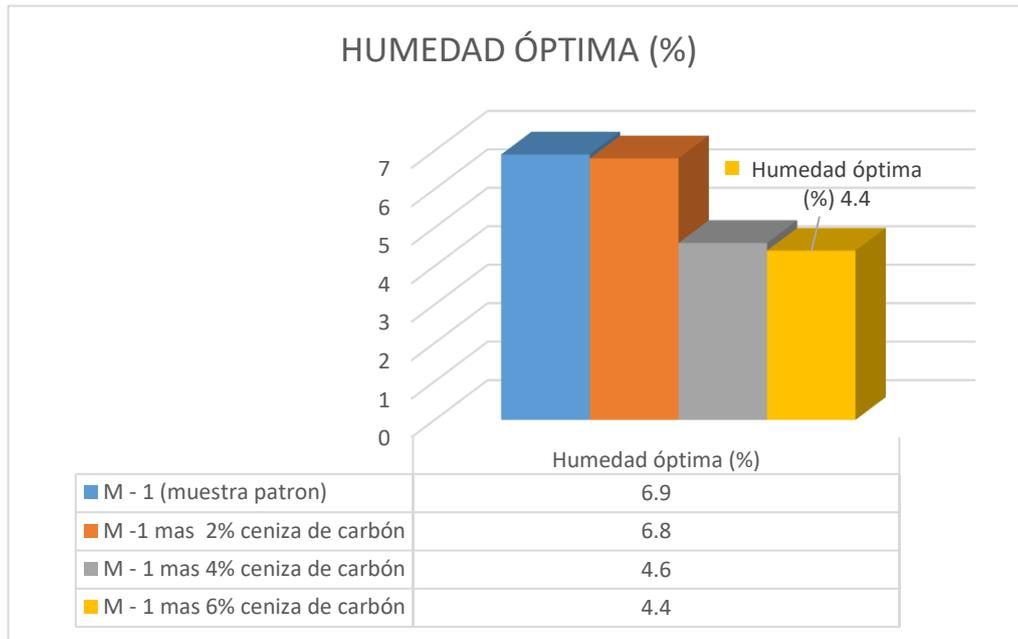


Grafico 2: Proctor modificado con 2,4 y 6% de ceniza de carbón. Humedad.



INTERPRETACION: En los ensayos de proctor modificado la gráfica de relación Humedad – Densidad se puede observar que el a partir de la muestra patrón al combinar con el 2% de ceniza carbón se puede ver que la variación de mejoría en porcentajes equivale al 0.2% para densidad y para humedad se registra 6.8%. Por otro lado, la variación mayor se da al adicionar 6% de ceniza de carbón con un registro de 6.9% de densidad y 4.4% de reducción de humedad lo que indica una mejoría por encima de 2 y 4% de ceniza de carbón propuesta. Así mismo el CBR a este registro de humedad, arroja un índice de calidad superior al de la muestra patrón.

Grafico 3: Proctor modificado con 6% de NaCl. Densidad

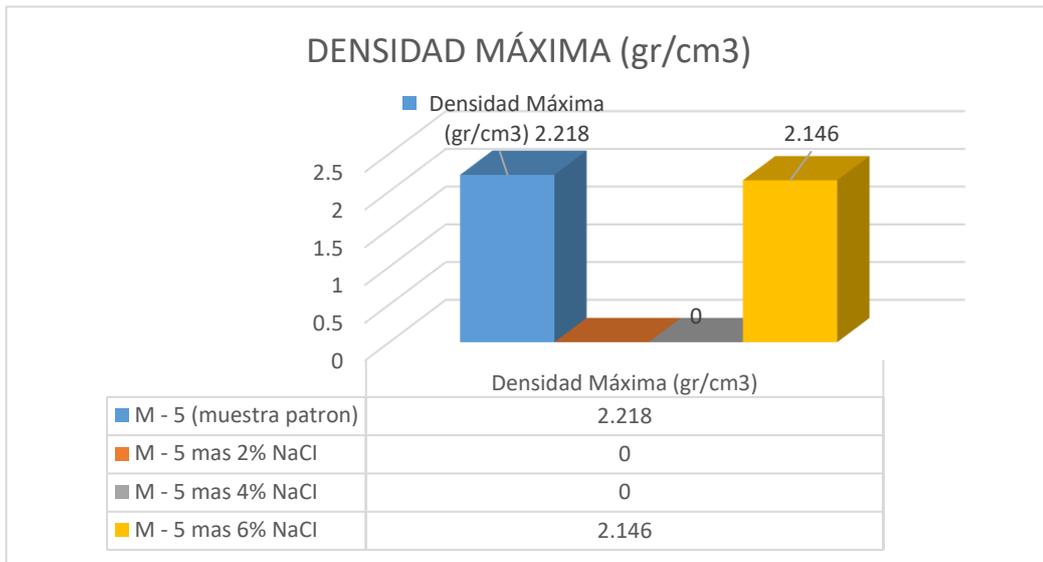
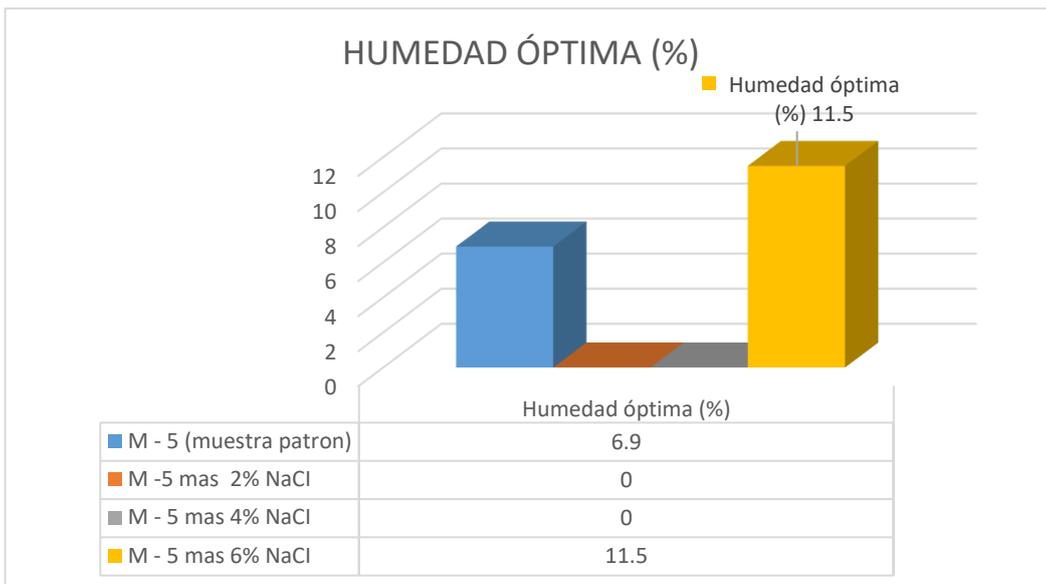


Grafico 4: Proctor modificado con 6% de NaCl. Humedad

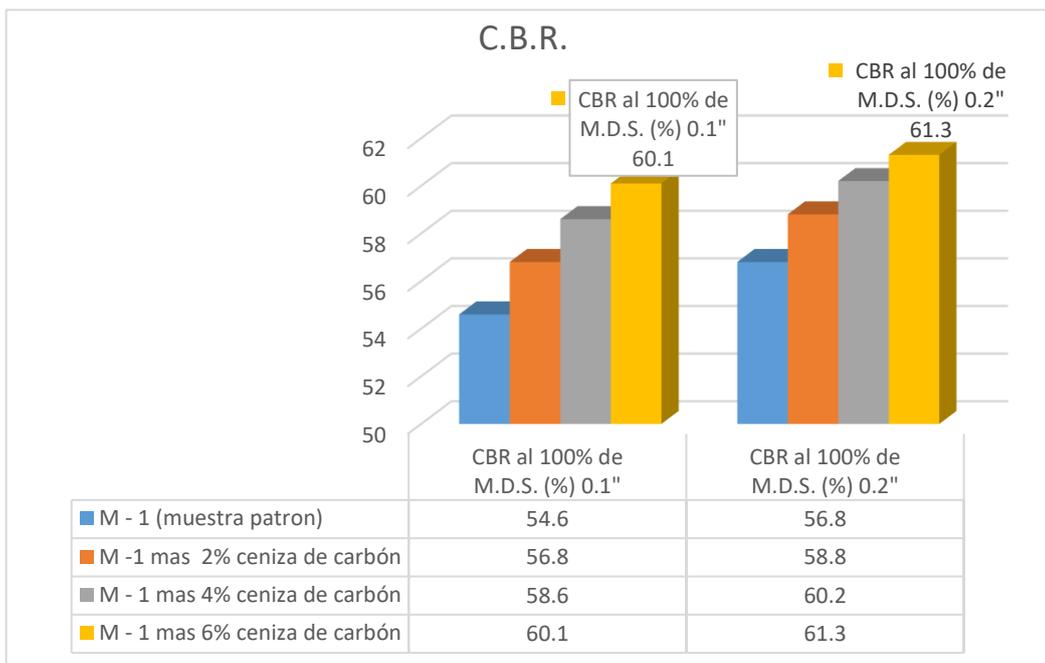


INTERPRETACION: En los ensayos de proctor modificado la gráfica de relación Humedad – Densidad se puede observar que el a partir de la muestra patrón al combinar con el 6% de NaCl se puede ver que la variación de mejoría en porcentajes equivale al 6.9% para densidad y para humedad se registra

11.5%. Así mismo el CBR a este registro de humedad, arroja un índice de calidad superior al de la muestra patrón.

Relación Soporte de California (C.B.R.)

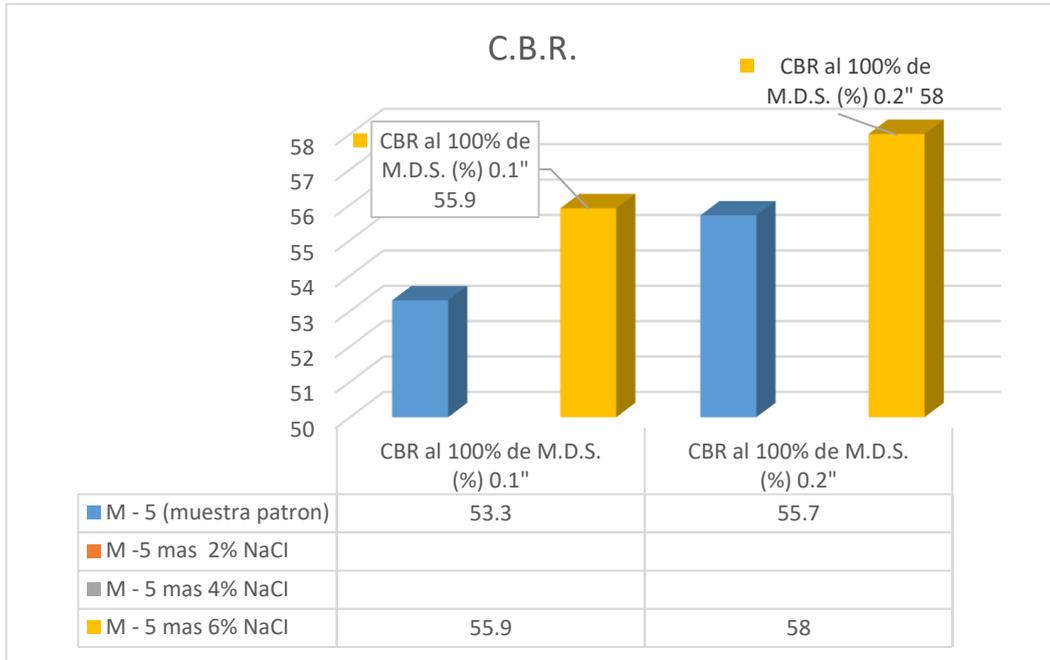
Grafico 5: C.B.R al 2,4 y 6% de ceniza de carbón



Observaciones: El suelo granular más el 2,4 y 6% de ceniza de carbón es el que se procede a dejar al curado de medio ambiente 7 días, seguido de este proceso se ingresa al curado de inmersión 4 días.

INTERPRETACION: Si el CBR=100% significa que la calidad del suelo es buena, en los gráficos se puede evidenciar que el índice de calidad del suelo basado en la resistencia mecánica va aumentando en la medida de 2,4 y 6% de ceniza de carbón alcanzando CBR al 100% de D.M.S. (%) a 0.1" de 60.1% lo cual indicaría que se está sobrepasando el nivel medio de calidad de soporte.

GRAFICO 6: C.B.R al 6% de NaCl



Observaciones: El suelo granular más 6% de cloruro de sodio es el que se procede a dejar al curado de medio ambiente 7 días, seguido de este proceso se ingresa al curado de inmersión 4 días.

INTERPRETACION: Si el CBR=100% significa que la calidad del suelo es buena, en los gráficos se puede evidenciar que el índice de calidad del suelo basado en la resistencia mecánica aumento en la medida de 6%, de NaCl alcanzando CBR al 100% de D.M.S. (%) a 0.1" de 55.9% lo que indica que se sobrepasa en nivel medio de calidad de soporte.

4.3. Prueba de hipótesis

Estudio de datos sobre el efecto de la ceniza de carbón sobre la estabilización de carretera no pavimentada –Proctor modificado evaluación de densidad.

Tabla N° 12: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón

EVALUACIÓN DE DENSIDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 2%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,41	2,071
M2	4,24	2,099
M3	5,99	2,211
M4	8,27	2,152

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 2% -DENSIDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,41	2,071	-2,818	7,9383	-0,062	0,00388
2	4,24	2,099	-0,988	0,97516	-0,034	0,00117
3	5,99	2,211	0,763	0,5814	0,078	0,00605
4	8,27	2,152	3,043	9,2568	0,019	0,00035
	5,23	2,13	SC1	18,7517	SC2	0,0114

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza carbón al 2%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

$SC_1 = 18.7517$

$SC_2 = 0.0114$

Luego:

Desviación estándar ponderada= 0.7219

t = 6.0613

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 =La ceniza de carbón al 2% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 2% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 2% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 13: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón

EVALUACIÓN DE DENSIDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 4%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,41	2,08
M2	4,24	2,147
M3	5,99	2,26
M4	8,27	2,214

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 4% -DENSIDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,41	2,08	-2,818	7,9383	-0,053	0,00284
2	4,24	2,147	-0,988	0,97516	0,014	0,00019
3	5,99	2,26	0,763	0,5814	0,127	0,01607
4	8,27	2,214	3,043	9,2568	0,081	0,00652
	5,23	2,18	SC1	18,7517	SC2	0,0256

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza carbón al 4%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

$SC_1 = 18.7517$

$SC_2 = 0.0256$

Luego:

Desviación estándar ponderada= 0.7222

$t = 5.9768$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 =La ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 4% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

$P = 0.005$

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 14: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón

EVALUACIÓN DE DENSIDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 6%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,41	2,116
M2	4,24	2,201
M3	5,99	2,296
M4	8,27	2,212

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 6% -DENSIDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,41	2,116	-2,818	7,9383	-0,017	0,0030
2	4,24	2,201	-0,988	0,97516	0,068	0,00459
3	5,99	2,296	0,763	0,5814	0,163	0,02649
4	8,27	2,212	3,043	9,2568	0,079	0,00620
	5,23	2,21	SC1	18,7517	SC2	0,0376

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza carbón al 6%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

SC1= 18.7517

SC2= 0.0376

Luego:

Desviación estándar ponderada= 0.7224

$t = 5.9142$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 =La ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.005

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Estudio de datos sobre el efecto de la ceniza de carbón sobre la estabilización de carretera no pavimentada –Proctor modificado evaluación de humedad.

Tabla N° 15: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón

EVALUACIÓN DE HUMEDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 2%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,41	2,21
M2	4,24	4,43
M3	5,99	5,79
M4	8,27	8,07

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 2% -HUMEDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,41	2,21	-2,818	7,9383	-2,915	8,49723
2	4,24	4,43	-0,988	0,97516	-0,695	0,48303
3	5,99	5,79	0,763	0,5814	0,665	0,44223
4	8,27	8,07	3,043	9,2568	2,945	8,67303
	5,23	5,13	SC1	18,7517	SC2	18,0955

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza carbón al 2%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

SC1= 18.7517

SC2= 18.0955

Luego:

Desviación estándar ponderada= 1.0117

$$t = 0.1433$$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 =La ceniza de carbón al 2% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 2% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.25

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 2% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 16: Prueba de hipótesis Proctor modificado ceniza carbón

EVALUACIÓN DE HUMEDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 4%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,41	0,48
M2	4,24	2,17
M3	5,99	4,13
M4	8,27	5,74

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 4% -HUMEDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,41	0,48	-2,818	7,9383	-4,645	21,57603
2	4,24	2,17	-0,988	0,97516	-2,955	8,73203
3	5,99	4,13	0,763	0,5814	-0,995	0,99003
4	8,27	5,74	3,043	9,2568	0,615	0,37823
	5,23	3,13	SC1	18,7517	SC2	31,6763

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza carbón al 4%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

SC1= 18.7517

SC2= 31.6763

Luego:

Desviación estándar ponderada= 1.1835

t = 2.5063

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 =La ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 4% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 17: Prueba de hipótesis Proctor modificado NaCl

EVALUACIÓN DE HUMEDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 6%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,41	0,48
M2	4,24	2,17
M3	5,99	4,13
M4	8,27	5,74

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL 6% -HUMEDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,41	0,48	-2,818	7,9383	-4,645	21,57603
2	4,24	2,17	-0,988	0,97516	-2,955	8,73203
3	5,99	4,13	0,763	0,5814	-0,995	0,99003
4	8,27	5,74	3,043	9,2568	0,615	0,37823
	5,23	3,13	SC1	18,7517	SC2	31,6763

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza carbón al 6%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

SC1= 18.7517

SC2= 31.6763

Luego:

Desviación estándar ponderada= 1.1835

$t = 2.5063$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 =La ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Estudio de datos sobre el efecto del cloruro de sodio sobre la estabilización de carretera no pavimentada –Proctor modificado evaluación de densidad.

Tabla N° 18: Prueba de hipótesis Proctor modificado NaCl

EVALUACIÓN DE DENSIDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO AL 6%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,03	1,929
M2	2,129	2,048
M3	2,214	2,136
M4	2,156	2,089

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO AL 6% -DENSIDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,03	1,929	-0,102	0,0105	-0,122	0,01476
2	2,129	2,048	-0,003	0,00001	-0,002	0,00001
3	2,214	2,136	0,082	0,0067	0,086	0,00731
4	2,156	2,089	0,024	0,0006	0,039	0,00148
	2,132	2,051	SC1	0,0177	SC2	0,0236

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con cloruro de sodio al 6%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

$SC_1 = 0.0177$

$SC_2 = 0.0236$

Luego:

Desviación estándar ponderada= 0.0339

$t = 3.4144$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 = El cloruro de sodio al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 = El cloruro de sodio al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.02

En consecuencia, se establece que el cloruro de sodio al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Estudio de datos sobre el efecto del cloruro de sodio sobre la estabilización de carretera no pavimentada –Proctor modificado evaluación de humedad.

Tabla N° 19: Prueba de hipótesis Proctor Modificado NaCl

EVALUACIÓN DE HUMEDAD - PROCTOR CON ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO AL 6%		
MUESTRAS	X1	Y1
M1	2,12	6,5
M2	4,55	9,15
M3	6,48	10,92
M4	8,38	13,02

PRUEBA DE HIPÓTESIS PROCTOR CON ADICIÓN DE CLORURO DE SODIO AL 6% -HUMEDAD						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	2,12	6,5	-3,263	10,6439	-3,398	11,54301
2	4,55	9,15	-0,833	0,69306	-0,748	0,55876
3	6,48	10,92	1,098	1,2045	1,023	1,04551
4	8,38	13,02	2,998	8,9850	3,123	9,75001
	5,38	9,90	SC1	21,5265	SC2	22,8973

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

$Y_1 =$ Mezcla con cloruro de sodio al 6%

$N_1 = 4$

$N_2 = 4$

$SC_1 = 21.5265$

$SC_2 = 22.8973$

Luego:

Desviación estándar ponderada=1.1109

$t = -5.7480$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 3.

H_1 =El cloruro de sodio al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 = El cloruro de sodio al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

$P = 0.005$

En consecuencia, se establece que el cloruro de sodio al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Estudio de datos sobre el efecto de la ceniza de carbón sobre la estabilización de carretera no pavimentada -C.B.R. Evaluación de carga estándar 70.5.

Tabla N° 20: Prueba de hipótesis CBR ceniza carbón

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 70.5 - CBR CON ADICIÓN DE 2% CENIZA DE CARBÓN		
MOLDES	X1	Y1
M57	758,2	765,3
M58	743,5	754,3

M66	754,7	760,7
-----	-------	-------

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 2% DE CENIZA DE CARBÓN CARGA ESTANDAR 70.5						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	758,2	765,3	6,067	36,8044	5,200	27,04000
2	743,5	754,3	-8,633	74,53444	-5,800	33,64000
3	754,7	760,7	2,567	6,5878	0,600	0,36000
	752,13	760,10	SC1	117,9267	SC2	61,0400

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza de carbón al 2%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

SC1= 117.9267

SC2= 61.0400

Luego:

Desviación estándar ponderada= 3.3445

$t = -2.917$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =La ceniza de carbón al 2% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 2% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 2% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 21: Prueba de hipótesis CBR ceniza carbón

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 70.5 - CBR CON ADICIÓN DE 4% CENIZA DE CARBÓN		
MOLDES	X1	Y1
M57	758,2	781,6
M58	743,5	770,5
M66	754,7	776,8

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 4% DE CENIZA DE CARBÓN CARGA ESTANDAR 70.5						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	758,2	781,6	6,067	36,8044	21,500	462,25000
2	743,5	770,5	-8,633	74,53444	10,400	108,16000
3	754,7	776,8	2,567	6,5878	16,700	278,89000
	752,13	776,30	SC1	117,9267	SC2	849,3000

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza de carbón al 4%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

$SC_1 = 117.9267$

$SC_2 = 849.3000$

Luego:

Desviación estándar ponderada= 7.7751

$t = -3.807$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =La ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 4% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que la ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 22: Prueba de hipótesis CBR ceniza carbón

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 70.5 - CBR CON ADICIÓN DE 6% CENIZA DE CARBÓN		
MOLDES	X1	Y1
M57	758,2	781,6
M58	743,5	770,5
M66	754,7	776,8

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 6% DE CENIZA DE CARBÓN CARGA ESTANDAR 70.5						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	758,2	781,6	6,067	36,8044	21,500	462,25000
2	743,5	770,5	-8,633	74,53444	10,400	108,16000
3	754,7	776,8	2,567	6,5878	16,700	278,89000
	752,13	776,30	SC1	117,9267	SC2	849,3000

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza de carbón al 6%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

SC1= 117.9267

SC2= 849.3000

Luego:

Desviación estándar ponderada= 7.7751

$t = -3.807$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =La ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que La ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Estudio de datos sobre el efecto de la ceniza de carbón sobre la estabilización de carretera no pavimentada -C.B.R. Evaluación de carga estándar 105.7

Tabla N° 23: Prueba de hipótesis CBR ceniza carbón

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 105.7 - CBR CON ADICIÓN DE 2% CENIZA DE CARBÓN		
MOLDES	X1	Y1
M57	1236	1244,7
M58	1223,5	1231,6
M66	1232,4	1239,4

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 2% DE CENIZA DE CARBÓN CARGA ESTANDAR 105.7						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	1236	1244,7	5,367	28,8011	6,133	37,61778
2	1223,5	1231,6	-7,133	50,88444	-6,967	48,53444
3	1232,4	1239,4	1,767	3,1211	0,833	0,69444

	1230,63	1238,57	SC1	82,8067	SC2	86,8467
--	---------	---------	-----	---------	-----	---------

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza de carbón al 2%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

SC1= 82.8067

SC2= 86.8467

Luego:

Desviación estándar ponderada= 3.2563

$t = -2.984$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =La ceniza de carbón al 2% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 2% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que La ceniza de carbón al 2% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 24: Prueba de hipótesis CBR ceniza carbón

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 105.7 - CBR CON ADICIÓN DE 4% CENIZA DE CARBÓN		
MOLDES	X1	Y1
M57	1236	1253,4

M58	1223,5	1242,3
M66	1232,4	1247,9

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 4% DE CENIZA DE CARBÓN CARGA ESTANDAR 105.7						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	1236	1253,4	5,367	28,8011	14,833	220,02778
2	1223,5	1242,3	-7,133	50,88444	3,733	13,93778
3	1232,4	1247,9	1,767	3,1211	9,333	87,11111
	1230,63	1247,87	SC1	82,8067	SC2	321,0767

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza de carbón al 4%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

$SC_1 = 82.8067$

$SC_2 = 321.0767$

Luego:

Desviación estándar ponderada= 5.0242

$t = -4.201$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =La ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 4% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

$P = 0.025$

En consecuencia, se establece que La ceniza de carbón al 4% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Tabla N° 25: Prueba de hipótesis CBR ceniza Carbón

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 105.7 - CBR CON ADICIÓN DE 6% CENIZA DE CARBÓN		
MOLDES	X1	Y1
M57	1236	1260,8
M58	1223,5	1251,6
M66	1232,4	1258,3

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 6% DE CENIZA DE CARBÓN CARGA ESTANDAR 105.7						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	1236	1260,8	5,367	28,8011	22,233	494,32111
2	1223,5	1251,6	-7,133	50,88444	13,033	169,86778
3	1232,4	1258,3	1,767	3,1211	19,733	389,40444
	1230,63	1256,90	SC1	82,8067	SC2	1053,5933

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con ceniza de carbón al 6%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

$SC_1 = 82.8067$

$SC_2 = 1053.5933$

Luego:

Desviación estándar ponderada= 8.4276

$t = -3.817$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =La ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =La ceniza de carbón al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que La ceniza de carbón al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Estudio de datos sobre el efecto del cloruro de sodio sobre la estabilización de carretera no pavimentada -C.B.R. Evaluación de carga estándar 70.5

Tabla N° 26: Prueba de hipótesis CBR NaCl

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 70.5 - CBR CON ADICIÓN DE 6% CLORURO DE SODIO		
MOLDES	X1	Y1
M57	758,2	763,5
M58	741,6	752,6
M66	748,3	758,3

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 6% DE CLORURO DE SODIO CARGA ESTANDAR 70.5						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2
1	758,2	763,5	8,833	78,0278	5,367	28,80111
2	741,6	752,6	-7,767	60,32111	-5,533	30,61778
3	748,3	758,3	-1,067	1,1378	0,167	0,02778
	749,37	758,13	SC1	139,4867	SC2	59,4467

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con cloruro de sodio al 6%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

$SC_1 = 139.4867$

SC2= 59.4467

Luego:

Desviación estándar ponderada= 3.5261

t = -3.045

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =El cloruro de sodio al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =El cloruro de sodio al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.025

En consecuencia, se establece que el cloruro de sodio al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Estudio de datos sobre el efecto del cloruro de sodio sobre la estabilización de carretera no pavimentada -C.B.R. Evaluación de carga estándar 105.7

Tabla N° 27: Prueba de hipótesis CBR NaCl

EVALUACIÓN DE CARGA ESTANDAR 105.7 - CBR CON ADICIÓN DE 6% CLORURO DE SODIO		
MOLDES	X1	Y1
M57	1236	1234,1
M58	1223,1	1219,3
M66	1233,9	1225,7

PRUEBA DE HIPÓTESIS CBR CON ADICIÓN 6% DE CLORURO DE SODIO CARGA ESTANDAR 105.7						
ITEM	X1	Y1	(X1-X prom 1)	(X1-X1prom)2	(Y1-Y1 prom)	(Y1-Y1 prom)2

1	1236	1234,1	5,000	25,0000	7,733	59,80444
2	1223,1	1219,3	-7,900	62,41000	-7,067	49,93778
3	1233,9	1225,7	2,900	8,4100	-0,667	0,44444
	1231,00	1226,37	SC1	95,8200	SC2	110,1867

X_1 = Mezcla Patrón sin aditivo.

Y_1 = Mezcla con cloruro de sodio al 6%.

$N_1 = 2$

$N_2 = 2$

SC1= 95.8200

SC2= 110.1867

Luego:

Desviación estándar ponderada= 3.5882

$t = 1.581$

- El nivel de confianza es del 95% y los grados de libertad son 2.

H_1 =El cloruro de sodio al 6% mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

H_0 =El cloruro de sodio al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es verdadero

P = 0.10

En consecuencia, se establece que el cloruro de sodio al 6% no mejora la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

V. DISCUSIÓN

Comparación de resultados

La presente investigación tuvo como objetivo general, determinar el efecto de ceniza de carbón y cloruro de sodio en la estabilización de carretera no pavimentada, Sartimbamba.

En esta investigación implico realizar paso a paso múltiples ensayos de laboratorio, partiendo de un análisis granulométrico por tamizado en el cual se determinó que la (M – 1) se clasifica como: Graba pobremente gradada con arcilla y arena (GP- GC), además se registró un porcentaje de 54.9% en grava, 34.1% en arenas y 11.0% en finos, la muestra (M – 3) clasificada como: Graba limo arcilloso con arena (GC- GM), además se registró un porcentaje de 51.1% en grava, 35.1% en arenas y 13.8% en finos

Existe discrepancia con Maldonado y Sarrin (2018) quienes encontraron en la calicata 1 y 2, el 0.02 - 0.04% correspondiente a graba, 74.8 - 78.67% arena, finalmente 25.19 – 21.3% arcilla lo que indicaría que se trata de un suelo de arena arcillosa (SC), en las calicatas 3,4 y 5 se encontró 0.04, 0.06 y 0.04% en grabas, 5.5, 6.32 y 6.45% arenas, por último, se registró 94.47, 93.62 y 93.52% en arcillas. Por lo tanto, se podría decir que es un suelo con arcilla de baja plasticidad (CL). Por otro lado, existe discrepancia también con Cochachin (2017) registro porcentajes de 14.44%; 65.63% y 19.94% lo que indica según la clasificación de suelos, que se trata de una arena limosa.

Esta investigación muestra que existente de 2 a más opciones favorables en la gráfica de curva granulométrica. De esta forma se evidencia que coincide con Vargas et al (2020) quienes encontraron en la curva granulométrica que la mejor opción es la A-25 porque se encuentra dentro de los límites superiores e inferiores que define la curva granulométrica.

En esta investigación se encontró que el contenido de humedad natural para la calicata 1 fue de 3.7% lo que discrepa con Eche y Peláez (2019) quien encontraron en la calicata 1, 16.10% de humedad natural.

Seguidamente en esta investigación se realizó los ensayos de proctor modificado en el que se registró una densidad máxima de 2.285 g/cm³ y una humedad optima de 4.4%, así mismo se adiciono 6% de cloruro de sodio y el resultado fue de 2.218 g/cm³ para densidad máxima, 6.9% para humedad

óptima, lo cual entra en discrepancia con Eche y Peláez (2019) quienes obtuvieron variaciones crecientes a partir de la muestra patrón, como es el caso de la calicata 3 que tuvo una máxima densidad de 1.777 g/cm³ y una humedad óptima de 12.20% la cual al adicionar 4% de cloruro de sodio la humedad óptima fue de 13.60% y la máxima densidad fue de 1.835 g/cm³.

En la investigación se encontró una disminución de densidad máxima seca, tanto para 2,4 y 6% de ceniza de carbón. Lo cual coincide con los resultados de Varaprasad et al (2020) los cuales registran en su investigación que al aumentar el contenido de ceniza se observó que la densidad máxima seca disminuyó en un 25 %.

En la investigación se registró un óptimo decreciente en la muestra al 6% de cloruro de sodio, lo que indica es que coincide con Eche y Peláez (2019) quienes obtuvieron que el ensayo de CBR al 2% de cloruro de sodio es óptimo para un suelo limo arenoso. También existe coincidencia con Cochachin (2017) quien registro que el CBR tiene un aumento en el 2% de cloruro de sodio, y registro que al 4 y 6% el CBR decrece.

Vargas, et al. (2020) en su tesis “Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en los suelos de construcción de vías” como parte de los ensayos realizados se encontró como resultados. El proctor modificado en el suelo virgen obtuvo 2.003 g/cm³ de densidad máxima seca y un óptimo de 9.6%, al adicionar 4,8 y 14% de cascarilla de café, la densidad máxima seca aumento hasta 1.994 g/cm³ y un óptimo de 13.8%.

Para Neyra (2020) en su investigación encontró que la densidad máxima seca decrece hasta 1.24 g/cm³ con un porcentaje de 15% en la medida en la que se incorpora más porcentaje de ceniza y registro que la humedad óptima al 15% fue de 24.5%.

En cuanto a nuestro resultado discrepa con los resultados de Vargas, et al. (2020) ya que nuestros resultados se comportan de forma polarizada, es decir: en la medida en la que se empieza a añadir porcentajes de ceniza de carbón los resultados de la máxima densidad y la humedad óptima aumenta.

Por otro lado, si discrepa con los resultados mostrados por Neyra (2020) quien evidencia que a partir de su muestra virgen los registros van creciendo de manera proporcional con el porcentaje de ceniza, es decir en la medida en la que se añade porcentaje de ceniza a la muestra virgen, los resultados de densidad máxima seca y humedad óptima van aumentando.

Los resultados que arroja esta investigación, deja claro que el proctor mejora con la adición de los aditivos propuestos y que a su vez coincide con Quispe (2019) quien encontró como resultados que la mezcla de arcilla – ceniza y la ceniza se puede emplear en proyectos futuros ya que mejora las propiedades mecánicas del suelo.

Dentro de esta investigación se registró que el material a trabajar, ofrecía buenos resultados de CBR, seguido de ello se pudo también determinar en cada una de las calicatas tiene porcentajes mínimos de expansividad volumétrica lo cual discrepa con Montalvo (2019) quien registra que el suelo que estudio no posee expansividad volumétrica.

Partiendo de la muestra patrón en adelante, en esta investigación se registraron buenos resultados de CBR el cual direcciona a indicar que el uso de este material sea como subbase. Así mismo estos resultados coincide con los resultados de Varaprasad et al (2020), los cuales registraron que el CBR en el 25% de densidad máxima seca comparado con la muestra virgen se observó que su uso puede ser en subbase de carreteras y pavimentos.

Dentro de los resultados de esta investigación con cloruro de sodio, se encontró que la resistencia a la expansividad oscila por un máximo de 33.33% de la muestra trabajada y que además coincide con Pérez y Torres (2015), quienes encontraron resultados y la influencia en la resistencia y expansividad de suelos arcillosos.

Los resultados para CBR al 2,4 y 6% de ceniza de carbón mostraron comportamientos positivos. En la medida en la que se aumentó el porcentaje de ceniza, la calidad del suelo en porcentajes fue aumentando.

Para Neyra (2020) el CBR de las mezclas tuvo un comportamiento similar, puesto que en la medida en la que se incorpora el porcentaje de aditivo el suelo aumenta su calidad significativamente en porcentajes.

En tanto para Vargas et al (2020) en sus resultados de CBR se mostró también un aumento de la calidad del suelo en la medida en la que los porcentajes de aditivos iban siendo aumentados. Así mismo los resultados de CBR de nuestra investigación coincide con ambos resultados. El CBR que se registró a partir de la muestra patrón con aditivos fue aumentando en la medida que varía el porcentaje de adición de aditivos.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que los ensayos hechos en la investigación corresponden a un solo tipo de muestra.
2. De este modo los resultados de proctor modificado, la estabilización de la carretera no pavimentada aplicando la ceniza a razón de 2% se registró una variación mínima de densidad máxima seca de 0.63gr/cm³ y una varianza de 0.1% de óptimo.
3. De igual forma los resultados de proctor modificado, la estabilización de la carretera no pavimentada aplicando la ceniza a razón de 4% se registró una variación mínima de densidad máxima seca de 0.039gr/cm³ y una varianza de 2.3% de óptimo.
4. Por tanto, los resultados de proctor modificado, la estabilización de la carretera no pavimentada aplicando la ceniza a razón de 6% se registró una variación mínima, pero positiva de densidad máxima seca de 0.057gr/cm³ y una varianza de 2.5% de óptimo.
5. Pese a ello los resultados de proctor modificado, la estabilización de la carretera no pavimentada aplicando cloruro de sodio al 6%, se registró una variación mínima de densidad máxima seca de 0.139gr/cm³ y una varianza de 7.10% de óptimo.
6. Por tanto, la ceniza de carbón al 2,4 y 6% mejoran la estabilización de carretera no pavimentada Sartimbamba, puesto que los porcentajes de propuestos mejoran el índice de la calidad del suelo basado en la resistencia mecánica.
7. Por último, el NaCl al 6% influyen negativamente en la estabilización de carretera no pavimentada Sartimbamba, puesto que el porcentaje de 6% no mejoran el índice de la calidad del suelo.

VII. RECOMENDACIONES

A los tesisistas futuros se les invita a realizar estudios más complejos que involucren las propiedades químicas del suelo.

Se recomienda realizar ensayos de abrasión para poder concentrar la mayor información posible en el tema de estabilización de suelos.

Existen ensayos como contenido de humedad y CBR en los que se debe tener cuidado y criterio al momento de trabajar con cloruro de sodio ya que se puede producir pérdidas absolutas o parciales del aditivo, si este entra en contacto con la humedad.

Finalmente, en el ensayo de CBR se recomienda hacerlo sin proceso de inmersión para no sufrir pérdidas de cloruro de sodio.

REFERENCIAS

- Zambrano, J. Estabilización química con Cloruro de Magnesio en el diseño del camino - Villa las Orquídeas - Puente Piedra en el 2016, Lima. Tesis (Título de ingeniero civil). Lima. Universidad César Vallejo. 2019. 69 p.
- Alvarado, C. Guerra, A. Influencia de la adición de Ceniza de cascara de Arroz activada alcalinamente sobre la Estabilización ecológica de la mezcla de Suelo - Sedimento en la Provincia de Viru, Trujillo. Tesis (Título de ingeniero civil). Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo. 2018. 74 p.
- Cochachin, R. Estabilización y durabilidad de sub base usando la cantera de Challhua con adición de cloruro de sodio en 2, 4 y 6% - Huaraz – 2017. Tesis. (Título de ingeniero civil). Huaraz. Universidad San Pedro. 2017. 37 p.
- Maldonado, R. Sarrin, D. 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 (Título de ingeniero civil). Chimbote. Universidad Cesar Vallejo. 2018. 60 p.
- Delgado, C. y Mendoza I. Influencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la tensión efectiva en suelos susceptibles a la licuación. Tesis (Título de ingeniero civil). Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo. 2018. 73 p.
- Bonifacio, W. Sánchez, J. Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque. Tesis (Título de ingeniero civil). Pimentel. Universidad Señor de Sipán. 2015. 131 p.
- Neyra, M. Efectos de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasante areno-limosas. Tesis (Título de ingeniero civil). Piura. Universidad de Piura. 2020. 37 p.
- Pérez, W. Torres, J. Estudio de la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad. Tesis (Título de especialista en Geotecnia Ambiental). Bucaramanga. Universidad de Santander. 2015. 70 p.

- PALOMINO SALDAÑA, Yelsin Edilberto. Influencia de la adición de cloruro de sodio en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso, Cajamarca 2016. 15 p.
- CARUAJULCA CHÁVEZ, Elmer. Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce El Porongo-Aeropuerto-Cajamarca. 2018. 45 p.
- CERNA MONTALVO, Cesar Junior. Comportamiento de la subrasante en la carretera Huaraz-Unchus con adición de 10% Y 20% de cloruro de sodio. 2020. 70 p.
- Eche, K. Pelaez, A. Estabilización de suelos de la red vial vecinal AN-876 con cloruro de sodio obtenido de diferentes salineras, distrito Santa – Ancash – 2019. Tesis (Título de ingeniero civil). Chimbote. Universidad Cesar Vallejo. 2019. 42 p.
- Vargas, Y. Gutierrez, Y. Rojas, J. Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías. Tesis (Título de ingeniero Civil). Ibagué. Universidad Cooperativa de Colombia. 2020. 17. 63 p.
- Quispe, R. Estudio experimental y numérico del comportamiento mecánico de una arcilla mejorada con métodos tradicionales y ceniza de madera. Tesis (Título de ingeniero civil). Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2019. 80 p.
- Juárez, E. Mecanica De Suelos I/ Ground Mechanics I: Fundamentos de la Mecanica de Suelos/Fundamentals of Ground Mechanics. 1974. 53 p.
- Juárez, E. Mecanica De Suelos I/ Ground Mechanics I: Fundamentos de la Mecanica de Suelos/Fundamentals of Ground Mechanics. 1974. 75 - 76 p.
- Reyes, O. Camacho, J y Troncoso, J. Uso del cloruro de sodio en bases granulares. 2006. 3 p.
- Solla, F. Rodríguez, R y Merino, A. Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. 2001. 382 p.
- Rico, A. Ingeniería de suelos en las vías terrestres carreteras, ferrocarriles y aeropistas. 2005. 493 p.
- Montejo, A Montejo A. y Montejo, A. Estabilización de suelos. 2018. 17 p.

- NTP 339.127 (1999) - Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- NTP 339.128 (1999) - Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- NTP 339.129 (1999) - Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
- NTP 339.134 (1999) - Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).
- NTP 339.131 (1999) - Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo.
- NTP 339.141 (1999) - Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.
- NTP 339.145 (1999) - Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: CIP, 2013. 346 p.
- WAYNE, Mark H., et al. Evaluation of Reclaimed Hydrated Fly Ash as an Aggregate for Sustainable Roadway Base Material. *Advances in Civil Engineering*, 2021, vol. 2021.
- NNOCHIRI, Emeka Segun; EMEKA, Helen Oluyemisi; TANIMOLA, Moses. Geotechnical characteristics of lateritic soil stabilized with sawdust ash-lime mixtures. *Civil Engineering Journal*, 2017, no 1.
- NNOCHIRI, Emeka Segun; ADETAYO, Oluwaseun Adedapo. Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with corn cob ash. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 2019, vol. 12, no 1, p. 73-76.
- TALIB, Mohd Khaidir Abu; NORIYUKI, Yasufuku. Highly organic soil stabilization by using sugarcane Bagasse Ash (SCBA). En *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2017. p. 07013.
- WIDJAJAKUSUMA, Jack; WINATA, Hendo. Influence of Rice Husk Ash and Clay in Stabilization of Silty Soils Using Cement. En *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2017. p. 04004.

- JAYASINGHE, K. y col. Investigación de suelos inestables estabilizados mediante lechada de cemento de cenizas volantes. En Ciclo de conferencias de IOP: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente . IOP Publishing, 2021. p. 012019.
- VARAPRASAD, B. J. S.; JOGA, Jayaprakash Reddy; JOGA, Suryaprakash Reddy. Reuse of Municipal Solid Waste from Incinerated Ash in the Stabilization of Clayey Soils. Slovak Journal of Civil Engineering, 2020, vol. 28, no 4, p. 1-7.
- ABDULLAH, Hayder H.; SHAHIN, Mohamed A.; WALSKE, Megan L. Review of fly-ash-based geopolymers for soil stabilisation with special reference to clay. Geosciences, 2020, vol. 10, no 7, p. 249.
- KARIM, Hussein; AL-RECABY, Makki; NSAIF, Maha. Stabilization of soft clayey soils with sawdust ashes. En MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018. p. 01006.
- KALYANE, Amar; PATIL, R. J. Experimental investigation of black cotton soil by lime and fly-ash stabilization. Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering, 2020, vol. 13, no 2, p. 83-88.

ANEXOS

Los anexos están conformados de forma obligatoria por:

ANEXO N° 01

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
VI: Ceniza de carbón	Es altamente alcalina entre otras propiedades importantes (Solla, et al. 2001, p. 382).	incorporación de los tres aditivos a una razón de 7%, 14% y 21%, luego se uniformizara la mezcla.	Dosificación de la ceniza de carbón (% Peso)	2% 4% 6%	Nominal
VI: Cloruro de sodio	Se evaporan el agua salinizada y recaudan los residuos que son convertidos en sal (Reyes, et al. 2004, p. 3).	incorporación del cloruro de sodio con la dosificación de 6% y uniformizara la mezcla.	Dosificación de cloruro de sodio (%)	6%	Nominal
VD: Estabilización de Carretera no pavimentada, Sartimbamba	se entiende que se hará uso de un suelo para un fin determinado y en un lugar específico	Análisis de inmersión a 4 días con variante de 3 puntos.	Resistencia a la compactación (kg/cm ²)	4 días	Nominal

ANEXO N° 02
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
DE DATOS

Técnica	Observación	Calicatas	Trabajos de Laboratorio	Gabinete
Instrumento	Apuntes y fotos	Herramientas de campo	Ensayos de laboratorio	Formatos de Excel
Fuente de información	Terreno de fundación	Terreno de fundación	Terreno de fundación	Datos de campo

ANEXO N° 03
PROTOCOLOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Vigencia: 08/06/2021

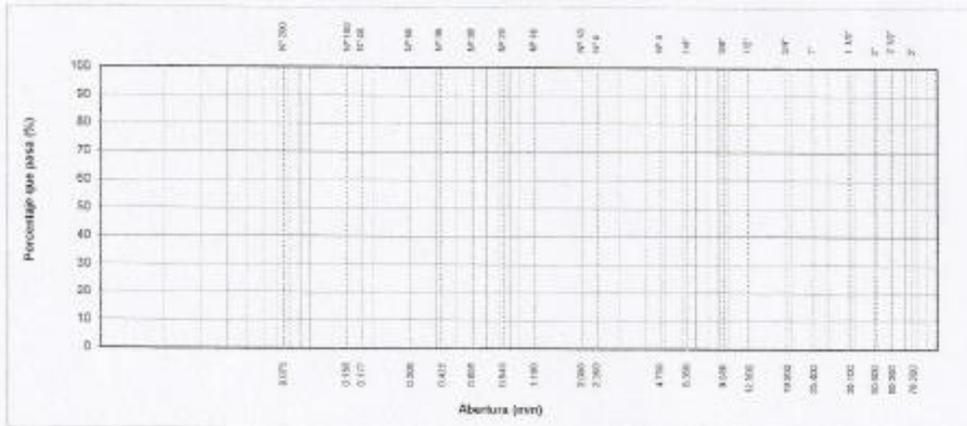
PROYECTO : _____
UBICACIÓN : _____

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : _____ TAMANO MÁXIMO : _____
CALICATA : N° 1 LADO : _____
MATERIAL : _____
PROFUND. : L - -

TAMIZO	ÁREA DE MUESTRA (cm²)	VALOR NOMINAL	CONCENTRACION (g/cm³)	VALOR NOMINAL (mm)	CONCENTRACION (g/cm³)	PROPORCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco : _____ Peso fracción : _____
8"	152.400						Contenido de Humedad (%): _____
5"	127.000						Limite Líquido (LL): _____
4"	101.600					100	Limite Plástico (LP): _____
3"	76.200					75 66	Índice Plástico (IP): _____
2 1/2"	60.350						Clasificación (SUCS): _____
2"	50.800						Clasificación (AASHTO): _____
1 1/2"	38.100					40 75	Índice de Consistencia: _____
1"	25.400						
3/4"	19.000					20 60	Descripción (AASHTO): _____ REG-MILLO
1/2"	12.500						Descripción (SUCS): _____ Ancho base de base y subbase
3/8"	9.500						Materia Orgánica: _____
1/4"	6.350						Turba: _____
N° 4	4.750					20 45	CU: 0.000 CC: 0.000
N° 8	2.360						OBSERVACIONES: _____
N° 10	2.000					15 30	Grava > 2" : _____
N° 15	1.190						Grava 2" - N° 4 : _____
N° 20	0.840						Arena N° 4 - N° 20 : _____
N° 30	0.600						Piezas > N° 200 : _____
N° 40	0.425					5 15	% < 0" : _____
N° 50	0.300						
N° 60	0.177						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075						
< N° 200	PONDO						9.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATORIO

[Signature]

ASOCIACIÓN CECOLSA
Reg. GAF N° 168308

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)

PROYECTO :
 UBICACIÓN :

I. Datos Generales

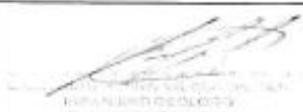
PROCEDENCIA : TAMAÑO MAXIMO :
 CALICATA : 1- LADO :
 MATERIAL :
 PROFUND. : 1--

Nº DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara				
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)			
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)			
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)			
Peso Suelo Seco	(gr.)			
Contenido de Humedad	(gr.)			
Promedio (%) M1				

Observaciones:

.....

LABORATORIO



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 DIVISIÓN DE INVESTIGACIONES DE SUELOS Y AGUAS
 (CIVIC) - C.A.

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D4318 , MTC E-110)

PROYECTO :	
UBICACIÓN :	

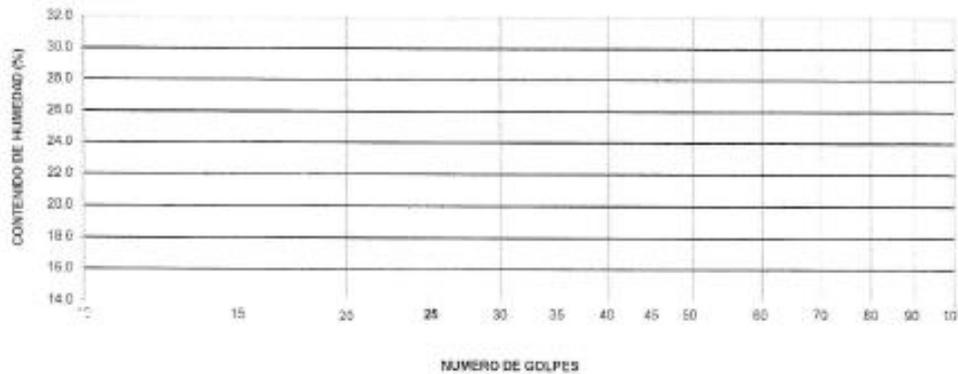
I. Datos Generales

PROCEDENCIA :		TAMAÑO MAXIMO :	
CALICATA :		LADO :	
MATERIAL :			
PROFUND. :			

LIMITE LIQUIDO (MTC E 112)				
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NUMERO DE GOLPES				

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111)				
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)				

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLÁSTICO	
INDICE DE PLÁSTICIDAD	

OBSERVACIONES

LABORATORIO
 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Tel. (041) 747-100000</small>

**PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO
(MTC E 206, MTC E 205)**

PROYECTO	:	
UBICACIÓN	:	

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	:		LADO :	
UBICACIÓN	:			
MATERIAL	:			
PROFUND. (m)	:			

**PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO
MTC E 206-2000**

Nº DE ENSAYOS			1	2	
Peso de muestra seca al horno	A	gr.			PROMEDIO
Peso de muestra saturada superf. Soca	B	gr.			
Peso de muestra saturada superf. seca Sumergida	C	gr.			
Peso específico sobre base seca $A/(B-C)$					
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca $B/(B-C)$					
Peso específico aparente $A/(A-C)$					
Absorción de agua $(B-A)*100/A$					

Observaciones:

.....

.....

.....

**PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO
MTC E 205-2000**

Nº DE ENSAYOS			1	2	
P. Píndmetro mas agua aforado	A	gr.			PROMEDIO
P. de la muestra seca al horno	B	gr.			
P. de la muestra saturada superficialmente seca	C	gr.			
P. Píndmetro mas agua mas muestra aforado	D	gr.			
Peso específico sobre base seca $B/(C-(D-A))$					
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca $C/(C-(D-A))$					
Peso específico aparente $B/(B-(D-A))$					
Absorción de agua $(C-B)*100/B$					

Observaciones:

.....

.....

.....

LABORATORIO


 Ing. Carlos A. ...
 Director General
 Tel. 04174 440000

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROYECTO :	
UBICACIÓN :	

1. Datos Generales

PROCEDENCIA :	CLASF. (SUCS) :
CALICATA :	CLASF. (AASHTO) :
MATERIAL :	LADO :
PROFUND. : --	

Molde N°	57	58	59			
Capas N°	5	5	5			
Golpes por capa N°	55	25	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)						
Peso de molde (g)						
Peso del suelo húmedo (g)						
Volumen del molde (cm ³)						
Densidad húmeda (g/cm ³)						
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)						
Peso suelo seco + tara (g)						
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)						
Peso de suelo seco (g)						
Contenido de humedad (%)						
Densidad seca (g/cm ³)						

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 57				MOLDE N° 58				MOLDE N° 59				
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		Dial (mm)	kg	kg	%	Dial (mm)	kg	kg	%	Dial (mm)	kg	kg	%	
0.000														
0.635														
1.270														
1.905														
2.540	70.5			2032.7	142.4			1609.4	125.6			1547.7	108.4	
3.810														
5.080	105.7			2665.7	186.6			3231.5	150.9			2780.9	129.8	
6.350														
7.620														
10.160														

LABORATORIO

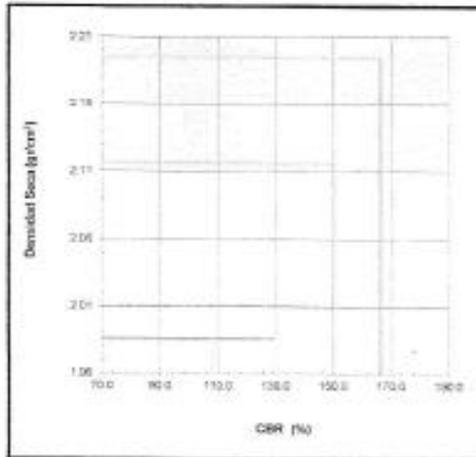

 INGENIERO DE CIVIL
 Reg. - C.R.P. N° 168305

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROYECTO	
UBICACIÓN	

T. Datos Generales

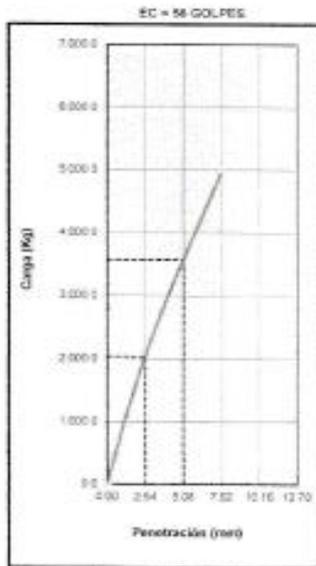
PROCEDENCIA	CLASF. (SUCS)
CALICATA	CLASF. (AASHTO)
MATERIAL	LADO
PROFUND.	



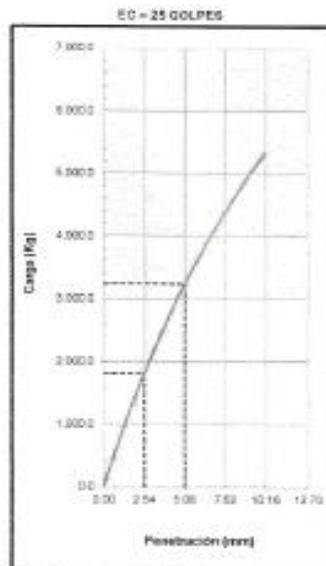
METODO DE COMPACTACION	:	
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	
DENSIDAD INSITU (g/cm³)	:	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	0.2"
CBR al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	0.2"

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = [] [%]
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = [] [%]

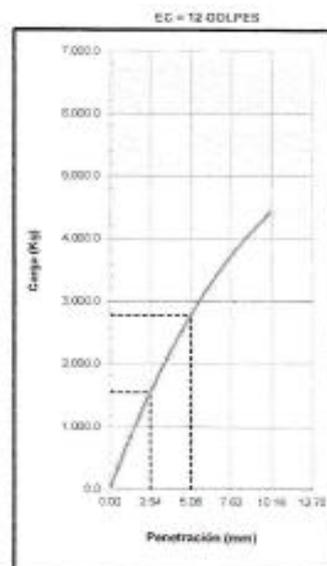
OBSERVACIONES:
 Suelo Granular
 Este ensayo se dejó al curado de medio ambiente 07 días.
 Ingresando al curado de inmersión 04 días



CBR (0.1")
 CBR (0.2")



CBR (0.1")
 CBR (0.2")



CBR (0.1")
 CBR (0.2")

LABORATORIO

INGENIERO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
 ENRIQUE GARCIA
 Reg. Cop N° 586019

ANEXO N° 04
NORMAS TÉCNICAS

MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 mm (Nº 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,750 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,750 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C.

4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
5/8"	9,500
Nº 4	4,750
Nº 10	2,000
Nº 20	840
Nº 40	425
Nº 60	250
Nº 100	150
Nº 200	75

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
5/8"	9,500
Nº 4	4,750
Nº 8	2,360
Nº 16	1,180
Nº 30	600
Nº 50	300
Nº 100	150
Nº 200	75



4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.

4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

5.0 MUESTRA

5.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

5.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

5.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

5.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral [4.1.1](#).

5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (Nº 4).

6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:



TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
5/8"	9,500
Nº 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunirías con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, al resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegran con facilidad, se podrán tamizar en seco.

- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.

- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.

- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.

- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pese una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Se pesen de nuevo y se anotan los pesos.

- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- 6.2.11 Se leva a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.



6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones 6.1.2 y 6.1.3.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica es la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire

W₁ = Peso de suelo secado en el horno

7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.



Las pequeñas diferencias resultantes en el empare de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimento, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- a) Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- b) Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar eso, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- c) Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
- d) La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- e) Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- f) Errores en las pesadas y en los cálculos.



NTC E 108

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota 1. (*) El secado en horno siguiendo el método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelo contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

4.0 EQUIPOS y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Nota 2. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restauración (Ver [Sección 6.3.3](#) del presente ensayo).

Nota 3. El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier lite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren al empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.



5.0 MUESTRA

- 5.1 Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D-4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.
- 5.2 La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ESPECÍMEN DEL ENSAYO

- 6.1.1 Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.
- 6.1.2 La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a \pm 0,1%	a \pm 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,750 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

- 6.1.3 El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.
- 6.1.4 Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.
- 6.1.5 Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca íntacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.
- 6.2 SELECCION DEL ESPECÍMEN DE ENSAYO
- 6.2.1 Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, al tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).



- 6.2.2 Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):
- Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
 - Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotocho o alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
 - Si no es posible aptar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- 6.2.3 En muestras intactas tales como: bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.
- Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm., o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
 - Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 6.2.3.c. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

Nota 4. El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestre la sección completa. Si el material está estratificado (o se encuentre más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especímenes individuales, o ambos. Los especímenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.

6.3 PROCEDIMIENTO

- 6.3.1 Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- 6.3.2 Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la [sección 6.2](#) de este ensayo.
- 6.3.3 Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza (véase 4.1.2 de este ensayo) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Nota 5. Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos del laboratorio. Los números de las tapas deberán ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

Nota 6. Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como cilas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.

- 6.3.4 Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.



Nota 7. En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0,1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.

Nota 8. Desde que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes húmedos, deberán retirarse los especímenes secos antes de colocar especímenes húmedos en el mismo horno. Sin embargo, esto no sería aplicable si los especímenes secados previamente permanecieran en el horno por un período de tiempo adicional de 16 horas.

- 6.3.5 Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en 6.3.2 de este ensayo. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

Nota 9. Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1. CÁLCULOS

- 7.1.1 Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$
$$W = \frac{M_{\text{cont}} - M_{\text{cr}}}{M_{\text{cr}} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M_{cont} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M_{cr} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
- M_c = es el peso del contenedor, en gramos
- M_w = es el peso del agua, en gramos
- M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

7.2 INFORME

- 7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- b) El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1 % ó al 0,1 %, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.
- c) Indicar si el espécimen de ensayo tenía un peso menor que el indicado en 6.1.2 de este ensayo.
- d) Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).
- e) Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a 110 ± 5 °C.
- f) Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.



NTC E 110

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

1.0 OBJETO

- 1.1 Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos golpes por segundo.

Discusión: Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunta, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.2 Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2 μ m para determinar su número de actividad.
- 2.3 Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutita a la intemperización.
- 2.4 El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- 4.1.3 Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.
- De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.
- 4.1.4 Acelerador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separado, una barra de metal de $10,00 \pm 0,2$ mm ($0,394 \pm 0,008$ ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlada y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para secar la muestra.
- 4.2 MATERIALES
- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"- 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.
- 4.3 INSUMOS
- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz 425 μm (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

6.0 PROCEDIMIENTO

Multipunto

- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

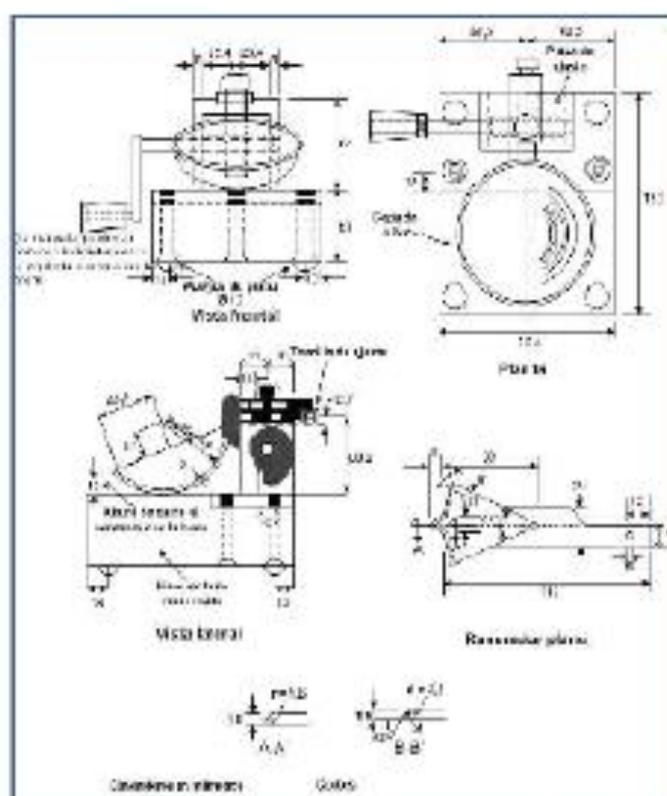


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acañalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acañalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acañalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acañalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 o 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).

Nota1. Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con



la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se ague deslizándose en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará el suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes, N , necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acañador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.5 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad, W^o , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

7.0 CÁLCULOS

(Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad, W^o , y el número de golpes correspondientes, N , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

(Un punto)

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^o \left(\frac{N}{25} \right)^{0.425} \quad \text{o} \quad LL = kW^o$$

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- W^o = Contenido de humedad del suelo,
- K = factor dado en la tabla A.1



Tabla A -1

N (Número de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1

Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

8.0 PRECISIÓN Y DISPERSIÓN

8.1 PRECISIÓN

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

8.2 DISPERSIÓN

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



MTC E 111

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en Ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1.241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos son extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactabilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los plásticos de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 425 µm (N° 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 425 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado

en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al apretarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

6.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmenuzado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmenuce aproximadamente con dicho diámetro.

El desmenuamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos más plásticos los trozos son más pequeños.

6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

7.0 CÁLCULOS E INFORME

7.1 CÁLCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

7.2 CÁLCULOS DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = LL - LP.$$

Donde:

LL. = Límite Líquido

LP. = Límite Plástico

LL. y LP., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no pueden determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulta igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).



MTG E 115

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (56 000 pie-lb/pie²)).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pistón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m² (56000 pie-lb/pie²)).

Nota 1. Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2. El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado.

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg).

Nota 3. Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718.

- 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

2.3.1 MÉTODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.3 Número de capas: 5
- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

2.3.2 MÉTODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- 2.3.2.3 Número de Capas: 5
- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).



2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

2.3.3 METODO "C"

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Nota 4. Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 471B.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = M \cdot a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb, m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pt³ no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas ó pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_{opt}) y el Peso Unitario Seco máximo (ρ_{max}) mediante un ensayo de



compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_{s1}) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo (γ_{max}). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_{s1}) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco (γ_{max}) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 399.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una empuje modificada ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}^3/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}^3/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 **Ensamblaje del Molde.**- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de $15,7\text{ mm}/\text{m}$ ($0,300\text{ pulg}/\text{pie}$) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y construídos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos $50,8\text{ mm}$ ($2,0\text{ pulg}$) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos $19,0\text{ mm}$ ($0,75\text{ pulg}$), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 **Molde de 4 pulgadas.**- Un molde que tenga en promedio $101,6 \pm 0,4\text{ mm}$ ($4,000 \pm 0,016\text{ pulg}$) de diámetro interior, una altura de $116,4 \pm 0,3\text{ mm}$ ($4,584 \pm 0,012\text{ pulg}$) y un volumen de $944 \pm 14\text{ cm}^3$ ($0,0333 \pm 0,0005\text{ pie}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 **Molde de 6 pulgadas.**- Un molde que tenga en promedio $152,4 \pm 0,7\text{ mm}$ ($6,000 \pm 0,028\text{ pulg}$) de diámetro interior, una altura de: $116,4 \pm 0,3\text{ mm}$ ($4,584 \pm 0,012\text{ pulg}$) y un volumen de $2\,124 \pm 25\text{ cm}^3$ ($0,075 \pm 0,0009\text{ pie}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 **Pisón ó Martillo.**- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de $457,2 \pm 1,0\text{ mm}$ ($18 \pm 0,05\text{ pulg}$) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será $4,54 \pm 0,01\text{ kg}$ ($10 \pm 0,02\text{ lb}\cdot\text{m}$), salvo que la masa pisón mecánico se ajusta al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de $50,80 \pm 0,13\text{ mm}$ ($2,000 \pm 0,005\text{ pulg}$), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los $50,800 \pm 0,25\text{ mm}$ ($2,000 \pm 0,01\text{ pulg}$).

Nota 5. Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó $0,4536\text{ kg}$ ó 1 N es igual a $0,2248\text{ libras}\cdot\text{masa}$ ó $0,1020\text{ kg}$.

- 4.1.2.1 **Pisón Manual.**- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de $19,0 \pm 1,6\text{ mm}$



($\frac{1}{4} \pm \frac{1}{16}$ pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 **Pisón Mecánico Circular.-** El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber $2,5 \pm 0,8$ mm ($0,10 \pm 0,03$ pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 **Pisón Mecánico.-** Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a $73,7 \pm 0,5$ mm ($2,90 \pm 0,02$ pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 **Extractor de Muestras (opcional).-** Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 **Balanza.-** Una balanza de tipo GPS que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 **Horno de Secado.-** Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C a través de la cámara de secado.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 **Regla.-** Una regla recta metélica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm [10 pulgadas]. La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,005$ pulg). El borde de agarre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).
- 4.2.2 **Tamices ó Mallas.-** De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 **Herramientas de Mezcla.-** Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19,0mm ($\frac{3}{4}$ pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de los cuales la información que se desea.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACIÓN DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Encamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.



6.1.3 Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

- a) Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones, Evaluación, Selección y Elación de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
- b) Medidas.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.
- c) Pisón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 4.1.2 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.
- d) Pisón Mecánico.- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Pisón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 4.1.2.2 de este ensayo.

6.1 PREPARACIÓN DEL ENSAYO

6.2.1 SUELOS

6.2.1.1 No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

6.2.1.2 Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen halosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).

6.2.1.3 Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.

6.2.2 MÉTODO DE PREPARACIÓN HUMEDA (PREFERIBLE)

6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

6.2.2.2 Prepara mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

Nota 6. Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.

6.2.2.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando al Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplea el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C (140°F).



Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido de agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado o seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

6.2.3 METODO DE PREPARACION EN SECO

6.2.3.1 Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea fríasil. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (N°4); 9,5 mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 5 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pesen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

6.2.3.2 Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 6.2.2.2.

6.2.3.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

6.2.4 Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

6.2.4.1 Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

6.2.4.2 Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortado. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ó otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

6.2.4.4 Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

Nota 7. Cuando los especímenes de compactación se humedecan más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.



- 6.2.4.5 Al operar el pisón manual del piñón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una selección uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- 6.2.4.6 Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- 6.2.4.7 Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).
- 6.2.4.8 Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- 6.2.4.9 Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuja la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,2 kN/m³ (0,1 lbf/ft³) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.

7.1.2 Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 7.1.5 de este ensayo (ver ejemplo, Fig. 3).

Nota 8. La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 á 95% de saturación. Técnicamente, la curva de compactación no puede ser ploteada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.

Nota 9. La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

7.1.3 Contenido de Agua, w .- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

7.1.4 Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

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

Donde:

- ρ_n = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m^3)
- M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)
- V = Volumen del molde de compactación (m^3) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_n}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

- ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m^3)
- w = contenido de agua (%)

$$\gamma_t = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lb}/\text{pie}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_s = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{kN}/\text{m}^3$$

Donde:

- γ_s = peso unitario seco del espécimen compactado.

7.1.5 En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_s}{(\gamma_s)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

- W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- γ_w = Peso unitario del agua $9,807\text{kN}/\text{m}^3$ ó $(62,43 \text{ lbf}/\text{pie}^3)$.
- γ_s = Peso unitario seco del suelo.
- G_s = Gravedad específica del suelo.

Nota 10. La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

7.2 INFORME

7.2.1 Reportar la siguiente información:

7.2.1.1 Procedimiento usado (A, B o C).

7.2.1.2 Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

7.2.1.3 El contenido de agua recibida, si se determinó.

7.2.1.4 El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5 %.



- 7.2.1.5 El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a 0,5 lb/ptc³.
 - 7.2.1.6 Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).
 - 7.2.1.7 Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.
 - 7.2.1.8 Descripción o Clasificación del material usado en la prueba (ASTM D 2489, NTP 339.134).
 - 7.2.1.9 Gravedad Específica y Método de Determinación.
 - 7.2.1.10 Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.
 - 7.2.1.11 Plotes de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecer la curva de compactación y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.
 - 7.2.1.12 El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), P_c en %.
- 8.0 PRECISION Y DISPERSION**
- 8.1 **PRECISION.-** Todos los datos están siendo evaluados para determinar la precisión de este método de ensayo. Además los datos pertinentes están siendo solicitados por los usuarios de este método de ensayo.
 - 8.2 **CONFIABILIDAD.-** No es posible obtener la información sobre la confiabilidad porque no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.



ANEXO

(INFORMACION OBLIGATORIA)

A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION

A1.1. OBJETIVO

A1.1.1. Este anexo describe el procedimiento para la determinación del volumen del molde de compactación.

A1.1.2. El volumen es determinado por un método de llenado con agua y chequeado con un método de medición lineal.

A1.2. APARATOS

A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 4, los siguientes ítems son requeridos:

A1.2.1.1 Vernier o Dial Calibrado, graduado en un rango de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.2 Micrómetro Interior, graduado en un rango de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y aproximación de lectura a 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.3 Platos de Plástico ó Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de de espesor 200 mm² por 6 mm (8 pulg² por 1/4 pulg).

A1.2.1.4 Termómetro, de un rango de 0 - 50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 1.

A1.2.1.5 Llave de cierre engrasada o sellador similar.

A1.2.1.6 Equipo diverso; jeringa de pera, secadores, etc.

A1.3. PRECAUCIONES

A1.3.1. Desarrollar este procedimiento en un área aislada de corrientes de aire y fluctuaciones extremas de temperatura.

A1.4. PROCEDIMIENTO

A1.4.1. Método de Llenado de agua:

A1.4.1.1 Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico ó vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 5.2.4.7 de este ensayo., colocar el molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.

A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y platos de vidrio o plástico con aproximación al 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.3 Colocar el molde y la base del plato en una superficie nivelada, firme y llenar el molde con agua ligeramente hasta los bordes.

A1.4.1.4 Deslizar el segundo plato sobre el borde superior del molde de tal manera que el molde quede completamente lleno de agua y sin burbujas de aire atrapadas. Añadir o quitar agua si es necesario, con la jeringa bombilla.

A1.4.1.5 Secar completamente cualquier exceso de agua del exterior del molde y platos.

A1.4.1.6 Determinar el peso del molde, platos y agua y registrar con aproximación a 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde con aproximación 1 °C y registrar. Determinar la densidad absoluta del agua según la Tabla A1.1.

A1.4.1.8 Calcular el peso del agua en el molde restando el peso determinado en A1.4.1.2. del registrado en A1.4.1.6.

- A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³).
- A1.4.1.10 Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3 al A1.4.1.9.
- A1.4.2 Método de Mediciones Lineales:
- A1.4.2.1 Usando el vernier calibrador o el micrómetro interior, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.2 Usando el vernier calibrador, medir la altura interior del molde realizando tres medidas igualmente espaciadas alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.3 Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.
- A1.4.2.4 Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-libra) ó A1b (para SI):

$$V = \frac{(\pi)h(d_t + d_b)^2}{(10)(1728)} \quad (A.1.a)$$

$$V = \frac{(\pi)h(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad (A.1.b)$$

Donde:

- V = Volumen de molde, cm³, (pie³)
 H = Promedio de altura, mm, (pulg).
 dt = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)
 db = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)
 1/1728 = Constante para convertir pulg³ a pie³
 1/103 = Constante para convertir mm³ a cm³

- A1.5. Comparación de Resultados
- A1.5.1 El volumen obtenido por otro método debe estar dentro de los requisitos de tolerancia de 4.1.1.1 y 4.1.1.2.
- A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.
- A1.5.3 Repetir la determinación de volumen si estos criterios no concuerdan.
- A1.5.4 La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.
- A1.5.5 Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 7.1.4).

Tabla 1
 Tiempo de permanencia requerido para saturación de especímenes

Clasificación	Tiempo de permanencia mínimo en horas
GW, GP, SW, SP	No se requiere
GM, SM	3
Todos los demás suelos	16



Tabla 2
Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,025	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
1/2	12,70
2 1/2	63,50
2 3/4	66,70
4	101,60
4 1/2	114,30
4,584	116,43
4 3/4	120,60
6	152,4
6 1/2	165,10
6 3/4	168,30
6 5/8	171,40
8 1/4	208,60

pie ³	cm ³
1/30 (0,0333)	943
0,0005	14
1/13,333 (0,0750)	2 124
0,0011	31

Tabla A.1.1
Densidad del Agua

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

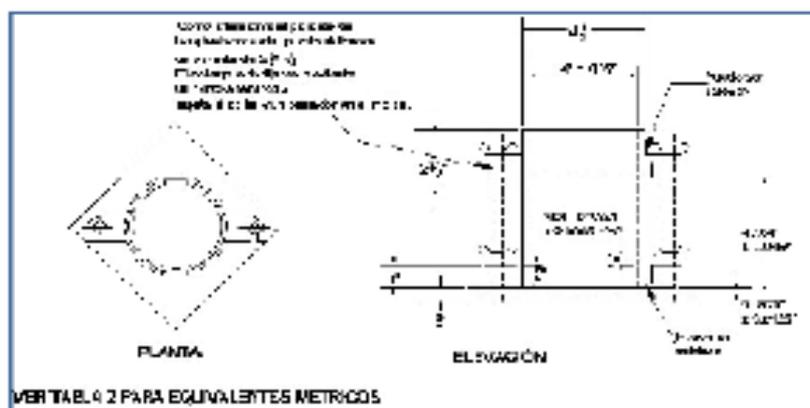


Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

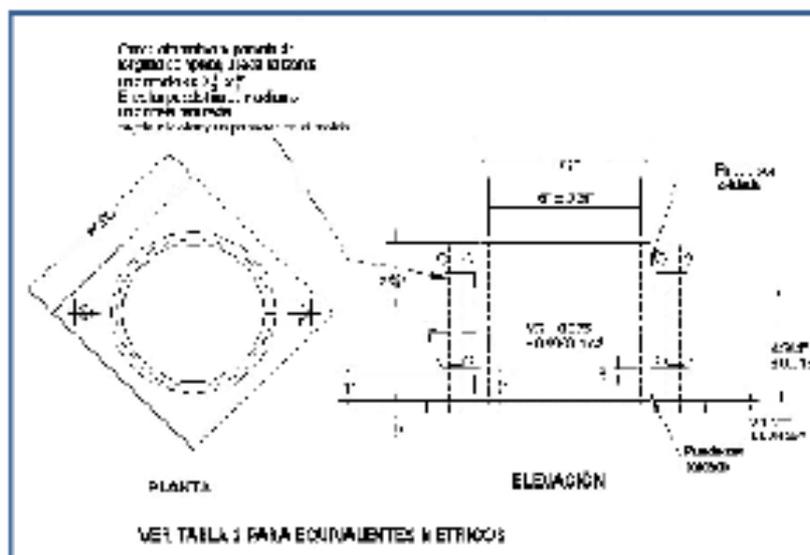


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg



MTCE L32 CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

1.0 OBJETO

- 1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1553: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0,66 mm ($6 \pm 0,026"$) de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm ($7 \pm 0,018"$) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")

de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,5 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

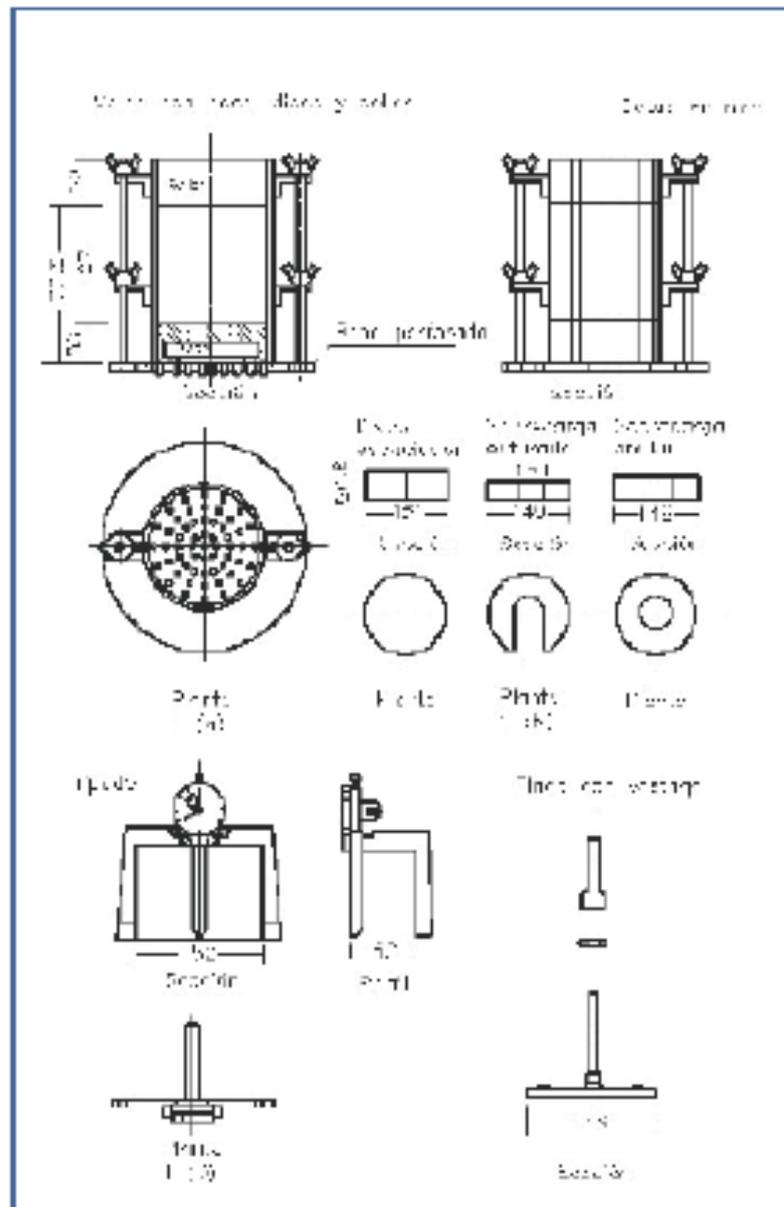


Figura 1.



4.1.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,5 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

4.1.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

4.1.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,53 \pm 0,13$ mm (1,954 \pm 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 5,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

4.1.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

4.1.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

4.1.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

4.1.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

4.1.12 Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

4.1.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezdador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

5.0 MUESTRA

5.1 La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser remevido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de 3/4 de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más des/avorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

6.2 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea



superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- 6.3 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellena con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- 6.4 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que



se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase Figura 2b).

Nota 2. A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vértigo del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 3c).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

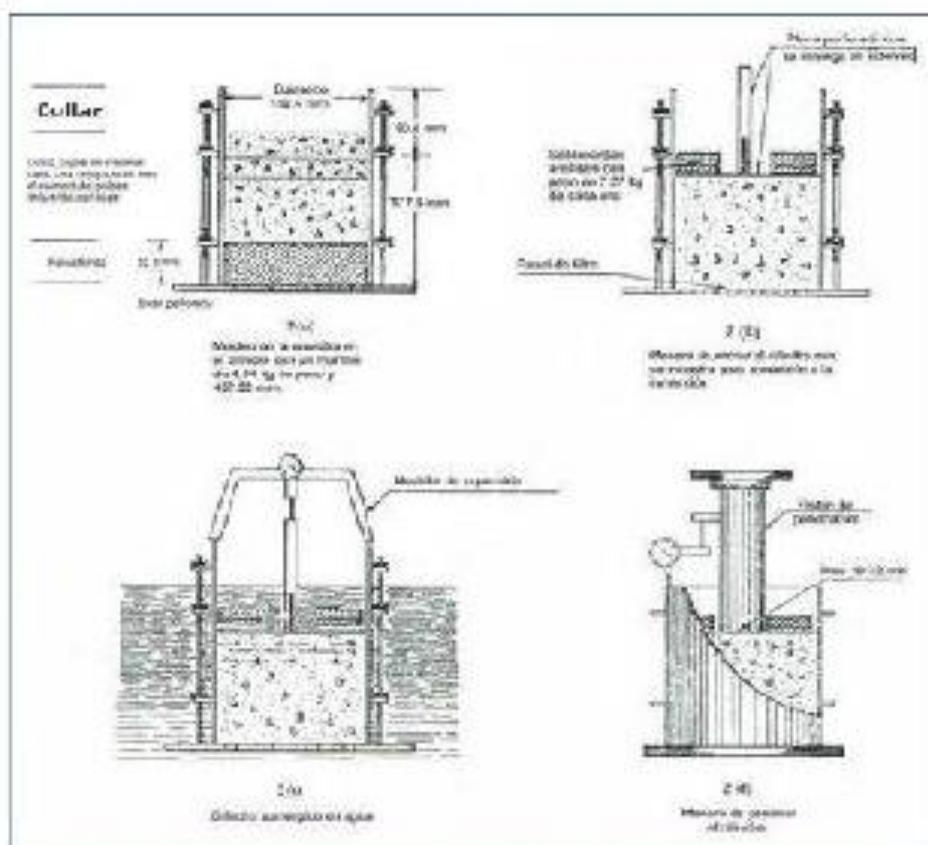


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 6.5 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con $\pm 2,27$ kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Lévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

6.6 PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0,60 x 0,80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma NTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio.
- Una vez lleno el molde, se parafrinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria (7,0" ± 0,16") si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

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

Donde:

- H = Humedad prefijada
h = Humedad natural



- 7.1.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal e modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 7.1.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 4.1.3 y 4.1.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- 7.1.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- 7.1.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

- L_1 = Lectura inicial en mm.
 L_2 = Lectura final en mm.

- 7.1.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MM/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000 lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

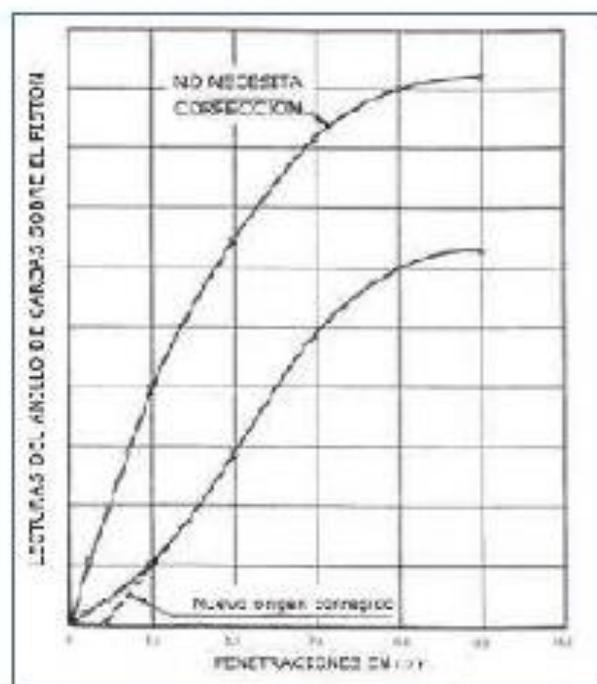


Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR

7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTÓN

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).

LOCALIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO



ANEXO N° 05
ENSAYOS DE LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)

Fecha: 08/06/2021

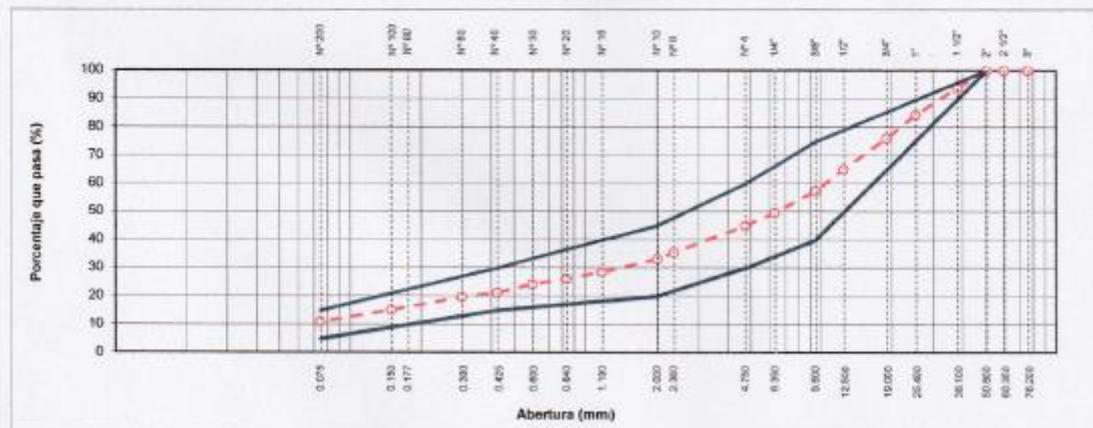
I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200
CALICATA : M-1
MATERIAL : Terreno de fundacion.
PROFUND. : --

TAMANO MÁXIMO : 2 "
LADO : Der

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 25982.3 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 822.6 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 3.7
2 1/2"	60.350						
2"	50.800				100.0	100	Limite Líquido (LL) : 24.4
1 1/2"	38.100	1585.2	6.0	6.0	94.0		Limite Plástico (LP) : 17.7
1"	25.400	2503.5	9.6	15.7	84.3	75 95	Indice Plástico (IP) : 6.7
3/4"	19.000	2103.2	8.1	23.8	76.2		Clasificación (SUCS) : GP - GC
1/2"	12.500	2863.5	11.0	34.8	65.2		Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)
3/8"	9.500	2031.2	7.8	42.6	57.4	40 75	Indice de Consistencia : 3.10
1/4"	6.350	1985.3	7.6	50.2	49.8		
Nº 4	4.750	1223.6	4.7	54.9	45.1	30 60	Descripción (AASHTO) : BUENO
Nº 8	2.360	2464.9	9.5	64.4	35.6		Descripción (SUCS) : Grava pobremente gradada con arcilla y arena
Nº 10	2.000	602.0	2.3	66.7	33.3	20 45	Materia Orgánica : --
Nº 16	1.190	1171.2	4.5	71.3	28.7		Turba : --
Nº 20	0.840	658.9	2.5	73.8	26.2		CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 30	0.600	486.7	1.9	75.7	24.3		OBSERVACIONES :
Nº 40	0.425	802.7	3.1	78.8	21.2	15 30	Grava > 2" : 0.0
Nº 50	0.300	377.1	1.5	80.2	19.8		Grava 2" - Nº 4 : 54.9
Nº 60	0.250	311.3	1.2	81.4	18.6		Arena Nº4 - Nº 200 : 34.1
Nº 100	0.150	429.6	1.7	84.8	15.2		Finos < Nº 200 : 11.0
Nº 200	0.075	1088.7	4.2	89.0	11.0	5 15	% > 3" : 0.0%
< Nº 200	FONDO	2853.4	11.0	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO


 CRISTÓBAL TRINIDAD VILELA DEL ROS
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 168308

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+20) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+000-52+200	TAMAÑO MAXIMO	: 2 "
CALICATA	: M-1	LADO	: Der
MATERIAL	: Terreno de fundacion		
PROFUND.	: --		

Nº DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara				
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	856.3	738.6	714.3
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	824.2	716.5	686.3
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	32.1	22.1	28.0
Peso Suelo Seco	(gr.)	824.2	716.5	686.3
Contenido de Humedad	(gr.)	3.9	3.1	4.1
Promedio (%)		3.7		

Observaciones:



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D4318 , MTC E-110)

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200 **TAMAÑO MAXIMO** : 2 °
CALICATA : M-1 **LADO** : Der
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		17	31	16
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	59.70	52.53	59.80
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	51.90	45.40	52.70
PESO DE AGUA	(g)	7.80	7.13	7.10
PESO DEL TARRO	(g)	21.50	16.20	22.10
PESO DEL SUELO SECO	(g)	30.40	29.20	30.60
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.66	24.42	23.20
NUMERO DE GOLPES		16	26	36

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		31	16	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	10.75	10.70	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	10.00	10.10	
PESO DE AGUA	(g)	0.75	0.60	
PESO DEL TARRO	(g)	5.90	6.60	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.1	3.5	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	18.3	17.1	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	24.4
LIMITE PLASTICO	17.7
INDICE DE PLASTICIDAD	6.7

OBSERVACIONES

LABORATORIO

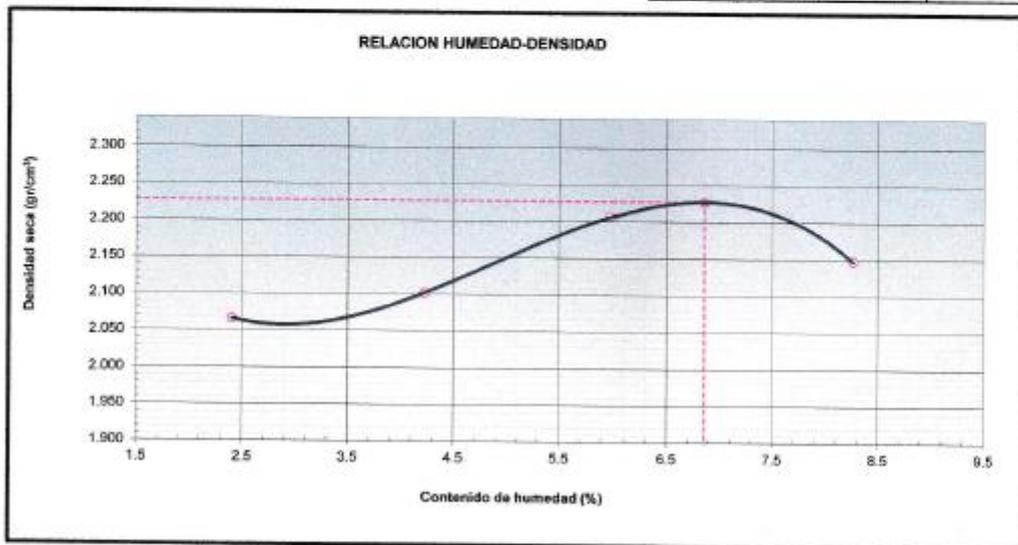
CARLOS ALBERTO VILELLA DE LOS ANGELES
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 146308

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	EFFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha : 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	Muestra 52+000-52+200	CLASF. (SUCS)	GP - GC
CALICATA	M-1	CLASF. (AASHTO)	A-2-4 (0)
MATERIAL	Terreno de fundación	LADO	Der
PROFUND.	1 --		

Método "C"						
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10958.00	11120.00	11430.00	11402.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4494	4654	4966	4938	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.117	2.192	2.339	2.326	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	518.50	531.40	541.80	547.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	506.30	509.80	511.20	505.70	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	12.20	21.60	30.60	41.80	
Peso del suelo seco	gr	506.30	509.80	511.20	505.70	
Contenido de agua	%	2.41	4.24	5.99	8.27	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.067	2.103	2.207	2.148	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						2.228
<i>Humedad óptima (%)</i>						6.9



LABORATORIO


 CRISTÓBAL TRIVIÑO VILELA DR. IES
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 168308

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200	CLASF. (SUCS) : GP - GC
CALICATA : M-1	CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0)
MATERIAL : Terreno de fundacion	LADO : Der
PROFUND. : --	

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13231.0		12382.0		12596.0	
Peso de molde (g)	8273.0		7508.0		7520.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4958.0		4873.0		4626.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.352		2.280		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	863.5		547.1		545.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		512.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.202		2.135		2.058	

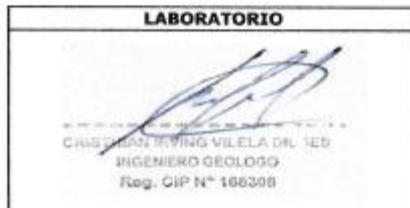
EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/06/2021	14:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
14/06/2021	14:06	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.05
15/06/2021	14:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
16/06/2021	14:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.06	10.0	0.100	0.08
17/06/2021	14:24	84	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 41				MOLDE N° 38				MOLDE N° 40			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			231.1			177.6				133.2			
1.270			399.5			302.1				238.1			
1.905			526.3			411.2				326.1			
2.540	70.5		759.2	779.4	54.6	743.5	569.3	39.0		754.7	380.8	25.3	
3.810			956.2			859.2				543.6			
5.080	105.7		1236.0	1216.2	56.8	1223.5	903.3	42.2		1232.4	595.8	26.4	
6.350			1526.3			1002.1				901.2			
7.620			1726.4			1231.0				1090.0			
10.160			1956.2			1423.5				1278.8			

LABORATORIO



**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

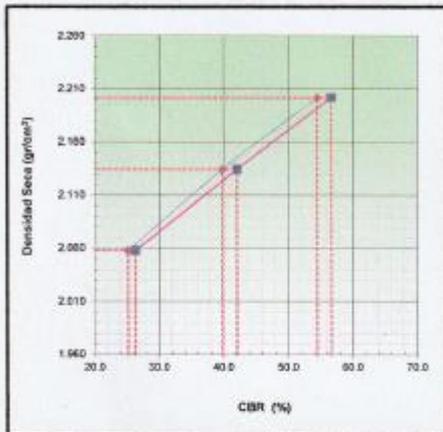
Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

1. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200
CALICATA : N-1
MATERIAL : Terreno de fundación
PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GP - GC
CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0)
LADO : Der



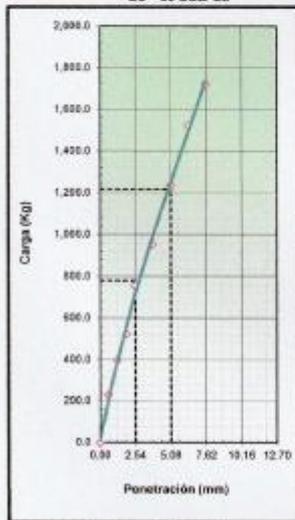
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.228
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.9
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.117
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	54.6	0.2"	56.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	36.4	0.2"	38.5

RESULTADOS CBR a 0.1"
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **54.6 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **36.4 (%)**

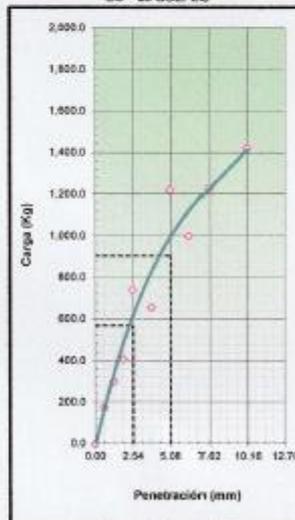
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



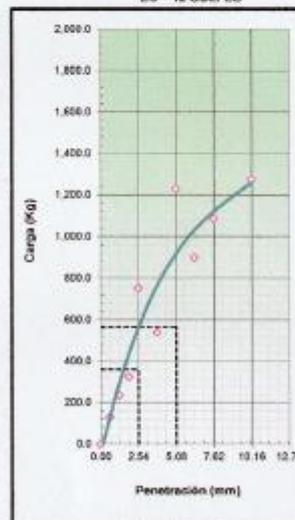
CBR (0.1") 54.6%
 CBR (0.2") 36.4%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") 36.4%
 CBR (0.2") 42.2%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") 35.3%
 CBR (0.2") 35.4%

LABORATORIO

[Signature]
 CRISTÓBAL TRINIDAD VELEZ DEL ROS
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP N° 168308

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Vigencia: 08/08/2021

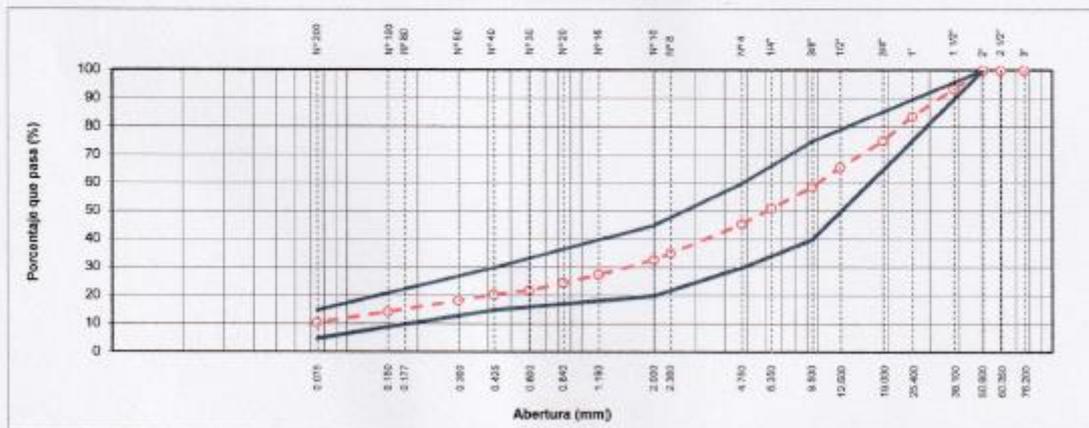
PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+200-52+400 **TAMANO MÁXIMO** : 2"
CALICATA : M-2 **LADO** : Der
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : 1 --

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 19380.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 806.3 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%): 3.2
2 1/2"	60.350						
2"	50.800				100.0	100	Limite Líquido (LL): 19.7
1 1/2"	38.100	1295.3	6.5	6.5	93.5		Limite Plástico (LP): 13.3
1"	25.400	1893.8	9.8	16.3	83.7	75 95	Indice Plástico (IP): 8.4
3/4"	19.000	1635.2	8.4	24.7	75.3		Clasificación (SUCS): GP - GC
1/2"	12.500	1845.8	9.5	34.3	65.7		Clasificación (AASHTO): A-1-a (0)
3/8"	9.500	1362.5	7.0	41.3	58.7	40 75	Indice de Consistencia: 2.58
1/4"	6.350	1454.6	7.5	48.8	51.2		
Nº 4	4.750	1095.2	5.7	54.5	45.5	30 60	Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360	2032.5	10.5	64.9	35.1		Descripción (SUCS): Grava pobremente gradada con arcilla y arena
Nº 10	2.000	422.6	2.2	67.1	32.9	20 45	Materia Orgánica: --
Nº 16	1.190	1013.7	5.2	72.4	27.6		Turba: --
Nº 20	0.840	572.5	3.0	75.3	24.7		CU: 0.000 CC: 0.000
Nº 30	0.600	543.0	2.8	78.1	21.9		OBSERVACIONES:
Nº 40	0.425	258.4	1.3	79.4	20.6	15 30	Grava > 2": 0.0
Nº 50	0.300	399.6	2.1	81.5	18.5		Grava 2" - Nº 4: 54.5
Nº 60	0.177	620.7	3.2	84.7	15.3		Arena Nº4 - Nº 200: 34.9
Nº 100	0.150	173.0	0.9	85.6	14.4		Finos < Nº 200: 10.7
Nº 200	0.075	720.3	3.7	89.3	10.7	5 15	% > 5": 0.0%
< Nº 200	FONDO	2070.6	10.7	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO


 CINDY GRAN BRING VIELA DIL 1459
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP Nº 166308

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+200-52+400	TAMAÑO MAXIMO	: 2 "
CALICATA	: M-2	LADO	: Der
MATERIAL	: Terreno de fundacion		
PROFUND.	: --		

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara			
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	856.3	746.8	826.3
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	826.9	724.3	802.5
Peso Tara (gr.)			
Peso Agua (gr.)	29.4	22.5	23.8
Peso Suelo Seco (gr.)	826.9	724.3	802.5
Contenido de Humedad (gr.)	3.6	3.1	3.0
Promedio (%)	3.2		

Observaciones:



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D4318 , MTC E-110)

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+200-52+400 **TAMAÑO MAXIMO** : 2"
CALICATA : M-2 **LADO** : Der
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		7	10	12
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	56.80	59.50	68.50
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	48.80	53.30	61.10
PESO DE AGUA	(g)	6.80	6.20	7.40
PESO DEL TARRO	(g)	16.70	21.90	21.80
PESO DEL SUELO SECO	(g)	33.10	31.40	39.30
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.54	19.75	18.83
NUMERO DE GOLPES		16	26	36

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		10	12	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	12.50	12.40	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	11.90	11.60	
PESO DE AGUA	(g)	0.60	0.80	
PESO DEL TARRO	(g)	6.70	6.30	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.2	5.3	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	11.5	15.1	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	19.7
LIMITE PLASTICO	13.3
INDICE DE PLASTICIDAD	6.4

OBSERVACIONES

LABORATORIO

GRUPO EMPRESARIAL DE SERVICIOS S.A. (G.E.S.S.A.)
 INGENIEROS GEODASAS
 Reg. GIP N° 166208

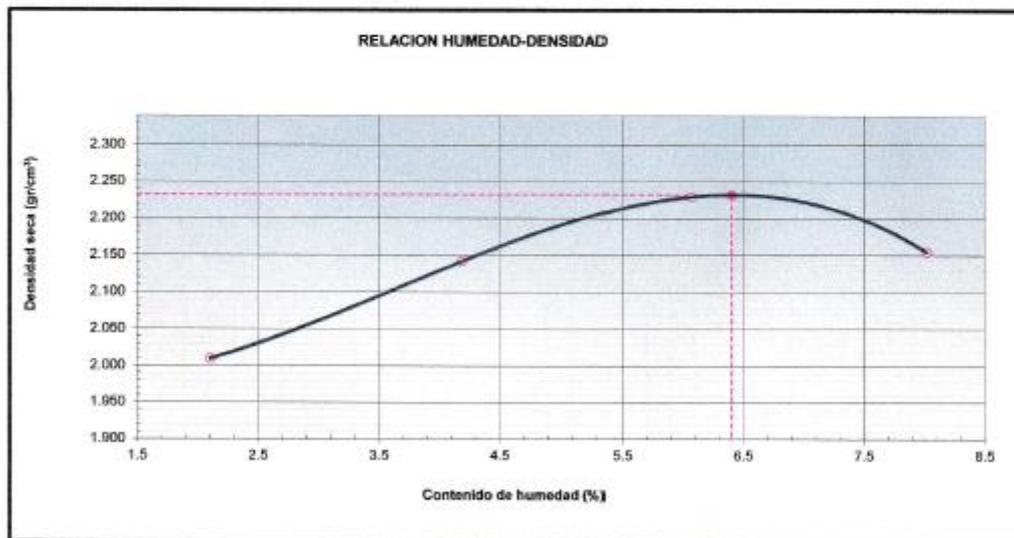
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)	Vigencia: 08/08/2021
---	-----------------------------

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	Fecha : 08/06/2021
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+200-52+400	CLASF. (SUCS) : GP - GC
CALICATA : M-2	CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)
MATERIAL : Terreno de fundacion	LADO : Der
PROFUND. : --	

Numero de Ensayo	Método "C"					
		1	2	3	4	
Peso suelo + molde	gr	10823.00	11205.00	11488.00	11408.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4358	4740	5023	4943	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.053	2.233	2.366	2.328	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	615.20	526.60	577.80	550.60	
Peso del suelo seco + tara	gr	602.50	505.40	544.70	509.70	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	12.70	21.20	33.10	40.90	
Peso del suelo seco	gr	602.50	505.40	544.70	509.70	
Contenido de agua	%	2.11	4.19	6.08	8.02	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.010	2.143	2.230	2.155	
				<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>		2.233
				<i>Humedad óptima (%)</i>		6.4



LABORATORIO

CRISTIAN PABLO VILELA O.L. 328
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 166308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SAKTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDECIA : Muestra 52+200-52+400 **CLASF. (SUCS)** : GP - GC
CALICATA : M-2 **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)
MATERIAL : Terreno de fundacion **LADO** : Der
PROFUND. : --

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13251.0		12382.0		12556.0	
Peso de molde (g)	8273.0		7509.0		7930.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4998.0		4873.0		4626.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.382		2.280		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	643.5		547.1		645.8	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		512.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.202		2.136		2.068	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/05/2021	15:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
14/05/2021	15:00	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.05
15/05/2021	15:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
16/05/2021	15:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.06	10.0	0.100	0.08
17/05/2021	15:24	84	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 41			MOLDE N° 38			MOLDE N° 40			
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	Dial (div)	kg	kg	Dial (div)	kg	kg	
0.000			0.0			0.0			0.0		
0.635			231.1			177.6			133.2		
1.270			369.5			302.1			236.1		
1.905			529.3			411.2			326.1		
2.540	70.5		758.2	779.4	54.6	523.1	569.3	39.9	439.8	360.8	25.3
3.810			956.2			659.2			543.6		
5.080	105.7		1236.0	1216.2	56.8	826.2	903.3	42.2	686.2	565.8	26.4
6.350			1526.3			1002.1			801.2		
7.620			1726.4			1231.0			1090.0		
10.160			1956.2			1423.6			1278.8		

LABORATORIO


 CRISTIAN IRVING VILELA D.L. 163
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 166306

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

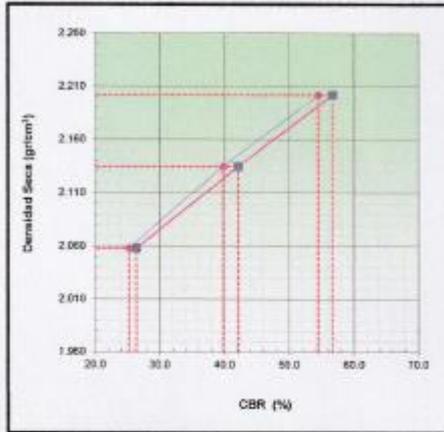
PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIME
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)

Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra S2+206-S2+400
CALICATA : M-2
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GP - GC
CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)
LADO : Der



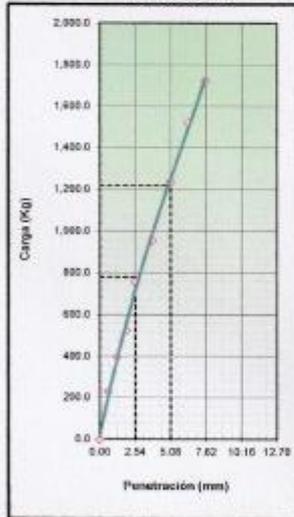
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.233
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.122
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	55.1	0.2"	57.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	37.4	0.2"	39.5

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 55.1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 37.4 (%)

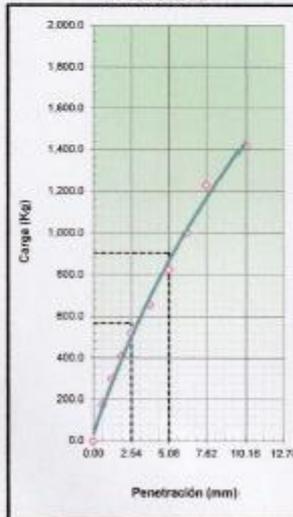
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



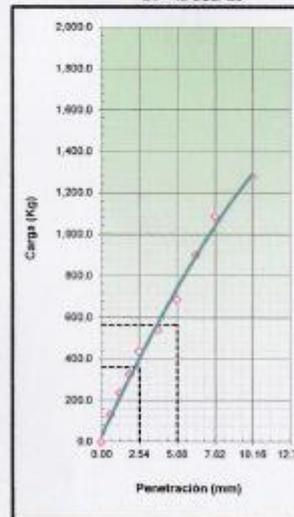
CBR (0.1")	34.9%
CBR (0.2")	50.9%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	30.9%
CBR (0.2")	43.3%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1")	25.4%
CBR (0.2")	35.4%

LABORATORIO

CARLOS AFRADO VILELA DEL REAL
 INGENIERO GEODOLLO
 Reg. CP# N° 166308

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Vigencia: 08/08/2021

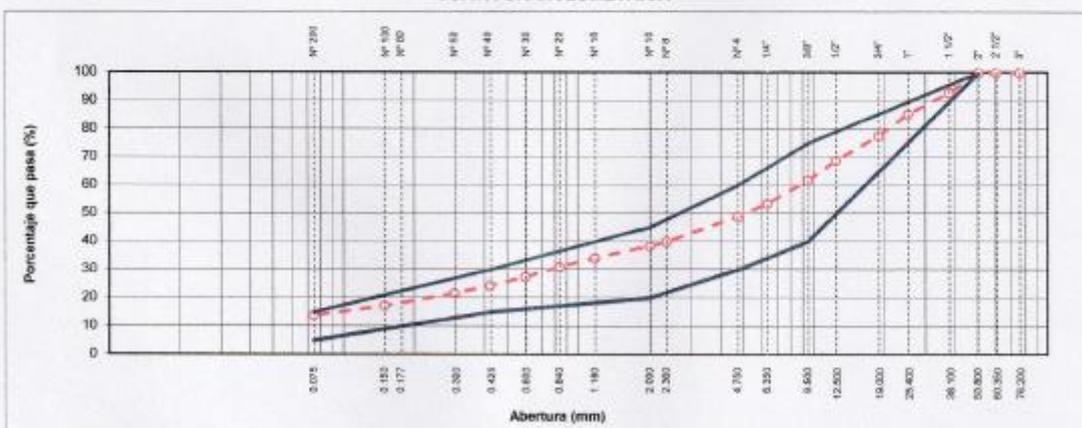
PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALENAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+400-52+600 **TAMANO MÁXIMO** : 2"
CALICATA : M-3 **LADO** : Der
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

TAMIZ	ASIENTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco : 26350.0 gr. Peso fracción : 668.8 gr.
8"	152.400						
5"	127.000						Contenido de Humedad (%) : 5.5
4"	101.600						
3"	76.200						Límite Líquido (LL): 23.2 Límite Plástico (LP): 17.2
2 1/2"	60.350						
2"	50.800				100.0	100	Índice Plástico (IP): 6.0 Clasificación (SUCS): GC - GM Clasificación (AASHTO): A-1-a (0) Índice de Consistencia : 2.96
1 1/2"	38.100	1866.0	7.1	7.1	92.9		
1"	25.400	2011.0	7.6	14.7	85.3	75 95	Descripción (AASHTO): BUENO Descripción (SUCS): Grava fino arcillosa con arena
3/4"	19.000	2014.0	7.6	22.4	77.6		
1/2"	12.500	2208.0	8.7	31.0	69.0	40 75	Materia Orgánica : -- Turbe : -- CU : 0.000 CC : 0.000
3/8"	9.500	1922.0	7.3	38.3	61.7		
1/4"	6.350	2144.0	8.1	46.5	53.5		OBSERVACIONES : Grava > 2" : 0.0 Grava 2" - Nº 4 : 51.1 Arena Nº 4 - Nº 200 : 35.1 Finos < Nº 200 : 13.8 % > 3" : 0.0%
Nº 4	4.750	1211.0	4.6	51.1	48.9	30 60	
Nº 8	2.360	2367.5	9.0	60.1	39.9		
Nº 10	2.000	393.3	1.5	61.5	38.5	20 45	
Nº 16	1.190	1129.8	4.3	65.8	34.2		
Nº 20	0.840	811.7	3.1	68.9	31.1		
Nº 30	0.600	956.3	3.6	72.5	27.5		
Nº 40	0.425	803.9	3.1	75.6	24.4	15 30	
Nº 50	0.300	709.5	2.7	78.3	21.7		
Nº 80	0.177	514.8	2.0	80.2	19.8		
Nº 100	0.150	659.4	2.5	82.7	17.3		
Nº 200	0.075	902.3	3.4	86.2	13.8	5 15	
< Nº 200	FONDO	3645.7	13.8	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO

[Firma]
CINDY LILIAN TRINIDAD VILELA DEL TEO
INGENIERO GEÓLOGO
Reg. GIP N° 168368

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CRIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+400-52+600	TAMAÑO MAXIMO	: 2 "
CALICATA	: M-3	LADO	: Der
MATERIAL	: Terreno de fundacion		
PROFUND.	: --		

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara			
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	702.4	671.5	746.7
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	668.8	633.5	708.4
Peso Tara (gr.)			
Peso Agua (gr.)	33.6	38.0	38.3
Peso Suelo Seco (gr.)	668.8	633.5	708.4
Contenido de Humedad (gr.)	5.0	6.0	5.4
Promedio (%)	5.5		

Observaciones:



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D4318 , MTC E-110)	Vigencia: 08/08/2021
--	----------------------

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	Fecha: 08/06/2021
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALENAR (Km. 79+584)	

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+400-52+600	TAMAÑO MAXIMO : 2 "
CALICATA : M-3	LADO : Der
MATERIAL : Terreno de fundacion	
PROFUND. : --	

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		1	3	5
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	47.66	52.25	53.62
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	42.36	46.22	48.22
PESO DE AGUA	(g)	5.30	6.03	5.40
PESO DEL TARRO	(g)	21.60	20.20	22.80
PESO DEL SUELO SECO	(g)	20.76	26.02	25.42
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.53	23.17	21.24
NUMERO DE GOLPES		15	26	37

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		2	4	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	11.34	11.18	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	10.54	10.36	
PESO DE AGUA	(g)	0.80	0.82	
PESO DEL TARRO	(g)	5.90	5.80	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.6	4.8	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	17.2	17.2	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.2
LIMITE PLASTICO	17.2
INDICE DE PLASTICIDAD	6.0

OBSERVACIONES

LABORATORIO

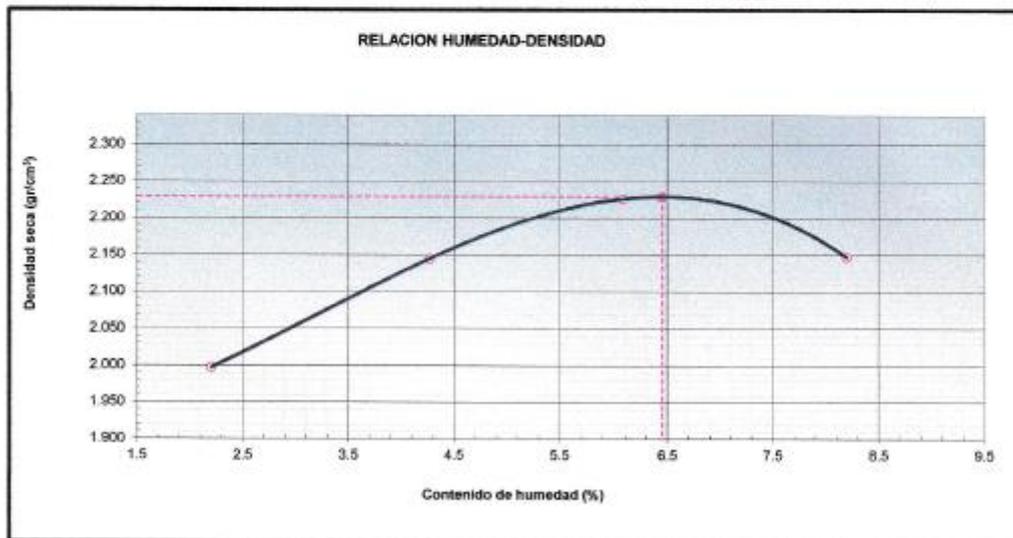
CAROLINA TORRES VILLALBA DEL ROS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 166388

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha : 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+400-52+600	CLASF. (SUCS)	: GC - GM
CALICATA	: M-3	CLASF. (AASHTO)	: A-1-a (0)
MATERIAL	: Terreno de fundacion	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

Método "C"						
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10800.00	11215.00	11480.00	11400.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4335	4750	5015	4935	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.042	2.237	2.362	2.325	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	523.70	631.70	624.60	592.60	
Peso del suelo seco + tara	gr	512.40	605.80	588.80	547.70	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	11.30	25.90	35.80	44.90	
Peso del suelo seco	gr	512.40	605.80	588.80	547.70	
Contenido de agua	%	2.21	4.28	6.08	8.20	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.998	2.146	2.227	2.148	
					<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>	2.230
					<i>Humedad óptima (%)</i>	6.5



LABORATORIO


 CRISTIAN IRVING VILELA DEL 12/8
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP N° 168308

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)	Vigencia: 08/08/2021
--	-----------------------------

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	Fecha: 08/06/2021
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+400-52+600	CLASF. (SUCS) : GC - GM
CALICATA : M-3	CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)
MATERIAL : Terreno de fundacion	LADO : Der
PROFUND. : --	

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12231.0		12382.0		12506.0	
Peso de molde (g)	8273.0		7509.0		7630.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4958.0		4873.0		4526.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.352		2.280		2.195	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	543.5		547.1		545.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		512.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.202		2.135		2.056	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/06/2021	16:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
14/06/2021	16:06	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	5.0	0.060	0.05
15/06/2021	16:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
16/06/2021	16:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.06	10.0	0.100	0.08
17/06/2021	16:24	84	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 41			MOLDE N° 38			MOLDE N° 40			
		CARGA		CORRECCION %	CARGA		CORRECCION %	CARGA		CORRECCION %	
		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		
0.000			0.0		0.0		0.0		0.0		
0.635			231.1		177.6		133.2		100.0		
1.270			396.5		302.1		236.1		180.8		
1.905			526.3		411.2		326.1		250.8		
2.540	70.5		756.2	779.4	54.6	523.1	569.3	39.9	439.8	360.8	25.3
3.810			959.2		859.2		643.0		503.0		
5.080	105.7		1236.0	1216.2	96.8	826.2	903.3	42.2	688.2	565.8	26.4
6.350			1528.3		1002.1		801.2		630.8		
7.620			1726.4		1231.0		1000.0		780.8		
10.190			1956.2		1423.5		1278.8		1000.0		

LABORATORIO


 CRISTIAN IRVING VILELA OIL TES
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 188308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

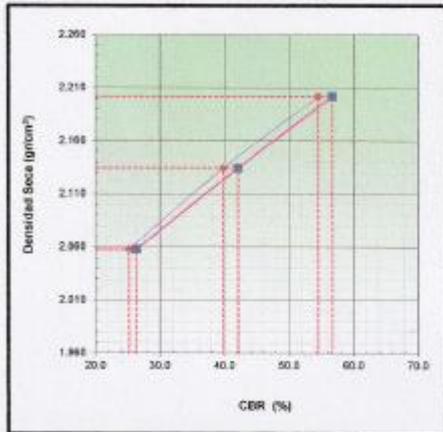
Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CAJEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+400-52+600
CALICATA : M-3
MATERIAL : Terreno de fundación
PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GC - GM
CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)
LADO : Der



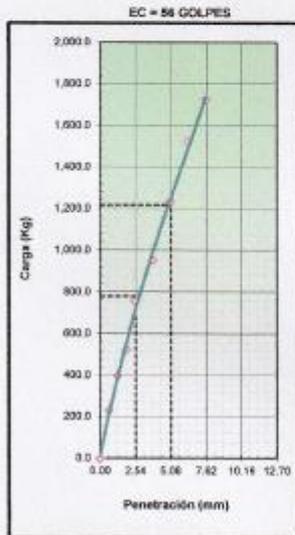
MÉTODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.230
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.5
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.118
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	54.8	0.2"	58.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	36.7	0.2"	38.9

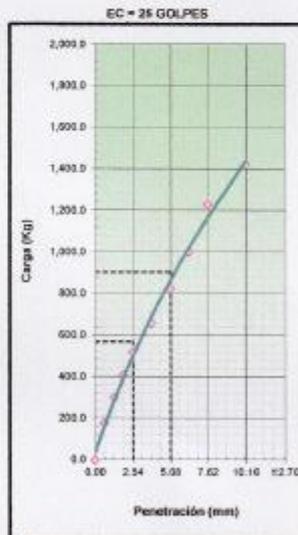
RESULTADOS CBR a 0.1":

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **54.8 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **36.7 (%)**

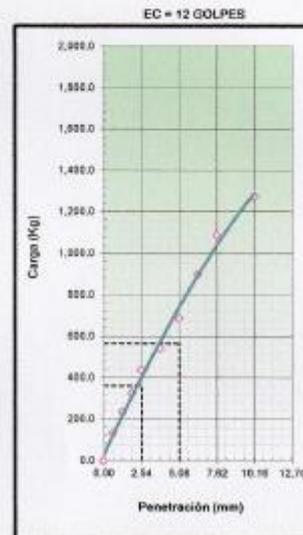
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 54.8%
 CBR (0.2") 58.9%



CBR (0.1") 36.9%
 CBR (0.2") 42.2%



CBR (0.1") 20.7%
 CBR (0.2") 20.4%

LABORATORIO

[Signature]
 CARRERA ESTEBAN VILELA DEL ROS
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP N° 168308

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Vigencia: 08/08/2021

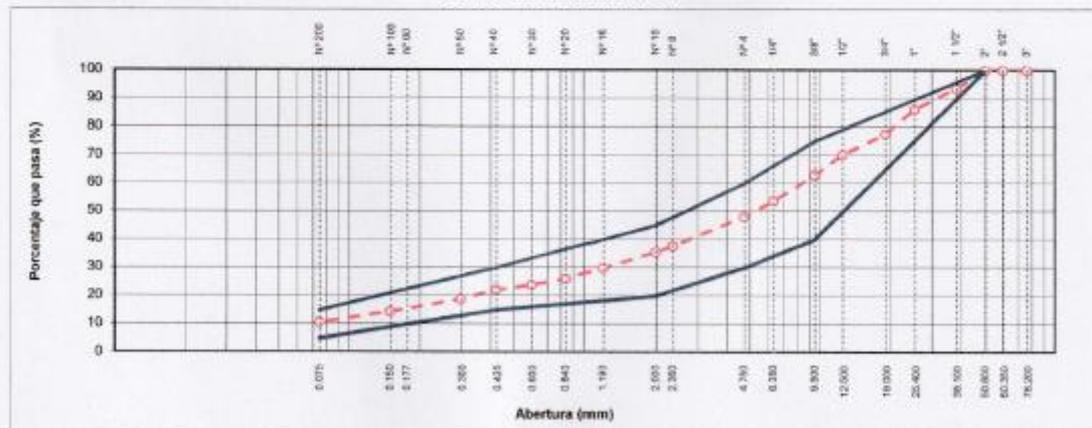
PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+600-52+800 **TAMANO MÁXIMO** : 2 "
CALICATA : M-4 **LADO** : Der
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

TAMIZ	AASHTO 1-27 (mm)	PEÑO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco : 22468.0 gr. Peso fracción : 730.6 gr.
6"	152.400						
5"	127.000						Contenido de Humedad (%): 3.3
4"	101.600						
3"	76.200						Límite Líquido (LL): 23.4 Límite Plástico (LP): 17.3
2 1/2"	60.350						
2"	50.800				100.0	100	Índice Plástico (IP): 6.1 Clasificación (SUCS): GP - GC Clasificación (AASHTO): A-1-a (0) Índice de Consistencia: 3.31
1 1/2"	38.100	1436.5	6.4	6.4	93.6		
1"	25.400	1648.6	7.3	13.7	86.3	75 95	Descripción (AASHTO): BUENO Descripción (SUCS): Grava pobremente gradada con arcilla y arena
3/4"	19.000	1958.0	8.7	22.4	77.6		
1/2"	12.500	1645.0	7.3	29.8	70.2		Materia Orgánica: -- Turba: -- CU: 0.000 CC: 0.000
3/8"	9.500	1654.5	7.4	37.1	62.9	40 75	
1/4"	6.350	2056.1	9.2	46.3	53.7		OBSERVACIONES: Grava > 2" : 0.0 Grava 2" - Nº 4 : 51.8 Arena Nº 4 - Nº 200 : 37.5 Finos < Nº 200 : 10.7 % > 5" : 0.0%
Nº 4	4.750	1244.2	5.5	51.8	48.2	30 60	
Nº 8	2.360	2350.4	10.5	62.3	37.7		
Nº 10	2.000	481.5	2.1	64.4	35.6	20 45	
Nº 16	1.190	1281.9	5.7	70.1	29.9		
Nº 20	0.840	841.7	3.7	73.9	26.1		
Nº 30	0.600	511.3	2.3	76.1	23.9		
Nº 40	0.425	382.7	1.7	77.9	22.1	15 30	
Nº 50	0.300	720.2	3.2	81.1	18.9		
Nº 60	0.177	462.4	2.1	83.2	16.8		
Nº 100	0.150	540.9	2.4	85.6	14.4		
Nº 200	0.075	834.3	3.7	89.3	10.7	5 15	
< Nº 200	FONDO	2409.5	10.7	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO


 CRISTÓBAL IRVING VILELA DEL ROS
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. GIP Nº 166308

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+600-52+800	TAMAÑO MAXIMO	: 2 "
CALICATA	: M-4	LADO	: Der
MATERIAL	: Terreno de fundacion		
PROFUND.	: --		

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº Tara			
Peso Tara + Suelo Humedo (gr.)	826.3	913.6	865.5
Peso Tara + Suelo Seco (gr.)	800.4	883.6	838.9
Peso Tara (gr.)			
Peso Agua (gr.)	25.9	30.0	26.6
Peso Suelo Seco (gr.)	800.4	883.6	838.9
Contenido de Humedad (gr.)	3.2	3.4	3.2
Promedio (%)	3.3		

Observaciones:

.....

.....

.....

.....



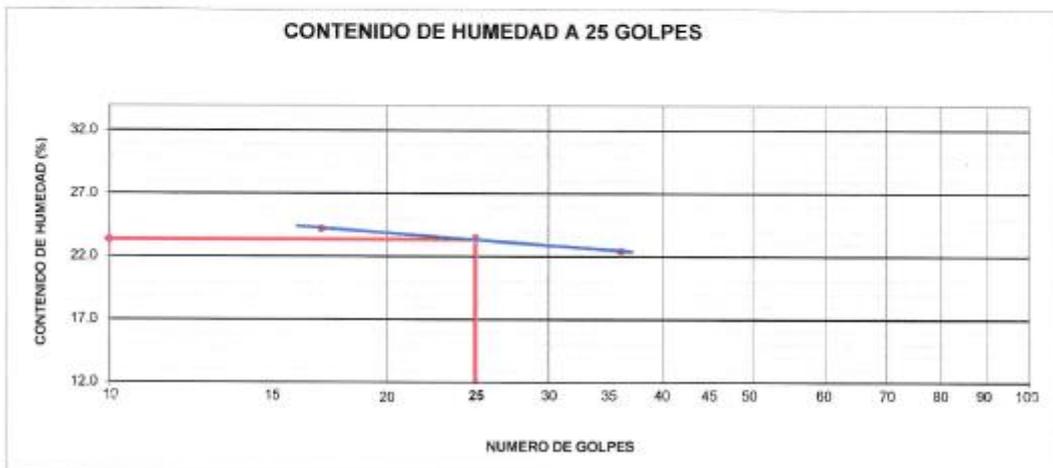
LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D4318 , MTC E-110)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTINBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+600-52+800	TAMAÑO MAXIMO	: 2 "
CALICATA	: M-4	LADO	: Der
MATERIAL	: Terreno de fundacion		
PROFUND.	: --		

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		17	18	19
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	50.86	46.01	52.78
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.23	41.25	47.34
PESO DE AGUA	(g)	5.63	4.76	5.44
PESO DEL TARRO	(g)	22.00	21.00	23.10
PESO DEL SUELO SECO	(g)	23.23	20.25	24.24
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.24	23.51	22.44
NUMERO DE GOLPES		17	25	36

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		18	19	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	11.38	17.06	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	10.86	16.26	
PESO DE AGUA	(g)	0.72	0.80	
PESO DEL TARRO	(g)	6.60	11.50	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.1	4.8	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	17.7	16.8	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	23.4
LIMITE PLASTICO	17.3
INDICE DE PLASTICIDAD	6.1

OBSERVACIONES

LABORATORIO

CINDY ANTONIO REYES VILLAGRA DEL 163
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. GUT N° 366209

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Vigencia: 06/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha : 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+600-52+800	CLASF. (SUCS)	: GP - GC
CALICATA	: M-4	CLASF. (AASHTO)	: A-1-a (0)
MATERIAL	: Terreno de fundación	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

Método "C"

Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10822.00	11111.00	11400.00	11366.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4357	4646	4935	4933	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.052	2.188	2.325	2.324	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	521.00	578.00	625.50	654.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	509.70	555.60	588.90	604.70	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	11.30	23.30	36.60	49.80	
Peso del suelo seco	gr	509.70	555.60	588.90	604.70	
Contenido de agua	%	2.22	4.19	6.21	8.24	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.008	2.100	2.189	2.147	

Densidad máxima (gr/cm³) **2.195**
Humedad óptima (%) **6.8**



LABORATORIO

CHRISTIAN IBARRA VILELA DPL. TES
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 168308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA

UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)

Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+600-52+800

CALICATA : M-4

MATERIAL : Terreno de fundacion

PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GP - GC

CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)

LADO : Der

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13231.0		12362.0		12966.0	
Peso de molde (g)	6273.0		7506.0		7903.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4958.0		4873.0		4526.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.342		2.280		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	643.5		647.1		645.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		513.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.292		2.135		2.058	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/06/2021	17:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
14/06/2021	17:05	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.06
15/06/2021	17:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
16/06/2021	17:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.05	10.0	0.100	0.06
17/06/2021	17:24	84	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.06	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 41				MOLDE N° 38				MOLDE N° 40			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			231.1			177.8				133.2			
1.270			399.5			302.1				236.1			
1.905			526.3			411.2				326.1			
2.540	70.5		758.2	779.4	64.6	523.1	569.3	39.9		439.6	360.8	25.3	
3.810			956.2			669.2				543.6			
5.090	106.7		1236.0	1216.2	56.8	826.2	903.3	42.2		688.2	565.8	26.4	
6.350			1526.3			1002.1				801.2			
7.620			1726.4			1231.0				1090.0			
10.160			1956.2			1423.5				1278.8			

LABORATORIO


 CRISTIAN IRVING VILELLA D.E. RES.
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 168308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA

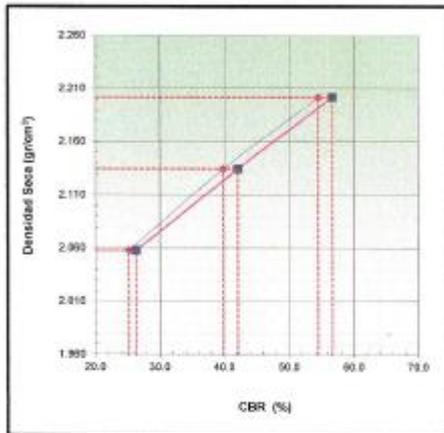
UBICACIÓN : FUNDO COMVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)

Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+600-52+800
CALICATA : M-4
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GP - GC
CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)
LADO : Der



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.195
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.088
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

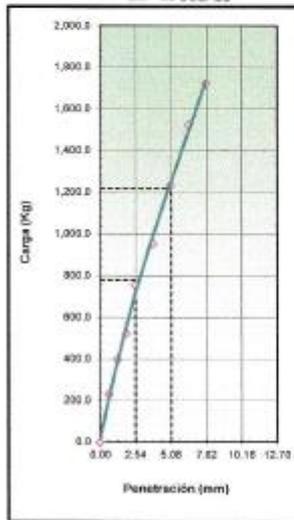
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	50.2	0.2"	52.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	29.6	0.2"	31.1

RESULTADOS CBR a 0.1":

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 50.2 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 29.6 (%)

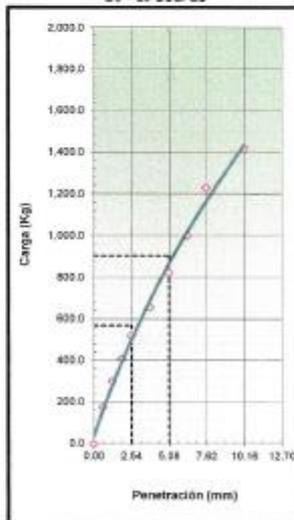
OBSERVACIONES:

EC = 54 GOLPES



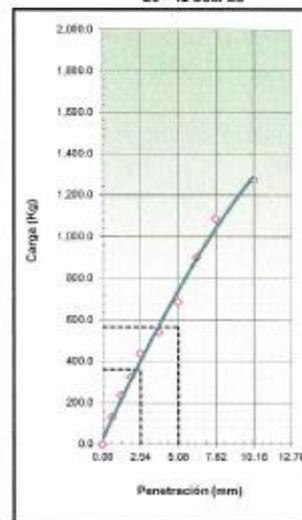
CBR (0.1") 54.0%
CBR (0.2") 58.0%

EC = 26 GOLPES



CBR (0.1") 39.0%
CBR (0.2") 42.0%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") 35.0%
CBR (0.2") 38.0%

LABORATORIO

CHRISTIAN TORRES VILELA DEL 100
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 168308

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

Vigencia: 08/08/2021

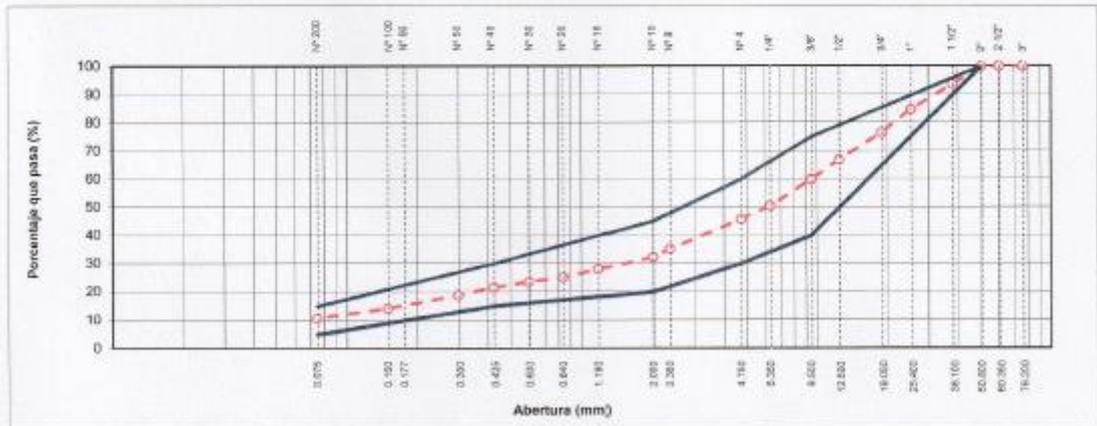
PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALENAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+800-53+000 **TAMANO MÁXIMO** : 2"
CALICATA : M-5 **LADO** : Der
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco : 22371.0 gr. Peso fracción : 808.6 gr.
6"	152.400						
5"	127.000						Contenido de Humedad (%): 3.3
4"	101.600						
3"	76.200						Límite Líquido (LL): 24.3
2 1/2"	60.350						
2"	50.800				100.0	100	Límite Plástico (LP): 17.5
1 1/2"	38.100	1442.3	6.4	6.4	93.6		Índice Plástico (IP): 6.8
1"	25.400	1963.5	8.8	15.2	91.2	75 95	Clasificación (SUCS): GP - GC
3/4"	19.000	1563.2	8.3	23.6	76.4		Clasificación (AASHTO): A-2-4 (0)
1/2"	12.500	2136.5	9.5	33.1	66.9		Índice de Consistencia: 3.08
3/8"	9.500	1563.5	7.0	40.1	59.9	40 75	
1/4"	6.350	2120.3	9.5	49.6	50.4		
Nº 4	4.750	1048.6	4.7	54.3	45.7	30 60	Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 6	2.360	2348.8	10.5	64.8	35.2		Descripción (SUCS): Grava pobremente gradada con arcilla y arena
Nº 10	2.000	665.7	3.0	67.7	32.3	20 45	
Nº 16	1.190	921.3	4.1	71.9	28.1		Materia Orgánica: --
Nº 20	0.840	678.3	3.0	74.9	25.1		Turba: --
Nº 30	0.600	339.2	1.5	76.4	23.6		CU: 0.000 CC: 0.000
Nº 40	0.425	450.5	2.0	78.4	21.6	15 30	OBSERVACIONES:
Nº 50	0.300	589.3	2.7	81.1	18.9		Grava > 2": 0.0
Nº 80	0.177	436.6	2.0	83.0	17.0		Grava 2" - Nº 4: 54.3
Nº 100	0.150	610.0	2.7	85.8	14.2		Arena Nº4 - Nº 200: 34.9
Nº 200	0.075	750.5	3.4	89.1	10.9	5 15	Finos < Nº 200: 10.9
< Nº 200	FONDO	2434.9	10.9	100.0			% > 3": 0.0%

CURVA GRANULOMETRICA



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+800-53+000	TAMAÑO MÁXIMO	: 2 "
CALICATA	: M-5	LADO	: Der
MATERIAL	: Terreno de fundación		
PROFUND.	: --		

Nº DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara				
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	830.7	778.5	705.2
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	799.8	750.3	688.7
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	30.9	28.2	16.5
Peso Suelo Seco	(gr.)	799.8	750.3	688.7
Contenido de Humedad	(gr.)	3.9	3.8	2.4
Promedio (%)		3.3		

Observaciones:



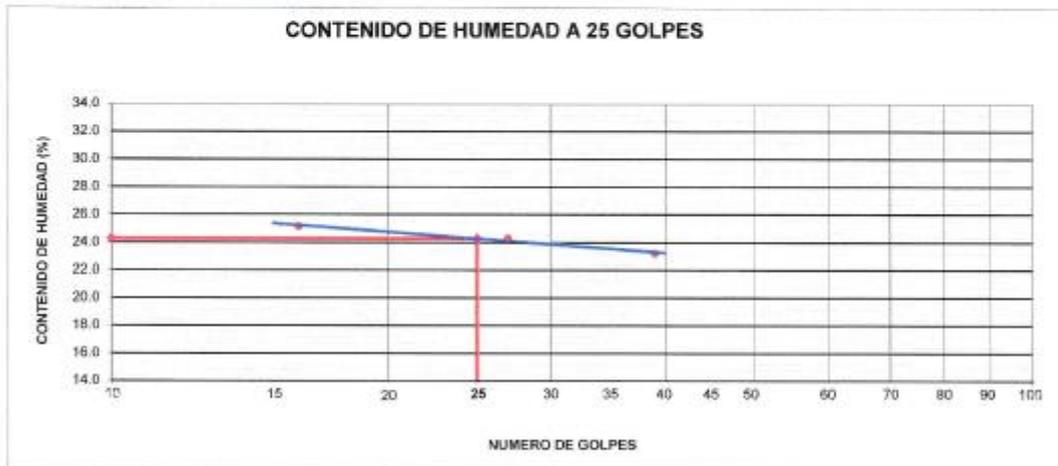
LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D4318 , MTC E-110)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CAEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+800-53+000	TAMAÑO MAXIMO	: 2 "
CALICATA	: M-5	LADO	: Der
MATERIAL	: Terreno de fundacion		
PROFUND.	: --		

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		5	8	13
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	52.30	45.31	52.51
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.30	39.71	46.75
PESO DE AGUA	(g)	6.00	5.60	5.85
PESO DEL TARRO	(g)	22.50	16.70	21.60
PESO DEL SUELO SECO	(g)	23.80	23.01	25.16
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.21	24.34	23.25
NUMERO DE GOLPES		16	27	39

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		8	12	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	11.48	11.72	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	10.74	10.88	
PESO DE AGUA	(g)	0.74	0.84	
PESO DEL TARRO	(g)	6.40	6.20	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.3	4.7	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	17.1	17.9	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	24.3
LIMITE PLASTICO	17.5
INDICE DE PLASTICIDAD	6.8

OBSERVACIONES

LABORATORIO



CRISTIAN FERNANDO VILELLA DEL ROS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. Civ. N° 166306

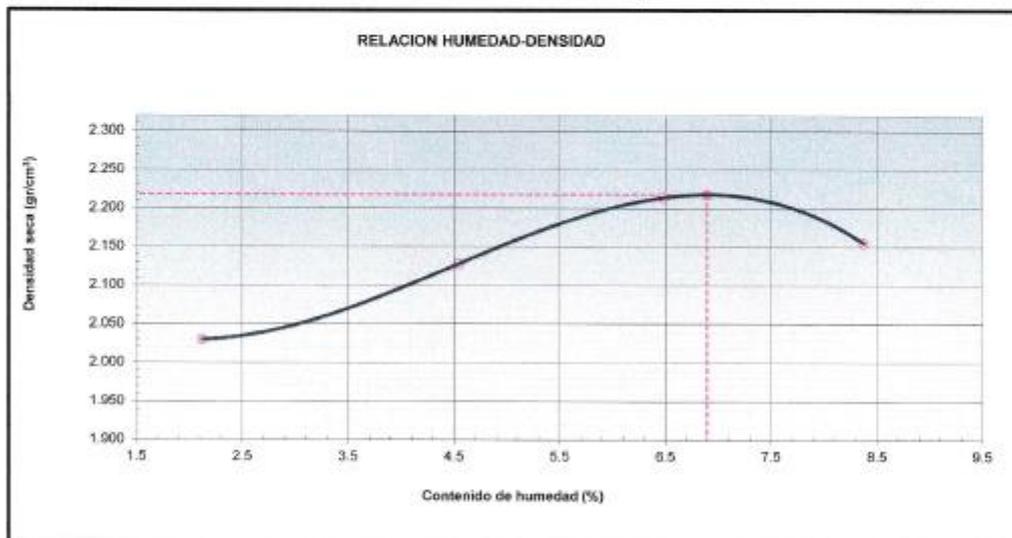
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)	Vigencia: 08/08/2021
---	----------------------

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTINBAMBA	Fecha : 08/06/2021
UBICACIÓN : FUNDO CORVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+800-53+000	CLASF. (SUCS) : GP - GC
CALICATA : M-5	CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0)
MATERIAL : Terreno de fundación	LADO : Der
PROFUND. : --	

Método "C"						
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10867.00	11190.00	11471.00	11425.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4402	4725	5006	4960	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.073	2.226	2.358	2.336	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	721.20	650.40	520.80	549.60	
Peso del suelo seco + tara	gr	706.20	622.10	489.10	507.10	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	15.00	28.30	31.70	42.50	
Peso del suelo seco	gr	706.20	622.10	489.10	507.10	
Contenido de agua	%	2.12	4.55	6.48	8.38	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.038	2.129	2.214	2.156	
					<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>	2.218
					<i>Humedad óptima (%)</i>	6.9



LABORATORIO

CRISTIAN TRUJILLO VILELA DIL 165
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 166308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA

UBICACIÓN : FUNDO CONVERTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)

Fecha: 08/05/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+800-53+000

CALICATA : M-5

MATERIAL : Terreno de fundacion

PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GP - GC

CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0)

LADO : Der

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13231.0		12382.0		12556.0	
Peso de molde (g)	6073.0		7500.0		7930.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4958.0		4873.0		4626.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.342		2.280		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	543.5		547.1		545.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		512.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.282		2.135		2.058	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/05/2021	18:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
14/05/2021	18:06	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.05
15/05/2021	18:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
16/05/2021	18:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.06	10.0	0.100	0.08
17/05/2021	18:24	84	5.0	0.050	0.06	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 41				MOLDE N° 38				MOLDE N° 40			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			291.1			177.6				132.2			
1.270			399.5			302.1				236.1			
1.905			520.3			411.2				326.1			
2.540	70.5		758.2	779.4	54.8	741.6	569.5	39.9		748.3	360.8	25.3	
3.810			956.2			859.2				843.0			
5.080	105.7		1236.0	1216.2	56.8	1223.1	903.3	42.2		1233.9	595.8	26.4	
6.350			1526.3			1002.1				901.2			
7.620			1725.4			1231.0				1080.0			
10.160			1956.2			1423.5				1278.8			

LABORATORIO


 CRISTIAN IRVING VILELA DIL. 165
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 168308

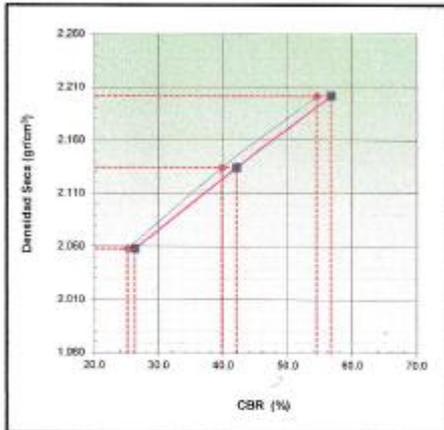
**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - NYC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBANBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+800-53+000 **CLASF. (SUCS)** : GP - GC
CALICATA : M-5 **CLASF. (AASHTO)** : A-2-4 (0)
MATERIAL : Terreno de fundación **LADO** : Der
PROFUND. : --

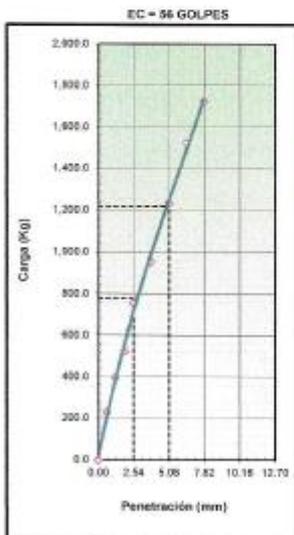


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.218
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.9
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.108
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

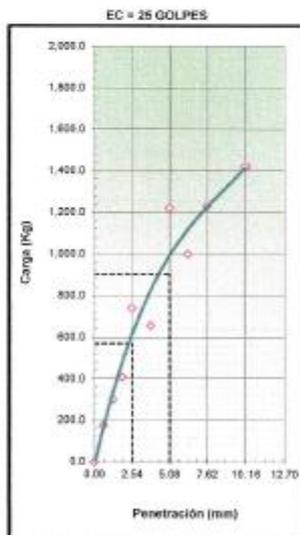
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	53.3	0.2"	55.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	34.5	0.2"	36.4

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 53.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 34.5 (%)

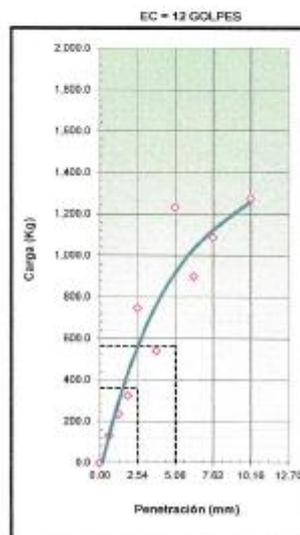
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 54.9%
 CBR (0.2") 56.0%



CBR (0.1") 37.0%
 CBR (0.2") 42.5%



CBR (0.1") 25.2%
 CBR (0.2") 26.4%

LABORATORIO

CAICEDOR FERRER VILELA DR. IES
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 106200

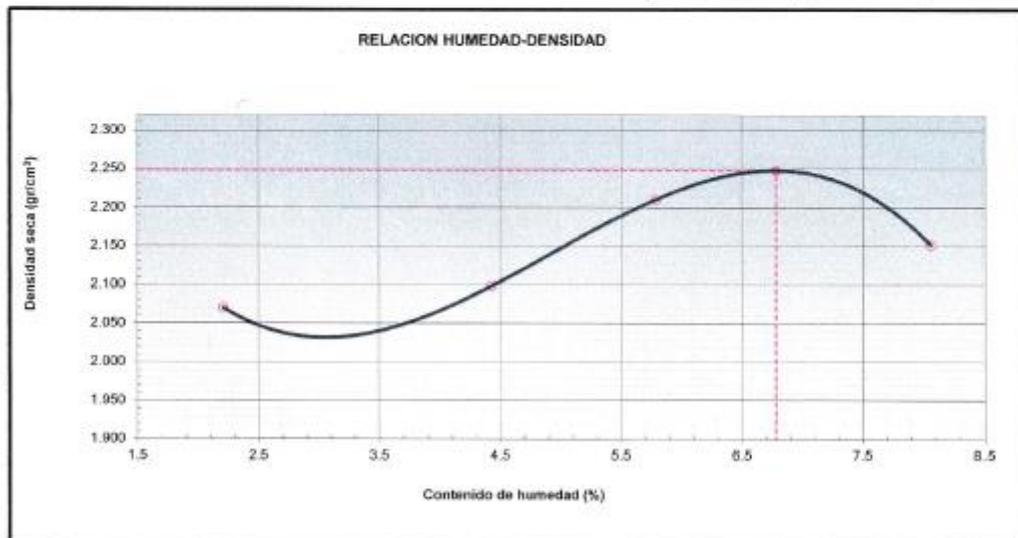
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDDO CONVENTO (Km. 39+420) - CAEMAR (Km. 79+584)	Fecha : 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+000-52+200	CLASF. (SUCS)	: GC - GM
CALICATA	: M-1 al 2%	CLASF. (AASHTO)	: A-1-a (0)
MATERIAL	: Terreno de fundacion	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

Método "C"

Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10958.00	11120.00	11430.00	11402.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4494	4654	4966	4938	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.117	2.192	2.339	2.326	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	517.50	532.40	540.80	546.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	506.30	509.80	511.20	505.70	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	11.20	22.60	29.60	40.80	
Peso del suelo seco	gr	506.30	509.80	511.20	505.70	
Contenido de agua	%	2.21	4.43	5.79	8.07	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.071	2.099	2.211	2.162	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						2.249
<i>Humedad óptima (%)</i>						6.8



LABORATORIO

CHRISTIAN TRING VILELA DIL. 105
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 166308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTEMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200 **CLASF. (SUCS)** : GC - GM
CALICATA : M-1 al 2% **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)
MATERIAL : Terreno de fundacion **LADO** : Der
PROFUND. : --

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13231.0		12382.0		12556.0	
Peso de molde (g)	8273.0		8273.0		7930.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4958.0		4109.0		4626.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.352		1.923		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	643.5		547.1		645.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		512.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.202		1.809		2.058	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/06/2021	14:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
20/06/2021	14:06	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.05
21/06/2021	14:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
22/06/2021	14:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.05	10.0	0.100	0.08
23/06/2021	14:24	84	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 41				MOLDE N° 38				MOLDE N° 40			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			231.1			177.6				133.2			
1.270			399.5			302.1				236.1			
1.905			526.3			411.2				308.1			
2.540	70.5		765.3	779.4	54.6	704.2	688.3	39.9		780.7	360.8	25.3	
3.810			963.9			699.2				643.0			
5.080	105.7		1344.7	1216.2	56.8	1201.6	903.3	42.2		1238.4	565.8	26.4	
6.350			1525.3			1002.1				901.2			
7.620			1738.4			1231.0				1090.0			
10.160			1956.2			1423.5				1278.8			

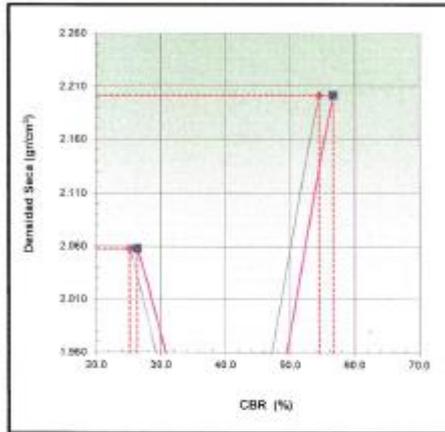
LABORATORIO


 CRISTIAN IRVING VILELA OLMES
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 168308

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha: 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDECIA	: Muestra 52+000-52+200	CLASF. (SUCS)	: GC - GM
CALICATA	: M-1 al 2%	CLASF. (AASHTO)	: A-1-a (0)
MATERIAL	: Terreno de fundacion	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

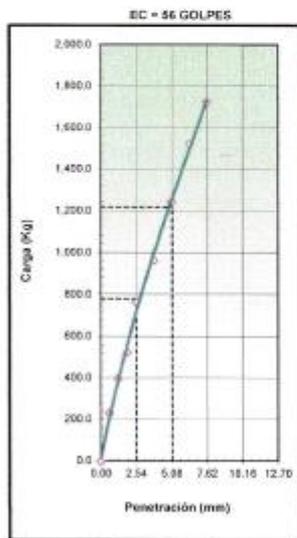


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.249
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.8
 96% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.136
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

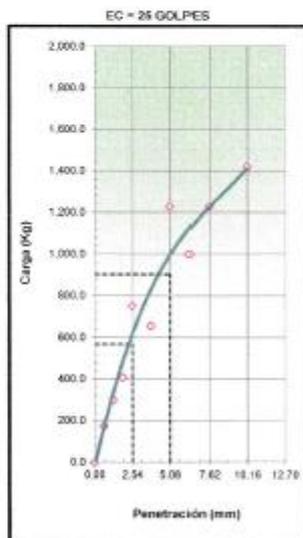
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	56.8	0.2"	56.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	40.3	0.2"	42.6

RESULTADOS CBR a 0.1":
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 56.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 40.3 (%)

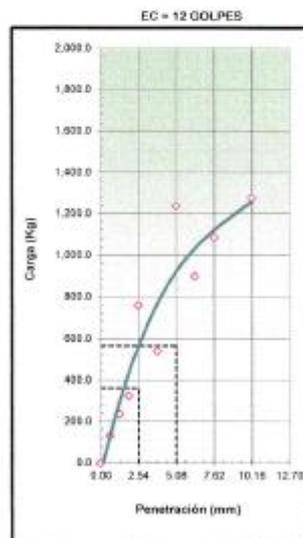
OBSERVACIONES:



CBR (0.1")	54.6%
CBR (0.2")	50.5%



CBR (0.1")	39.5%
CBR (0.2")	42.2%



CBR (0.1")	33.3%
CBR (0.2")	30.4%

LABORATORIO

CAROLINA TERESA VILELA DE LOS
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 468306

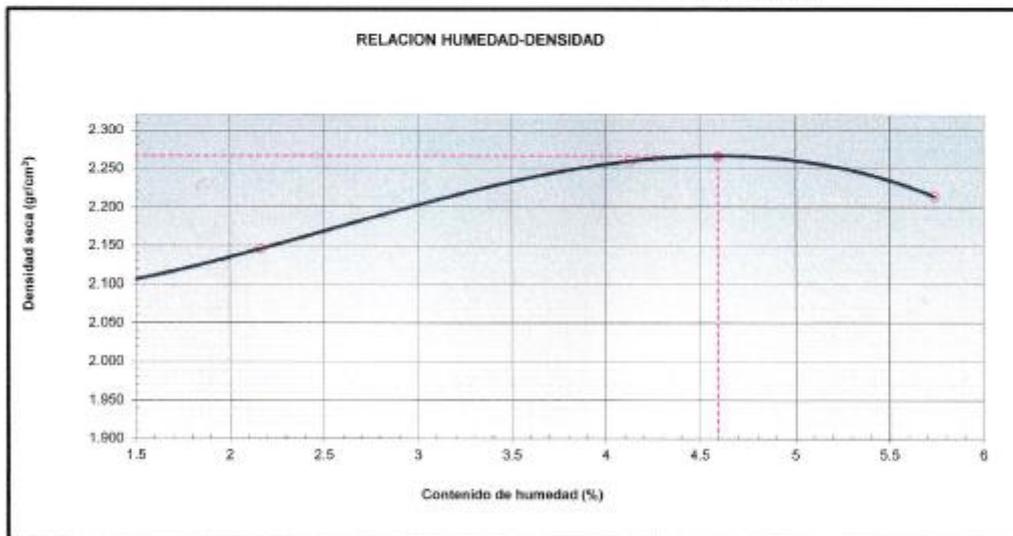
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha : 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+000-52+200	CLASF. (SUCS)	: GC - GM
CALICATA	: M-1 al 4%	CLASF. (AASHTO)	: A-1-a (0)
MATERIAL	: Terreno de fundación	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

Método "C"

Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10902.00	11121.00	11462.00	11436.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4437	4656	4997	4971	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.090	2.193	2.354	2.341	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	527.90	528.10	517.10	543.20	
Peso del suelo seco + tara	gr	525.10	516.90	496.60	513.70	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	2.50	11.20	20.50	29.50	
Peso del suelo seco	gr	525.10	516.90	496.60	513.70	
Contenido de agua	%	0.48	2.17	4.13	5.74	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.080	2.147	2.280	2.214	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						2.267
<i>Humedad óptima (%)</i>						4.6



LABORATORIO


 CRISTIAN FLEMING VILELA OR. TEG
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 168305

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)
Fecha: 08/05/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200	CLASF. (SUCS) : GC - GM
CALICATA : M-1 al 4%	CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)
MATERIAL : Terreno de fundacion	LADO : Der
PROFUND. : --	

Condición de la muestra	MOLDE N° 41		MOLDE N° 38		MOLDE N° 40	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	66		25		12	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	1231.0		1232.0		1235.0	
Peso de molde (g)	823.0		759.0		793.0	
Peso del suelo húmedo (g)	498.0		483.0		462.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.352		2.280		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	643.5		547.1		645.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		512.2		594.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.292		2.135		2.058	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/06/2021	15:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
20/06/2021	15:06	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.05
21/06/2021	15:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
22/06/2021	15:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.06	10.0	0.100	0.08
23/06/2021	15:24	84	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 41			MOLDE N° 38			MOLDE N° 40			
		CARGA		CORRECCION %	CARGA		CORRECCION %	CARGA		CORRECCION %	
		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		
0.000			0.0		0.0		0.0		0.0		
0.635			231.1		177.6		133.2		133.2		
1.270			399.5		302.1		236.1		236.1		
1.905			529.3		411.2		326.1		326.1		
2.540	70.5		771.5	779.4	54.6	759.1	569.3	39.9	767.3	360.8	25.3
3.810			974.2		859.2		643.6		643.6		
5.080	105.7		1253.4	1216.2	56.8	1242.3	903.3	42.2	1247.9	565.8	26.4
6.350			1526.3			1002.1			901.2		
7.620			1728.4			1251.0			1060.0		
10.160			1958.2			1423.5			1278.6		

LABORATORIO


 CRISTIAN RIVING VILELA DEL ROS
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 168308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

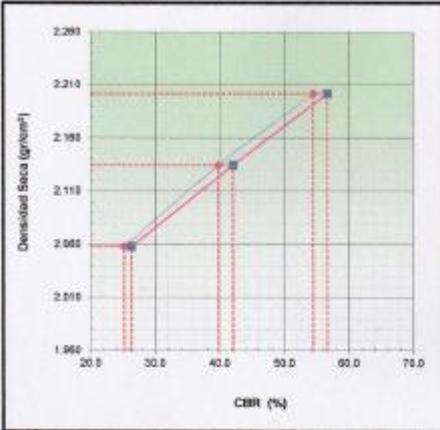
Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO COMVENTO (Km. 39+420) - CALENAR (Km. 79+584) **Fecha:** 05/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200
CALICATA : M-1 al 4%
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GC - GM
CLASF. (AASHTO) : A-1-a (0)
LADO : Der



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.267
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 4.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.154
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

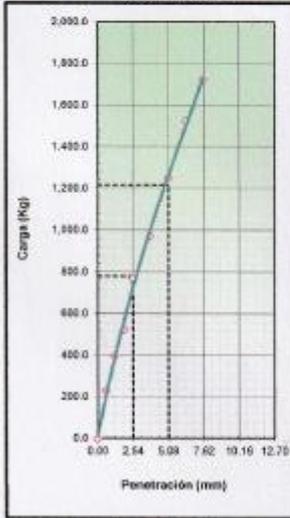
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	58.6	0.2"	60.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	43.5	0.2"	46.0

RESULTADOS CBR a 0.1":

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **58.6 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **43.5 (%)**

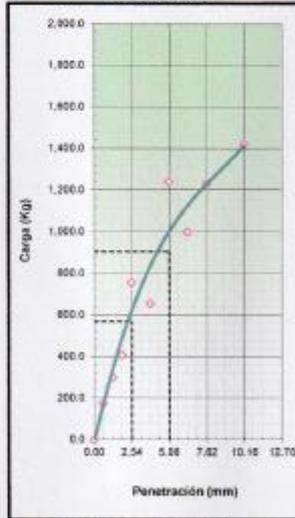
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



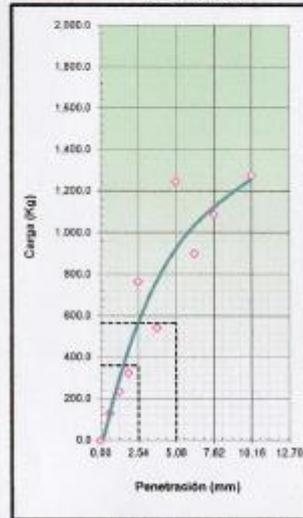
CBR (0.1")	54.6%
CBR (0.2")	56.6%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	30.6%
CBR (0.2")	42.2%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1")	25.3%
CBR (0.2")	26.4%

LABORATORIO


 CRISTIAN ESTEBAN VILELA DRL. ICB
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIPN° 106306

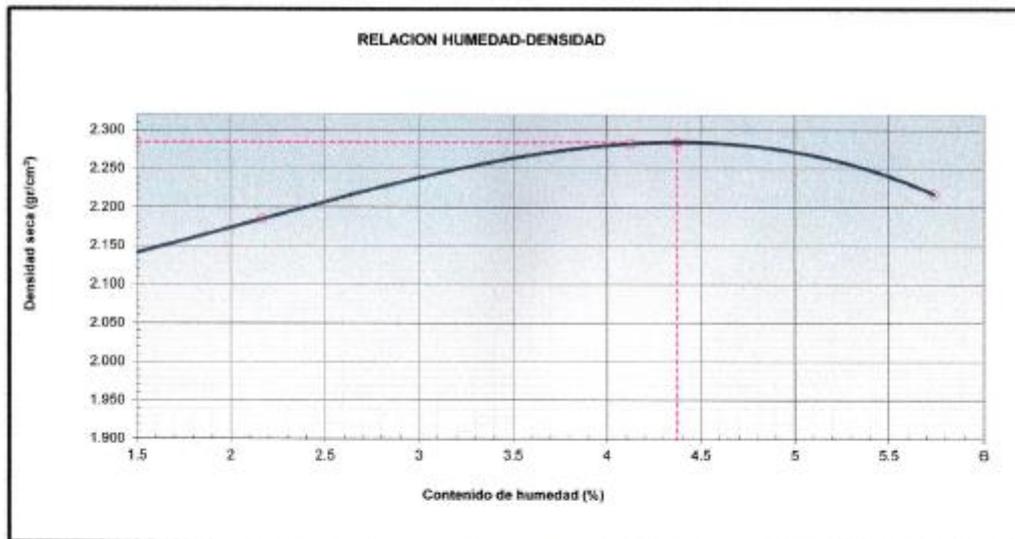
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALENAR (Km. 79+584)	Fecha : 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+000-52+200	CLASF. (SUCS)	: GP - GC
CALICATA	: M-1 al 6%	CLASF. (AASHTO)	: A-2-4 (0)
MATERIAL	: Terreno de fundacion	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

Método "C"

Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10932.00	11205.00	11512.00	11444.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4467	4740	5047	4979	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.104	2.233	2.377	2.345	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	527.60	528.10	517.10	543.20	
Peso del suelo seco + tara	gr	525.10	516.90	496.60	513.70	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	2.50	11.20	20.50	29.50	
Peso del suelo seco	gr	525.10	516.90	496.60	513.70	
Contenido de agua	%	0.48	2.17	4.13	5.74	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.094	2.185	2.283	2.218	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						2.285
<i>Humedad óptima (%)</i>						4.4



LABORATORIO


 CAVAZZANI TRIVING VILELA DIL 1ER
 INGENIERO GEOLÓGICO
 Reg. CIP N° 166306

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+000-52+200 **CLASF. (SUCS)** : GP - GC
CALICATA : M-1 al 6% **CLASF. (AASHTO)** : A-2-4 (0)
MATERIAL : Terreno de fundación **LADO** : Der
PROFUND. : --

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13231.0		12382.0		12556.0	
Peso de molde (g)	8273.0		7500.0		7930.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4958.0		4873.0		4626.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.382		2.280		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	643.5		547.1		646.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.5		512.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.202		2.135		2.068	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/05/2021	16:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
20/05/2021	16:06	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.05
21/05/2021	16:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
22/05/2021	16:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.06	10.0	0.100	0.08
23/05/2021	16:24	96	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 41				MOLDE N° 38				MOLDE N° 40			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
mm	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0					0.0		
0.635			231.1			177.6					133.2		
1.270			369.5			302.1					236.1		
1.905			526.3			411.2					326.1		
2.540	70.5		781.5	776.4	54.6	770.5	569.3	39.9			776.8	360.8	26.3
3.810			984.7			859.2					843.6		
5.080	105.7		1260.8	1216.2	56.6	1251.6	903.3	42.2			1258.3	565.8	26.4
6.350			1526.3			1002.1					901.2		
7.620			1726.4			1231.0					1090.0		
10.160			1956.2			1423.5					1278.6		

LABORATORIO


 CRISTIAN IRVING VILELA D.L. 125
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 165308

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

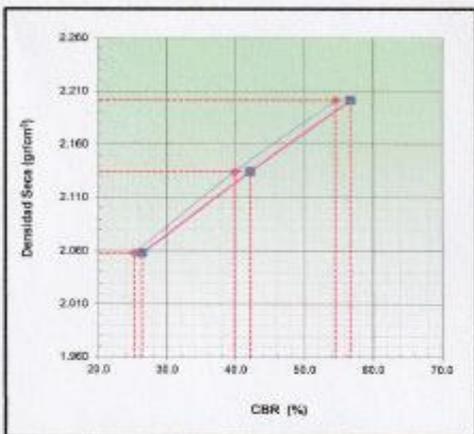
Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBANBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+984) **Fecha:** 08/08/2021

I. Datos Generales

PROCEDECIA : Muestra 52+000-52+200
CALICATA : M-1 al 69%
MATERIAL : Terreno de fundacion
PROFUND. : --

CLASF. (SUCS) : GP - GC
CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0)
LADO : Der



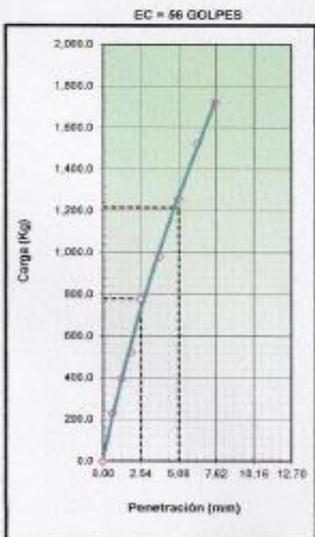
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.285
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 4.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.171
DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	50.1	0.2"	61.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	46.4	0.2"	48.9

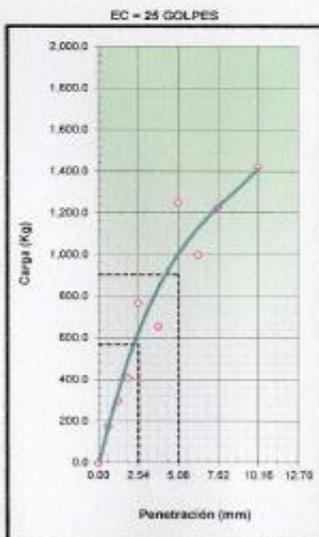
RESULTADOS CBR a 0.1":

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 60.1 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 46.4 (%)

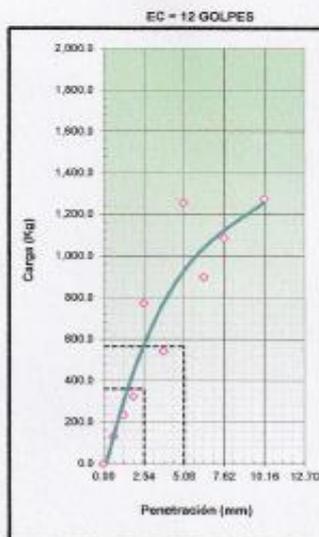
OBSERVACIONES:



CBR (0.1")	54.8%
CBR (0.2")	56.6%



CBR (0.1")	39.9%
CBR (0.2")	42.2%



CBR (0.1")	25.7%
CBR (0.2")	26.4%

LABORATORIO

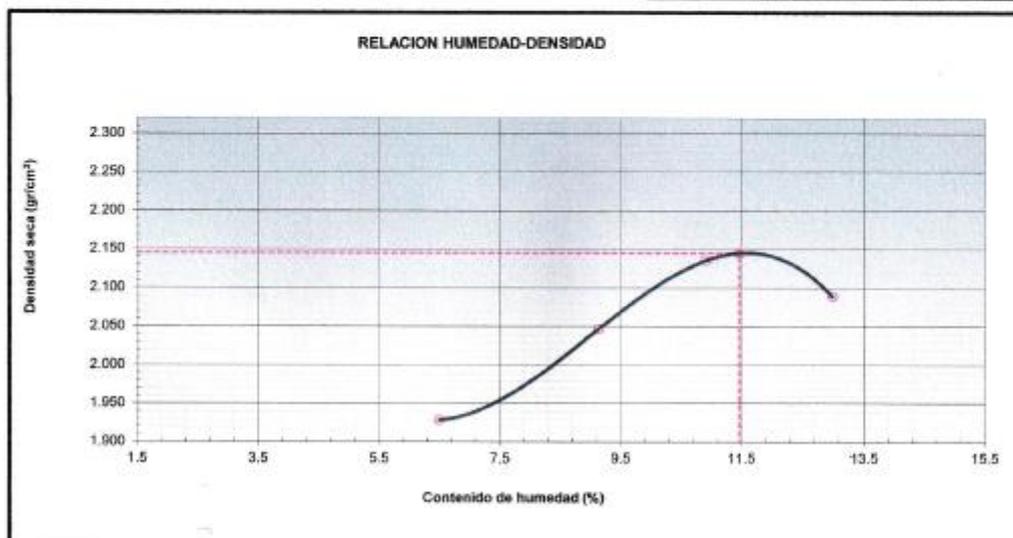

 CRISTÓBAL BERRIO VILELA DE LA TORRE
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. - CIP N° 166308

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		Vigencia: 08/08/2021
PROYECTO	: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA	
UBICACIÓN	: FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	Fecha : 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestras 52+800-53+000	CLASF. (SUCS)	: GC - GM
CALICATA	: M-5 al 6%	CLASF. (AASHTO)	: A-2-4 (0)
MATERIAL	: Terreno de fundacion	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

Método "C"						
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10826.00	11210.00	11495.00	11478.00	
Peso molde	gr	6465	6465	6465	6465	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4361	4745	5030	5013	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.054	2.235	2.369	2.361	
Recipiente N°		-	-	-	-	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	575.30	509.40	538.40	565.20	
Peso del suelo seco + tara	gr	540.20	466.70	485.40	500.10	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	35.10	42.70	53.00	65.10	
Peso del suelo seco	gr	540.20	466.70	485.40	500.10	
Contenido de agua	%	6.50	9.15	10.92	13.02	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.929	2.048	2.136	2.089	
					<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>	2.146
					<i>Humedad óptima (%)</i>	11.5



LABORATORIO

CRISTIAN IRVING VILELA OJEDA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 166308

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)	Vigencia: 08/08/2021
--	----------------------

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBANBA	Fecha: 08/06/2021
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALEMAR (Km. 79+584)	

I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Muestra 52+800-53+000	CLASF. (SUCS) : GC - GM
CALICATA : M-5 al 6%	CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0)
MATERIAL : Terreno de fundación	LADO : Der
PROFUND. : --	

Molde N°	41		38		40	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13291.0		12382.0		12558.0	
Peso de molde (g)	8073.0		7509.0		7930.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4968.0		4873.0		4628.0	
Volumen del molde (cm ³)	2108.0		2137.0		2104.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.362		2.280		2.199	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	843.5		547.1		645.9	
Peso suelo seco + tara (g)	602.8		512.2		604.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	41.00		34.90		41.20	
Peso de suelo seco (g)	602.50		512.20		604.70	
Contenido de humedad (%)	6.80		6.81		6.81	
Densidad seca (g/cm ³)	2.202		2.135		2.088	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/06/2021	17:00	0		0.000	0.0		0.000	0.0		0.000	0.0
20/06/2021	17:06	24	1.0	0.010	0.01	2.0	0.020	0.02	6.0	0.060	0.06
21/06/2021	17:12	48	2.0	0.020	0.02	5.0	0.050	0.04	8.0	0.080	0.07
22/06/2021	17:18	72	4.0	0.040	0.03	7.0	0.070	0.06	10.0	0.100	0.08
23/06/2021	17:24	84	6.0	0.060	0.05	9.0	0.090	0.08	12.0	0.120	0.10

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 41						MOLDE N° 38						MOLDE N° 40						
		mm	kg/cm2	CARGA		CORRECCION		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
				Dial (div)	kg	kg	%													Dial (div)
0.000				0.0				0.0												
0.635				231.1				177.6												
1.270				399.5				302.1												
1.905				526.3				411.2												
2.540	70.5			763.5	776.4	54.6		752.6	666.3	39.9										
3.810				895.2				859.2												
5.080	105.7			1234.1	1216.2	56.6		1219.3	903.3	42.2										
6.350				1626.3				1602.1												
7.620				1726.4				1231.0												
10.160				1956.2				1423.5												

LABORATORIO



CRISTIAN TREVINO VILELA DEL 1ER
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 168308

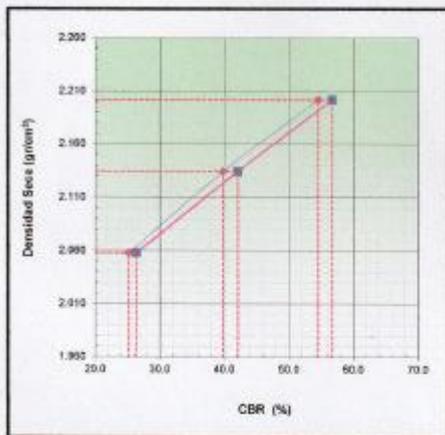
**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)**

Vigencia: 08/08/2021

PROYECTO : EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRITERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA
UBICACIÓN : FUNDO CONVENTO (Km. 39+420) - CALENAR (Km. 79+584) **Fecha:** 08/06/2021

I. Datos Generales

PROCEDENCIA	: Muestra 52+800-53+000	CLASF. (SIUCS)	: GC - GM
CALICATA	: M-S al 6%	CLASF. (AASHTO)	: A-2-4 (0)
MATERIAL	: Terreno de fundacion	LADO	: Der
PROFUND.	: --		

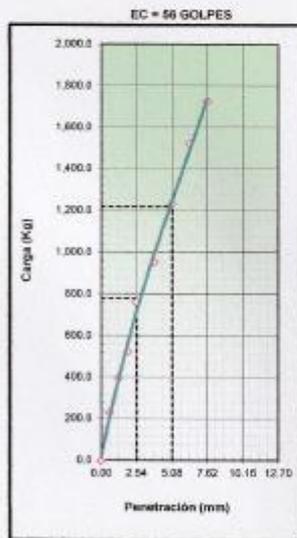


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.148
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.038
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

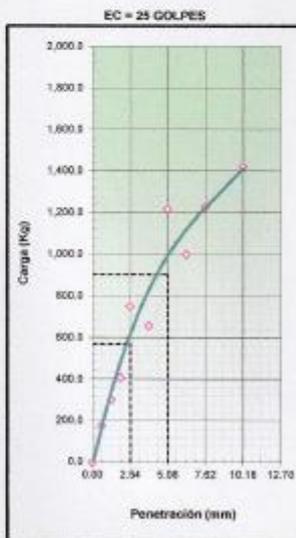
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	42.0	0.2"	44.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	17.9	0.2"	18.2

RESULTADOS CBR a 0.1"
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 42.0 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 17.9 (%)

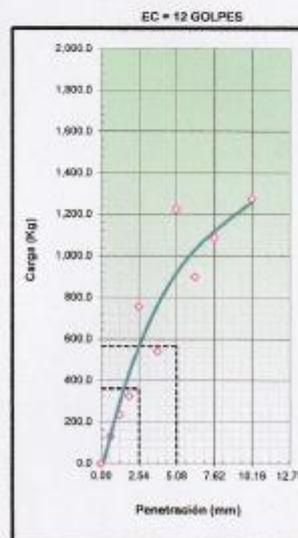
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 54.6%
 CBR (0.2") 56.6%



CBR (0.1") 39.6%
 CBR (0.2") 42.2%



CBR (0.1") 25.3%
 CBR (0.2") 26.4%

LABORATORIO


 CRISTIAN TREVINO VILELA DUEÑAS
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP N° 166306

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Certificado de Calibración LMA19-0207

ORDEN DE TRABAJO	: OT10 - 0111	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
CLIENTE	: NILVER CHACON ESPEJO	
DIRECCIÓN	: Av. Emilio Cavenecia 225 Int. 111 - SAN ISIDRO	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: LABORATORIO DE ENSAYOS - OBRAS DE INGENIERIA S.A.	
EQUIPO	: BALANZA ELECTRÓNICA	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
MARCA / FABRICANTE	: OHAUS	
MODELO	: PAJ4102	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 de 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%.
NÚMERO DE SERIE	: B451405166	
PROCEDENCIA	: CHINA	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
IDENTIFICACIÓN	: NO INDICA	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2021-06-22	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.
FECHA DE EMISIÓN	: 2021-06-28	

Sello

Fecha

Responsable Técnico

Metrólogo a cargo



Dante Abelino Pérez

Leonardo Chaponen Osorio

Certificado de Calibración

LSMA-29-0207

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad máxima [Max] : 4100 g Clase de exactitud : Alta II
 División de escala (d) : 0,01 g Tipo : Electrónica: Electromecánica:
 División de verificación (e) : 0,1 g ΔT local : 5,0 °C
 Coef. deriva térmica (δ) : 1,0E-05 °C⁻¹ Capacidad mínima (Min) NO INDICA

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
INACAL	Juego de pesas desde 1 mg hasta 500 g clase E2	LMC043-2018
INACAL	Pesa de 1 kg clase E2	LM-159-2018
INACAL	02 Pesas de 2 kg clase E2	LM-096-2018 / LM-097-2018

PROCEDIMIENTO Y/O MÉTODO DE CALIBRACION

PC-011 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II - SNM - INDECOPI Edición 04 Abril 2010

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero : CONFORME Escala : CONFORME
 Oscilación libre : CONFORME Cursor : CONFORME
 Plataforma : CONFORME Nivelación : CONFORME
 Sistema de traba : NO TIENE Función de ajuste (CAL) : Interna: Externa: No tiene:

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp. Ambiente Inicial = 19,7 °C Humedad (%) Inicial = 37,8 %
 Final = 19,8 °C Final = 37,8 %

Medición	Carga L ₁ = 2000,0020 g		Carga L ₂ = 4000,0025 g	
	I	E ₁	I	E ₂
Nº	g	g	g	g
1	2000,01	0,006	4000,01	0,005
2	2000,00	-0,002	4000,00	-0,003
3	2000,01	0,007	4000,00	-0,003
4	2000,01	0,008	4000,00	-0,003
5	2000,00	-0,002	4000,00	-0,003
6	2000,00	-0,002	4000,01	0,005
7	2000,01	0,006	4000,00	-0,003
8	2000,01	0,008	4000,00	-0,003
9	2000,01	0,006	4000,00	-0,003
10	2000,00	-0,002	4000,00	-0,003
$\Delta E_1 = \text{Max } E_1 - \text{Min } E_1 =$		0,010 g	$\Delta E_2 = \text{Max } E_2 - \text{Min } E_2 =$	
EMP para L ₁ =		± 0,2 g	EMP para L ₂ =	
			± 0,3 g	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 19,8 °C Humedad (%) Inicial = 37,8 %
 Final = 19,8 °C Final = 37,8 %

Posición de la carga	Determinación de E ₀			Determinación de error corregido E _c			
	Carga mínima	I	E ₀	Carga L	I	E	E _c
	g	g	g	g	g	g	g
1	0,100002	0,10	0,000	1400,0006	1400,01	0,008	0,008
2		0,10	0,000		1400,01	0,007	0,007
3		0,10	0,000		1400,00	-0,001	-0,001
4		0,10	0,000		1400,01	0,007	0,007
5		0,10	0,000		1400,00	-0,001	-0,001
EMP para carga E _c en excentricidad =				± 0,20 g			

Posición de las cargas

2	5
1	
3	4

NOMENCLATURA

I : Indicación de la balanza
 E₁ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₁
 E₂ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₂

E₀ : Error en cero en ensayo de excentricidad
 E_c : Error corregido en ensayo de excentricidad

EMP : Error Máximo Permissible



Certificado de Calibración
LMA29-0207

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Ambiente Inicial = 19,8 °C Humedad (%) Inicial = 37,8 %
Final = 19,9 °C Final = 37,8 %

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	I g	E g	E _c g	I g	E g	E _c g	
0,100002	0,10	0,001					
5,000013	5,00	0,000	-0,001	5,00	0,000	-0,001	0,1
400,00021	400,00	0,000	-0,001	400,00	0,000	-0,001	0,1
800,00048	800,00	0,000	-0,001	800,00	0,000	-0,001	0,2
1000,0004	1000,00	-0,002	-0,003	1000,00	0,000	-0,001	0,2
1400,00061	1400,00	-0,001	-0,002	1400,00	-0,001	-0,002	0,2
1600,0008	1600,01	0,006	0,005	1600,00	-0,004	-0,005	0,2
2000,002	2000,00	-0,002	-0,003	2000,01	0,006	0,005	0,2
2500,00238	2500,01	0,005	0,004	2500,01	0,005	0,004	0,3
3300,0025	3300,00	-0,003	-0,003	3300,01	0,005	0,005	0,3
4100,00252	4100,01	0,004	0,003	4100,01	0,004	0,003	0,3

NOMENCLATURA

L: Carga aplicada utilizando pesas patrón. EMP: Error Máximo Permisible
I: Indicación de la balanza. E_c: Error corregido resultante de calcular E - E₀
E: Error obtenido de calcular $I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA

$$R_{CORREGIDA} = R - 1,818E-07 R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{4,63E-05 \text{ g}^2 + 2,123E-10 \times R^2}$$

NOMENCLATURA

R: Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.
R_{corregida}: Lectura corregida de la balanza.
U_R: Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

INDICACIONES ADICIONALES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de 5 g
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
1000	1000,27	0,27	0,20
2000	2000,56	0,56	0,20
4000	4001,07	1,07	0,30

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna No se hizo ajuste
CAL externa Indicar pesa utilizada

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



Certificado de Calibración LMA19-0206

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO .

DIRECCIÓN : Av. Emilio Cavenecia 225 Int. 111 - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE ENSAYOS - OBRAS DE INGENIERIA S.A.

EQUIPO : BALANZA ELECTRÓNICA

MARCA / FABRICANTE : OHAUS

MODELO : SE8001F

NÚMERO DE SERIE : B415927665

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-06-22

FECHA DE EMISIÓN : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

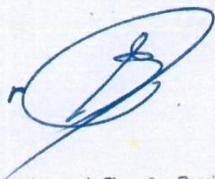
MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello	Fecha	Responsable Técnico	Metrólogo a cargo
			
		Dante Abelino Pérez	Leonardo Chapoñan Osorio

Certificado de Calibración
LSMA19-0206

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad máxima (Max) : 6000 g Clase de exactitud : Alta II
 División de escala (d) : 0,10 g Tipo : Electrónica: Electromecánica:
 División de verificación (e) : 1,0 g ΔT local : 5,0 °C
 Coefic. deriva térmica (δ) : 1,0E-05 °C⁻¹ Capacidad mínima (Min) : NO INDICA

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
INACAL	Juego de pesas desde 1 mg hasta 500 g clase E2	LMC-043-2018
INACAL	Pesa de 1 kg clase E2	LM-159-2018
INACAL	02 Pesas de 2 kg clase E2	LM-096-2018 / LM-097-2018
INACAL	Pesa de 5 kg clase E2	LM-099-2018

PROCEDIMIENTO Y/O MÉTODO DE CALIBRACION

PC-011 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II - SNM - INDECOP I Edición 04 Abril 2010

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero : CONFORME Escala : CONFORME
 Oscilación libre : CONFORME Cursor : CONFORME
 Plataforma : CONFORME Nivelación : CONFORME
 Sistema de traba : NO TIENE Función de ajuste (CAL) : Interna: Externa: No tiene:

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp. Ambiente Inicial = 19,7 °C Humedad (%) Inicial = 37,8 %
 Final = 19,8 °C Final = 37,8 %

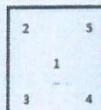
Medición	Carga L ₁ = 3000,0024 g		Carga L ₂ = 6000,0039 g		
	I	E ₁	I	E ₂	
1	2999,9	-0,12	6000,0	0,00	
2	3000,0	0,00	5999,9	-0,12	
3	2999,9	-0,12	5999,9	-0,12	
4	3000,0	0,00	5999,9	-0,12	
5	3000,0	0,00	6000,0	0,00	
6	2999,9	-0,12	6000,0	0,00	
7	2999,9	-0,12	5999,9	-0,12	
8	3000,0	0,00	6000,0	0,00	
9	3000,0	0,00	6000,0	0,00	
10	3000,0	0,00	5999,9	-0,12	
$\Delta E_1 = \text{Max } E_1 - \text{Min } E_1 =$		0,12 g	$\Delta E_2 = \text{Max } E_2 - \text{Min } E_2 =$		0,12 g
EMP para L ₁ =		± 1,0 g	EMP para L ₂ =		± 2,0 g

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 19,8 °C Humedad (%) Inicial = 37,8 %
 Final = 19,8 °C Final = 37,8 %

Posición de la carga	Determinación de E ₀			Determinación de error corregido E _c			
	Carga mínima g	I g	E ₀ g	Carga L g	I g	E g	E _c g
1	1,00001	1,0	0,00	2000,0020	2000,0	0,00	0,00
2		1,0	0,00		2000,0	0,00	0,00
3		1,0	0,00		2000,0	0,00	0,00
4		1,0	0,00		2000,0	0,00	0,00
5		1,0	0,00		2000,0	0,00	0,00
EMP para carga E ₀ en excentricidad =				± 1 g			

Posición de las cargas



NOMENCLATURA

I : Indicación de la balanza E₀ : Error en cero en ensayo de excentricidad
 E₁ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₁ E_c : Error corregido en ensayo de excentricidad
 E₂ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₂ EMP : Error Máximo Permisible



Certificado de Calibración
LM19-0206

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Ambiente Inicial = 19,8 °C Humedad (%) Inicial = 38 %
Final = 19,9 °C Final = 38 %

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	I g	E g	E _c g	I g	E g	E _c g	
1,000006	1,0	0,00					
50,000030	50,0	0,00	0,00	50,0	0,00	0,00	1,0
600,00040	600,0	0,00	0,00	600,0	0,00	0,00	1,0
1200,00048	1200,0	0,00	0,00	1200,0	0,00	0,00	1,0
1500,0008	1500,0	0,00	0,00	1500,0	0,00	0,00	1,0
2000,00200	1999,9	-0,12	-0,12	1999,9	-0,12	-0,12	1,0
2400,0022	2400,0	0,00	0,00	2400,0	0,00	0,00	1,0
3000,002	2999,9	-0,12	-0,12	3000,0	0,00	0,00	1,0
3600,00280	3600,0	0,00	0,00	3600,0	0,00	0,00	1,0
4700,0030	4700,0	0,00	0,00	4700,0	0,00	0,00	1,0
6000,00390	5999,9	-0,12	-0,12	5999,9	-0,12	-0,12	2,0

NOMENCLATURA

L: Carga aplicada utilizando pesas patrón.

I: Indicación de la balanza.

E: Error obtenido de calcular $I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$

EMP: Error Máximo Permisible

E_c: Error corregido resultante de calcular $E - E_0$

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA

$$R_{CORREGIDA} = R + 1,482E-05 \times R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{6,87E-03 \text{ g}^2 + 2,513E-10 \times R^2}$$

NOMENCLATURA

R: Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.

R_{CORREGIDA}: Lectura corregida de la balanza.

U_R: Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

INDICACIONES ADICIONALES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de 50 g
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
2000	1999,6	-0,4	1,0
4000	3999,1	-0,9	1,0
6000	5998,4	-1,6	2,0

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna No se hizo ajuste
CAL externa Indicar pesa utilizada



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado de Calibración

LMA19-0205

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO

DIRECCIÓN : Av. Emilio Cavenecia 225 Int. 111 - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE ENSAYOS - OBRAS DE INGENIERIA S.A.

EQUIPO : BALANZA ELECTRÓNICA

MARCA / FABRICANTE : OHAUS

MODELO : EB30

NÚMERO DE SERIE : NO INDICA

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-06-22

FECHA DE EMISIÓN : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades [SI].

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello Fecha



Responsable Técnico

Dante Abelino Pérez

Metrólogo a cargo

Leonardo Chapañan Osorio

Certificado de Calibración
LM A19-0205

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad máxima (Max) : 30000 g Clase de exactitud : Media III
 División de escala (d) : 1,0 g Tipo : Electrónica: Mecánica:
 DIV. DE VERIFICACIÓN (e): 10 g ΔT local : 5 °C
 Coefic. deriva térmica (δ) : 1,0E-05 °C⁻¹ Capacidad mínima (Min) : NO INDICA

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
MSG / INACAL	Juego de Pesas desde 1 mg hasta 500 g clase M1	LMA18-0072
INACAL	Juego de Pesas desde 1 kg hasta 5 kg clase F1	LM-049-2018
INACAL	Pesa de 10 kg clase F2	LM-098-2018
INACAL	Pesa de 20 kg clase F2	LM-163-2018

PROCEDIMIENTO Y/O MÉTODO DE CALIBRACIÓN

PC-001 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase III - SNM - INDECOPI, Edición 03 Enero 2009.

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero : CONFORME Escala : NO TIENE
 Oscilación libre : CONFORME Cursor : NO TIENE
 Plataforma : CONFORME Nivelación : NO TIENE
 Sistema de traba : NO TIENE Función de ajuste (CAL) : Externa: No tiene:

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

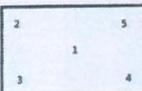
Temperatura Ambiente Inicial = 19,4 °C Humedad Inicial = 38,8 %
 Final = 19,6 °C Final = 38,8 %

Medición N°	Carga L ₁ = 15000,1187 g		Carga L ₂ = 30000,2190 g		
	I g	E ₁ g	I g	E ₂ g	
1	15000	-0,1	30000	-0,2	
2	14999	-1,3	30000	-0,2	
3	15000	-0,1	29999	-1,4	
4	15000	-0,1	30000	-0,2	
5	14999	-1,3	30000	-0,2	
6	15000	-0,1	30000	-0,2	
7	14999	-1,3	30000	-0,2	
8	15000	-0,1	29999	-1,4	
9	14999	-1,3	29999	-1,4	
10	14999	-1,1	30000	-0,2	
ΔE ₁ = Max E ₁ - Min E ₁ =		1,2 g	E ₂ = Max E ₂ - Min E ₂ =		1,2 g
EMP para L ₁ =		± 20 g	EMP para L ₂ =		± 30 g

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 19,5 °C Humedad Inicial = 38,8 %
 Final = 19,5 °C Final = 38,8 %

Posición de la carga	Determinación de E ₀			Determinación de error corregido E _c			
	Carga mínima g	I g	E ₀ g	Carga L g	I g	E g	E _c g
1	10,0010	10	0,0	10000,0890	10000	-0,1	-0,1
2		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
3		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
4		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
5		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
EMP para carga E ₀ en excentricidad =				± 20 g			



Posición de las cargas

NOMENCLATURA

I : Indicación de la balanza E₀ : Error en cero en ensayo de excentricidad
 E₁ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₁ E_c : Error corregido en ensayo de excentricidad
 E₂ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₂ EMP : Error Máximo Permisible

Certificado de Calibración
LSMA19-0205

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Ambiente Inicial = 19,4 °C Final = 19,6 °C
 Humedad Inicial = 37,8 % Final = 37,8 %

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	I g	E g	E _c g	I g	E g	E _c g	
10,001	10	0,0					10
200,004	199	-1,2	-1,2	200	0,0	0,0	10
3000,0004	3000	0,0	0,0	3000	0,0	0,0	10
6000,0286	5999	-1,2	-1,2	6000	0,0	0,0	20
7500,0352	7500	0,0	0,0	7500	0,0	0,0	20
10000,0890	9999	-1,3	-1,3	9998	-2,3	-2,3	20
12000,0905	11999	-1,3	-1,3	12000	-0,1	-0,1	20
15000,1187	14999	-1,3	-1,3	14998	-2,3	-2,3	20
18000,1191	17999	-1,3	-1,3	18000	-0,1	-0,1	20
24000,1362	24000	-0,1	-0,1	24000	-0,1	-0,1	30
30000,2190	30000	-0,2	-0,2	30000	-0,2	-0,2	30

NOMENCLATURA

L: Carga aplicada utilizando pesas patrón.
 I: Indicación de la balanza.
 E: Error obtenido de calcular $I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$
 EMP: Error Máximo Permissible
 E_c: Error corregido resultante de calcular $E - E_0$

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA

$$R_{CORREGIDA} = R + 3,814E-05 R$$

$$U_p = 2 \times \sqrt{6,640E-01 g^2 + 3,712E-10 \times R^2}$$

NOMENCLATURA

R: Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.
 R_{CORREGIDA}: Lectura corregida de la balanza.
 U_p: Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

INDICACIONES ADICIONALES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de 200 g
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
5000	4994	-6	10
10000	9987	-13	20
20000	19974	-26	20

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna No se hizo ajuste
 CAL externa Indicar pesa utilizada

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



Certificado de Calibración

LMA19-0204

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO

DIRECCIÓN : Av. Emilio Cavenecia 225 Int. 111 - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE ENSAYOS - OBRAS DE INGENIERIA S.A.

EQUIPO : BALANZA ELECTRÓNICA

MARCA / FABRICANTE : OHAUS

MODELO : EB30

NÚMERO DE SERIE : 8033264259

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-06-22

FECHA DE EMISIÓN : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello



Fecha



Responsable Técnico

Dante Abelino Pérez

Metrólogo a cargo

Leonardo Chapoñan Osorio

Certificado de Calibración
LMA19-0204

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad máxima (Max) : 30000 g Clase de exactitud : Media III
 División de escala (d) : 1,0 g Tipo : Electrónica: Mecánica:
 DIV. DE VERIFICACIÓN (e): : 10 g ΔT local : 5 °C
 Coefic. deriva térmica (δ) : 1,0E-05 °C⁻¹ Capacidad mínima (Min) NO INDICA

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
MSG / INACAL	Juego de Pesas desde 1 mg hasta 500 g clase M1	LMA18-0072
INACAL	Juego de Pesas desde 1 kg hasta 5 kg clase F1	LM-049-2018
INACAL	Pesa de 10 kg clase F2	LM-098-2018
INACAL	Pesa de 20 kg clase F2	LM-163-2018

PROCEDIMIENTO Y/O MÉTODO DE CALIBRACIÓN

PC-001 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase III - SNM - INDECOPI, Edición 03 Enero 2009.

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero : CONFORME Escala : NO TIENE
 Oscilación libre : CONFORME Cursor : NO TIENE
 Plataforma : CONFORME Nivelación : NO TIENE
 Sistema de traba : NO TIENE Función de ajuste (CAL) : Externa: No tiene:

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

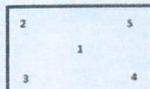
Temperatura Ambiente Inicial = 19,4 °C Humedad Inicial = 37,8 %
 Final = 19,5 °C Final = 37,8 %

Medición	Carga L ₁ = 15000,1187 g		Carga L ₂ = 30000,2190 g		
	N°	E ₁	I	E ₂	
1	15000	-0,1	30000	-0,2	
2	14999	-1,1	30000	-0,2	
3	15000	-0,1	30000	-0,2	
4	15000	-0,1	30000	-0,2	
5	14999	-1,1	30000	-0,2	
6	15000	-0,1	30000	-0,2	
7	14999	-1,1	30000	-0,2	
8	15000	-0,1	30000	-0,2	
9	14999	-1,1	30000	-0,2	
10	14999	-1,1	30000	-0,2	
$\Delta E_1 = \text{Max } E_1 - \text{Min } E_1 =$		1,0 g	$\Delta E_2 = \text{Max } E_2 - \text{Min } E_2 =$		0,0 g
EMP para L ₁ =		± 20 g	EMP para L ₂ =		± 30 g

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 19,5 °C Humedad Inicial = 37,8 %
 Final = 19,4 °C Final = 37,8 %

Posición de la carga	Determinación de E ₀			Determinación de error corregido E _C			
	Carga mínima	I	E ₀	Carga L	I	E	E _C
1		10	0,0	10000,0890	10000	-0,1	-0,1
2		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
3	10,001	10	0,0		10000	-0,1	-0,1
4		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
5		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
				EMP para carga E _C en excentricidad = ± 20 g			



NOMENCLATURA

I : Indicación de la balanza
 E₀ : Error en cero en ensayo de excentricidad
 E₁ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₁
 E₂ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₂
 E_C : Error corregido en ensayo de excentricidad
 EMP : Error Máximo Permissible

Certificado de Calibración
LMJ19-0204

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Ambiente Inicial = 19,4 °C Humedad Inicial = 37,8 %
Final = 19,6 °C Final = 37,8 %

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	I g	E g	E _c g	I g	E g	E _c g	
10,001	10	0,0					
200,004	200	0,0	0,0	200	0,0	0,0	10
3000,0004	3000	0,0	0,0	3000	0,0	0,0	10
6000,0286	6000	0,0	0,0	6000	0,0	0,0	20
7500,0352	7500	0,0	0,0	7500	0,0	0,0	20
10000,0890	9999	-1,3	-1,3	9999	-1,3	-1,3	20
12000,0905	12000	-0,1	-0,1	12000	-0,1	-0,1	20
15000,1187	14999	-1,3	-1,3	14999	-2,4	-2,4	20
18000,1191	18000	-0,1	-0,1	18000	-0,1	-0,1	20
24000,1362	24000	-0,1	-0,1	24000	-0,1	-0,1	30
30000,2190	30000	-0,2	-0,2	30000	-0,2	-0,2	30

NOMENCLATURA

L : Carga aplicada utilizando pesas patrón.
I : Indicación de la balanza.
E : Error obtenido de calcular $I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$
EMP : Error Máximo Permisible
E_c : Error corregido resultante de calcular $E - E_0$

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 1,999E-05 R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{5,453E-01 g^2 + 3,290E-10 \times R^2}$$

NOMENCLATURA

R : Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.
R_{corregida} : Lectura corregida de la balanza.
U_R : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

INDICACIONES ADICIONALES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de 200 g
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
5000	4998	-2	10
10000	9996	-4	20
15000	14994	-6	20

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna No se hizo ajuste
CAL externa Indicar pesa utilizada

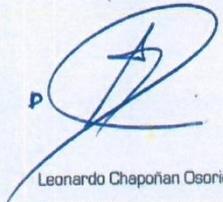


FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificado de Calibración

LMA19-0203

<p>ORDEN DE TRABAJO : OT10-0111</p> <p>CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO</p> <p>DIRECCIÓN : Av. Emilio Cavenecia 225 Int. 111 - SAN ISIDRO</p> <p>LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE ENSAYOS - OBRAS DE INGENIERIA S.A.</p> <p>EQUIPO : BALANZA ELECTRÓNICA</p> <p>MARCA / FABRICANTE : OHAUS</p> <p>MODELO : EB30</p> <p>NÚMERO DE SERIE : 8033203096</p> <p>PROCEDENCIA : CHINA</p> <p>IDENTIFICACIÓN : NO INDICA</p> <p>FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-06-22</p> <p>FECHA DE EMISIÓN : 2021-06-28</p>	<p>El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p>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 de 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%.</p> <p>Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.</p>
---	---

Sello	Fecha	Responsable Técnico	Metrólogo a cargo
 		 Dante Abelino Pérez	 Leonardo Chapañan Osorio

Certificado de Calibración
LMA19-0203

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad máxima (Max) : 30000 g Clase de exactitud : Media III
 División de escala (d) : 1,0 g Tipo : Electrónica: Mecánica:
 DIV. DE VERIFICACIÓN (e): : 10 g AT local : 5 °C
 Coefic. deriva térmica (δ) : 1,0E-05 °C⁻¹ Capacidad mínima (Min) : NO INDICA

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
MSG / INACAL	Juego de Pesas desde 1 mg hasta 500 g clase M1	LMA18-0072
INACAL	Juego de Pesas desde 1 kg hasta 5 kg clase F1	LM-049-2018
INACAL	Pesa de 10 kg clase F2	LM098-2018
INACAL	Pesa de 20 kg clase F2	LM-163-2018

PROCEDIMIENTO Y/O MÉTODO DE CALIBRACIÓN

PC-001 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase III - SNM - INDECOPI Edición 03 Enero 2008.

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero : CONFORME Escala : NO TIENE
 Oscilación libre : CONFORME Cursor : NO TIENE
 Plataforma : CONFORME Nivelación : NO TIENE
 Sistema de trabe : NO TIENE Función de ajuste (CAL) : Externa: No tiene:

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

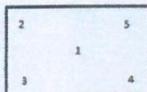
Temperatura Ambiente Inicial = 19,4 °C Humedad Inicial = 37,8 %
 Final = 19,5 °C Final = 37,8 %

Medición N°	Carga L ₁ = 15000,1187 g		Carga L ₂ = 30000,2190 g		
	I g	E ₁ g	I g	E ₂ g	
1	15000	-0,1	30000	-0,2	
2	15000	-0,1	30000	-0,2	
3	15000	-0,1	30000	-0,2	
4	14999	-1,3	30000	-0,2	
5	15000	-0,1	30000	-0,2	
6	15000	-0,1	30000	-0,2	
7	15000	-0,1	30000	-0,2	
8	15000	-0,1	30000	-0,2	
9	14999	-1,3	30000	-0,2	
10	14999	-1,1	30000	-0,2	
$\Delta E_1 = \text{Max } E_1 - \text{Min } E_1 =$		1,2 g	$E_2 = \text{Max } E_2 - \text{Min } E_2 =$		0,0 g
EMP para L ₁ =		± 20 g	EMP para L ₂ =		± 30 g

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 19,5 °C Humedad Inicial = 37,8 %
 Final = 19,4 °C Final = 37,8 %

Posición de la carga	Determinación de E ₀			Determinación de error corregido E _c			
	Carga mínima g	I g	E ₀ g	Carga L g	I g	E g	E _c g
1	10,001	10	0,0	10000,0890	10000	-0,1	-0,1
2		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
3		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
4		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
5		10	0,0		10000	-0,1	-0,1
				EMP para carga E _c en excentricidad = ± 20 g			



NOMENCLATURA

I : Indicación de la balanza
 E₀ : Error en cero en ensayo de excentricidad
 E₁ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₁
 E₂ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₂
 E_c : Error corregido en ensayo de excentricidad
 EMP : Error Máximo Permisible

Certificado de Calibración
LMA19-0203

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Ambiente Inicial = 19,4 °C Humedad Inicial = 37,8 %
Final = 19,6 °C Final = 37,8 %

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	I g	E g	E _c g	I g	E g	E _c g	
10,001	10	0,0					
200,004	200	0,0	0,0	200	0,0	0,0	10
3000,0004	3000	0,0	0,0	3000	0,0	0,0	10
6000,0286	6000	0,0	0,0	6000	0,0	0,0	20
7500,0352	7500	0,0	0,0	7500	0,0	0,0	20
10000,0890	10000	-0,1	-0,1	10000	-0,1	-0,1	20
12000,0905	12000	-0,1	-0,1	12000	-0,1	-0,1	20
15000,1187	15000	-0,1	-0,1	15000	-0,1	-0,1	20
18000,1191	18000	-0,1	-0,1	18000	-0,1	-0,1	20
24000,1362	24000	-0,1	-0,1	24000	-0,1	-0,1	30
30000,2190	30000	-0,2	-0,2	30000	-0,2	-0,2	30

NOMENCLATURA

L: Carga aplicada utilizando pesas patrón.
I: Indicación de la balanza.
E: Error obtenido de calcular $I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$
EMP: Error Máximo Permissible
E_c: Error corregido resultante de calcular $E - E_c$

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA

$$R_{CORREGIDA} = R + 6,798E-06 R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{4,693E-01 g^2 + 3,398E-10 \times R^2}$$

NOMENCLATURA

R: Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.
R_{CORREGIDA}: Lectura corregida de la balanza.
U_R: Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

INDICACIONES ADICIONALES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de 200 g
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
5000	4998	-2	10
15000	14994	-6	20
30000	29992	-8	30

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna No se hizo ajuste
CAL externa Indicar pesa utilizada



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado de Calibración

LMA19-0208

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO

DIRECCIÓN : Av. Emilio Cavenecia 225 Int. 111 - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE ENSAYOS - OBRAS DE INGENIERIA S.A.

EQUIPO : BALANZA ELECTRÓNICA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO

MARCA / FABRICANTE : OHAUS

MODELO : YA501

NÚMERO DE SERIE : 80251913

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-06-22

FECHA DE EMISIÓN : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello

Fecha

Responsable Técnico

Metrólogo a cargo



Dante Abelino Pérez

Leonardo Chapañan Osorio

Certificado de Calibración
LMA19-0208

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL OBJETO CALBRADO

Capacidad máxima (Max) : 500 g Clase de exactitud : Media III
 División de escala (d) : 0,1 g Tipo : Electrónica: Mecánica:
 DIV. DE VERIFICACIÓN (e): : 1 g ΔT local : 5 °C
 Coefic. deriva térmica (δ) : 1,0E-05 °C⁻¹ Capacidad mínima (Min) NO INDICA

DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
MSG / INACAL	Juego de Pesas desde 1 mg hasta 500 g clase M1	LMA18-0072

PROCEDIMIENTO Y/O MÉTODO DE CALIBRACIÓN

PC-001 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase III - SNM - INDECOPI, Edición 03 Enero 2009.

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero : CONFORME Escala : NO TIENE
 Oscilación libre : CONFORME Cursor : NO TIENE
 Plataforma : CONFORME Nivelación : NO TIENE
 Sistema de traba : NO TIENE Función de ajuste (CAL) : Externa: No tiene:

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 19,1 °C Humedad Inicial = 60,9 %
 Final = 19,1 °C Final = 60,9 %

Medición	Carga L ₁ = 250,0050 g		Carga L ₂ = 500,0040 g		
	I	E ₁	I	E ₂	
1	250,0	-0,01	500,0	0,00	
2	250,0	-0,01	500,0	0,00	
3	250,0	-0,01	500,0	0,00	
4	250,0	-0,01	500,0	0,00	
5	250,0	-0,01	500,0	0,00	
6	250,0	-0,01	500,0	0,00	
7	250,0	-0,01	500,0	0,00	
8	250,0	0,01	500,0	0,00	
9	250,0	0,01	500,0	0,00	
10	250,0	-0,01	500,0	0,00	
$\Delta E_1 = \text{Max } E_1 - \text{Min } E_1 =$		0,00 g	$\Delta E_2 = \text{Max } E_2 - \text{Min } E_2 =$		0,00 g
EMP para L ₁ =		± 1 g	EMP para L ₂ =		± 1 g

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 19,1 °C Humedad Inicial = 60,9 %
 Final = 19,0 °C Final = 60,9 %

Posición de la carga	Determinación de E ₀			Determinación de error corregido E _c			
	Carga mínima g	I	E ₀	Carga L g	I	E	E _c
1	1,000	1,0	0,00	170,0025	170,0	0,00	0,00
2		1,0	0,00		170,0	0,00	0,00
3		1,0	0,00		170,0	0,00	0,00
4		1,0	0,00		170,0	0,00	0,00
5		1,0	0,00		170,0	0,00	0,00
EMP para carga E ₀				EMP para carga E _c en excentricidad = ± 1 g			



Posición de las cargas

NOMENCLATURA

I : Indicación de la balanza
 E₁ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₁
 E₂ : Error en ensayo de repetibilidad carga L₂
 E₀ : Error en cero en ensayo de excentricidad
 E_c : Error corregido en ensayo de excentricidad
 EMP : Error Máxima Permisible



Certificado de Calibración
LM.A19-0208

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Ambiente Inicial = 19,0 °C Humedad Inicial = 60,9 %
Final = 19,3 °C Final = 60,9 %

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	I g	E g	E _c g	I g	E g	E _c g	
1,000	1,0	0,00					
20,001	20,0	0,00	0,00	20,0	0,00	0,00	1
50,0010	50,0	0,00	0,00	50,0	0,00	0,00	1
100,0010	100,0	0,00	0,00	100,0	0,00	0,00	1
125,0020	125,0	0,00	0,00	125,0	0,00	0,00	1
170,0025	170,0	0,00	0,00	170,0	0,00	0,00	1
200,0040	200,0	0,00	0,00	200,0	0,00	0,00	1
250,0050	250,0	-0,01	0,00	250,0	-0,01	-0,01	1
300,0050	300,0	-0,01	0,00	300,0	-0,01	-0,01	1
400,0070	400,0	-0,01	-0,01	400,0	-0,01	-0,01	1
500,0040	500,0	0,00	0,00	500,0	0,00	0,00	1

NOMENCLATURA

L : Carga aplicada utilizando pesas patrón.
I : Indicación de la balanza.
E : Error obtenido de calcular $I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$

EMP : Error Máximo Permisible
E_c : Error corregido resultante de calcular $E - E_0$

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA

$$R_{CORREGIDA} = R + 1,374E-05 \cdot R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{1,667E-03 \text{ g}^2 + 2,709E-10 \times R^2}$$

NOMENCLATURA

R : Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.
R_{CORREGIDA} : Lectura corregida de la balanza.
U_R : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

INDICACIONES ADICIONALES

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de 20 g
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
100	99,8	-0,2	1,0
200	199,7	-0,3	1,0
500	499,6	-0,4	1,0

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna No se hizo ajuste
CAL externa Indicar pesa utilizada

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



Certificado de Calibración

CIT19 - 0170

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO

DIRECCION : AV. EMILIO CAVENECA NRO 225
INT.111LIMA - LIMA - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACION : INSTALACIONES DEL CLIENTE - OBRAS DE
INGENIERIA S.A

EQUIPO : HORNO ELECTRICO

MARCA : ORION

MODELO : HL-03

NUMERO DE SERIE : 13050307

IDENTIFICACION : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACION : 2021-06-22

FECHA DE EMISION : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello

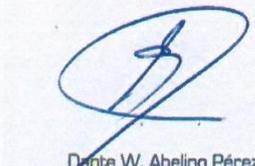
Fecha

Responsable Técnico

Metrólogo a cargo




Dante W. Abelino Pérez


Dante W. Abelino Pérez

Certificado de Calibración
CIT19 - 0170

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Parámetros	Indicador	Selector
Tipo	TERMOMETRO DIGITAL	ELECTRONICO DIGITAL
Alcance de Escala	0 °C a 999 °C	0 °C a 999 °C
División de escala	0,1 °C	0,1 °C
Tipo de agitacion	NATURAL	
Capacidad de tanque	NO INDICA	
Porcentaje de carga	20,0%	
Temperatura de calibración	110,0 °C ± 5,0 °C	

PROCEDIMIENTO Y/O METODO DE CALIBRACION

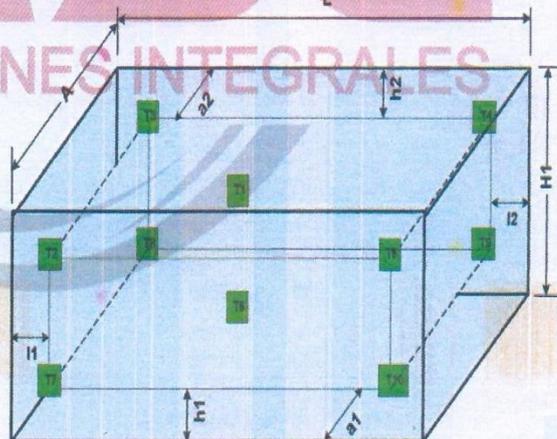
PC-018 - Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isoterms con aire como medio termóstatico del SNM - INDECOPI.

DESCRIPCION DEL PATRONES UTILIZADOS

Trazabilidad	Nombre del patrón	Certificado de Calibración N°
MSG / INACAL	Termómetro patrón multicanal Fluke 2620A	LTH18-0049

UBICACIÓN DE LOS TERMOPARES DENTRO DE LA CAMARA DEL MEDIO ISOTERMO

Cotas	Valores
A =	51,0 cm
L =	59,5 cm
H1 =	66,0 cm
a1 =	6,0 cm
a2 =	6,0 cm
l1 =	6,0 cm
l2 =	6,0 cm
h1 =	6,0 cm
h2 =	6,0 cm



- A, L y H1 = Dimensiones internas de la cámara del medio isotermo.
- a1, a2, l1, l2, h1, h2 = Distancias entre $\frac{1}{10}$ a $\frac{1}{4}$ de las dimensiones internas de la cámara.
- Termopares 1 y 6 = Ubicados en el centro geométrico de cada plano formado por los 4 termopares del plano correspondiente.



*Certificado de Calibración
CIT19 - 0170*

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	19,8 °C	±	0,1 °C
Humedad Relativa:	68,0 % Hr	±	1,0 % Hr

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110,0 °C ± 5,0 °C

Tiempo hh:mm	Medio Isotermo °C	Indicaciones corregidas de los 10 Termopares en °C										Temp. Prom. °C	ΔT °C
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
0:00	110,0	110,1	110,3	110,3	109,9	110,0	111,7	111,5	111,4	110,5	110,5	110,6	1,8
0:02	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,5	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
0:04	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,6	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
0:06	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:08	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:10	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:12	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,6	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
0:14	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:16	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:18	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:20	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:22	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:24	110,0	110,1	110,3	110,3	109,9	110,0	111,7	111,5	111,4	110,5	110,5	110,6	1,8
0:26	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,6	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
0:28	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:30	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:32	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:34	110,0	110,1	110,3	110,3	109,9	110,0	111,7	111,5	111,4	110,5	110,5	110,6	1,8
0:36	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,6	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
0:38	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,6	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
0:40	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:42	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:44	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:46	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,6	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
0:48	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:50	110,0	110,2	110,4	110,5	110,3	110,1	111,8	111,8	111,5	110,7	110,8	110,8	1,7
0:52	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:54	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:56	110,0	110,3	110,6	110,5	110,2	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0	110,9	1,8
0:58	110,0	110,1	110,3	110,3	109,9	110,0	111,7	111,5	111,4	110,5	110,5	110,6	1,8
1:00	110,0	110,1	110,5	110,4	110,2	110,2	111,6	111,5	111,3	110,6	110,5	110,7	1,5
T. PROM.	110,0	110,2	110,5	110,4	110,2	110,2	111,8	111,7	111,5	110,7	110,7	110,8	
T. MAX.	110,0	110,3	110,6	110,5	110,3	110,3	111,9	112,0	111,6	110,8	111,0		
T. MIN.	110,0	110,1	110,3	110,3	109,9	110,0	111,6	111,5	111,3	110,5	110,5		
DTT	0,0	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5		

Tiempo de Calibración del equipo : 60 min



*Certificado de Calibración
CIT19 - 0170*

TERMINOLOGIA EMPLEADA

- I medio isotermo** = Indicaciones registradas por el dispositivo indicador del equipo calibrado.
- Temp. Prom.** = Temperatura promedio de los 10 termopares para cada instante de tiempo.
- ΔT** = Diferencia entre máxima y mínima temperaturas para cada instante de tiempo.
- T. PROM** = Promedio de indicaciones corregidas por termopar durante el tiempo total de prueba.
- T. MÁX.** = Temperatura máxima para cada termopar durante el tiempo total de prueba.
- T. MIN.** = Temperatura mínima para cada termopar durante el tiempo total de prueba.
- DTT** = Desviación de Temperatura en el Tiempo

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

Parámetros	Valor	Incertidumbre Expandida °C
Máxima temperatura registrada durante la calibración	112,0 °C	0,3 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración	109,9 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE)	1,6 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT)	0,5 °C	0,1 °C
Uniformidad	1,6 °C	0,3 °C
Estabilidad [±]	0,3 °C	0,04 °C
Valor ajustado en selector del equipo durante la calibración.	110,0 °C	—
Posición del dispositivo de ajuste de aire forzado.	NO TIENE	—

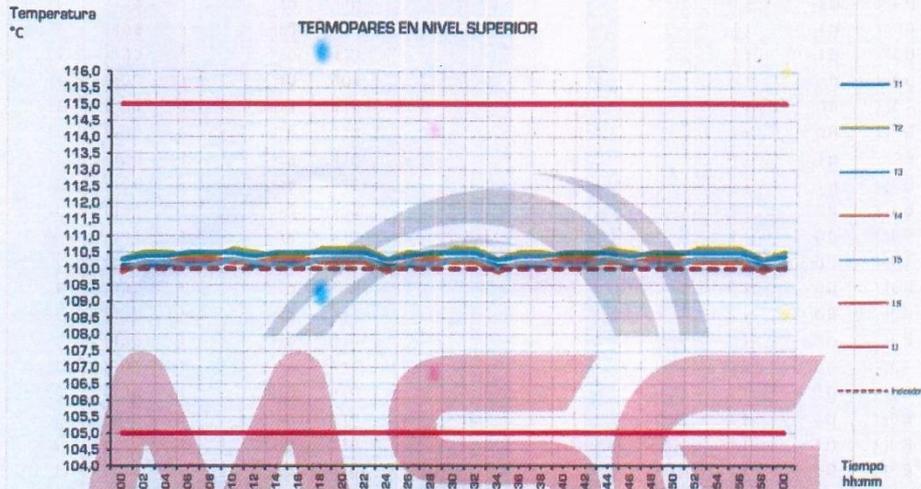
SOLUCIONES INTEGRALES



Certificado de Calibración
CIT19 - 0170

GRÁFICO DE TEMPERATURA VS. TIEMPO POR CADA TERMOPAR

Temperatura de calibración 110,0 °C ± 5,0 °C



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



Certificado de Calibración

LDA19 - 0174

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO PALLAR

DIRECCION : AV.EMILIO CAVENECIA NRO 225 INT.111LIMA - LIMA - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACION : INSTALACIONES DEL CLIENTE - CAMPAMENTO PALLAR

INSTRUMENTO DE MEDICION : EQUIPO DETERMINADOR DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO Y PLASTICIDAD - COPA CASA GRANDE

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : NO INDICA

NUMERO DE SERIE : NO INDICA

IDENTIFICACION : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACION : 2021-06-27

FECHA DE EMISION : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

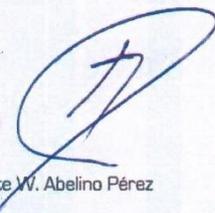
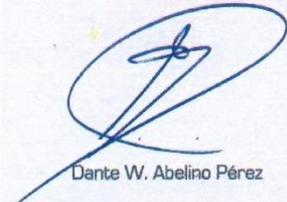
MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello	Fecha	Responsable Técnico	Metrólogo a cargo
 		 Dante W. Abelino Pérez	 Dante W. Abelino Pérez

Certificado de Calibración
LD19 - 0174

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION
MSG / INACAL	VERNIER DIGITAL PATRON 300 mm	L-0179-2018
INACAL	REGLA PATRON SEMI FLEXIBLE	LLA - 050 - 2018

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Determinación de longitudes por medición directa con vernier y regla patrón calibrados.
MTC E111 - 2000 / ASTM D 4318

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	19,5 °C ± 0,1 °C	Humedad Relativa:	35,0 % Hr ± 1,0 % Hr
--------------	------------------	-------------------	----------------------

RESULTADOS DE CALIBRACION

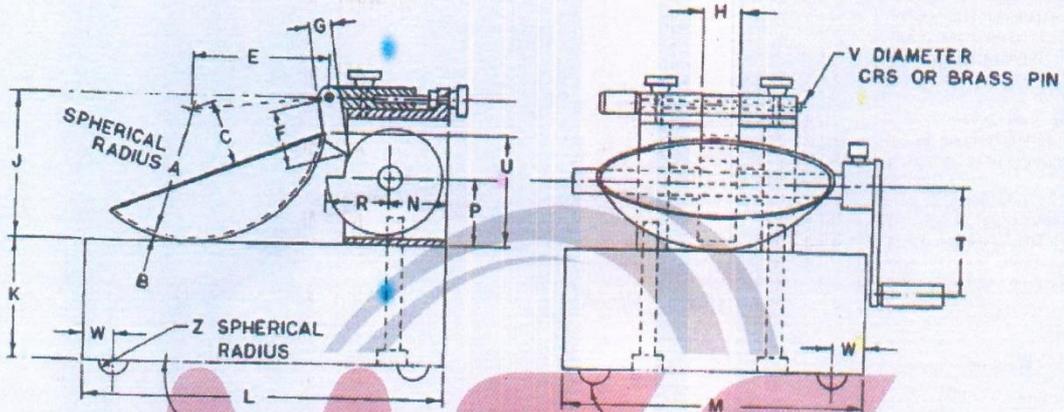
Variable a controlar	Especificación	Valor	Tolerancias	Valor Encontrado *	Resultado
A	Longitud	54 mm	± 0,5 mm	53,95 mm ± 0,04 mm	Cumple
B	Longitud	2 mm	± 0,1 mm	2,05 mm ± 0,02 mm	Cumple
C	Longitud	27 mm	± 0,5 mm	27,03 mm ± 0,05 mm	Cumple
E	Longitud	56 mm	± 2,0 mm	55,15 mm ± 0,03 mm	Cumple
F	Longitud	32 mm	NO INDICADO	31,72 mm ± 0,03 mm	Cumple
G	Longitud	10 mm	NO INDICADO	10,00 mm ± 0,02 mm	Cumple
H	Longitud	16 mm	NO INDICADO	12,65 mm ± 0,02 mm	Cumple
J	Longitud	60 mm	± 1,0 mm	59,81 mm ± 0,02 mm	Cumple
K	Longitud	50 mm	± 2,0 mm	50,55 mm ± 0,02 mm	Cumple
L	Longitud	150 mm	± 2,0 mm	150,15 mm ± 0,05 mm	Cumple
M	Longitud	125 mm	± 2,0 mm	125,19 mm ± 0,05 mm	Cumple
N	Longitud	24 mm	NO INDICADO	19,08 mm ± 0,02 mm	Cumple
P	Longitud	28 mm	NO INDICADO	27,52 mm ± 0,02 mm	Cumple
R	Longitud	24 mm	NO INDICADO	23,95 mm ± 0,02 mm	Cumple
T	Longitud	45 mm	NO INDICADO	5,03 mm ± 0,03 mm	Cumple
U	Longitud	47 mm	± 1,0 mm	46,25 mm ± 0,03 mm	Cumple
V	Longitud	3,8 mm	NO INDICADO	3,06 mm ± 0,02 mm	Cumple
W	Longitud	13 mm	NO INDICADO	13,15 mm ± 0,02 mm	Cumple
Z	Longitud	6,5 mm	NO INDICADO	NO APLICA	—

*Valores promedio obtenidos en base a 03 repeticiones por cada valor.



Certificado de Calibración
LDA19 - 0174

GRAFICA DEL INSTRUMENTO VERIFICADO



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

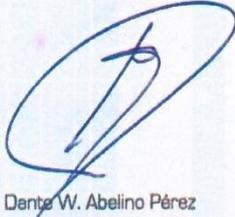
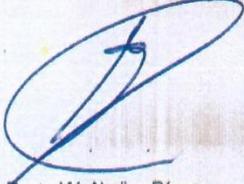
SOLUCIONES INTEGRALES



Certificado de Calibración

LDA19 - 0287

ORDEN DE TRABAJO	: OT10 - 0111	<p>El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p>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 de 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%.</p> <p>Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.</p>
CLIENTE	: NILVER CHACON ESPEJO PALLAR	
DIRECCION	: AV.EMILIO CAVENECA NRO 225 INT.111LIMA - LIMA - SAN ISIDRO	
LUGAR DE CALIBRACION	: INSTALACIONES DEL CLIENTE - CAMPAMENTO PALLAR	
INSTRUMENTO DE MEDICION	: DIAL INDICADOR DE PRENSA	
MARCA	: BAKER	
MODELO	: J50A	
NUMERO DE SERIE	: P8522	
IDENTIFICACION	: NO INDICA	
FECHA DE CALIBRACION	: 2021-06-22	
FECHA DE EMISION	: 2021-06-28	

Sello	Fecha	Responsable Técnico	Metrólogo a cargo
 		 Dante W. Abelino Pérez	 Dante W. Abelino Pérez

Certificado de Calibración
LDA19 - 0287

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

PARAMETROS	INDICADOR
TIPO	ANALOGICO
ALCANDE ESCALA	0 pulg a 1 pulg
DIVISION MINIMA	0,001 pulg

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

TRAZABILIDAD	NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION N°
INACAL	BLOQUES PLANO PARALELOS GRADO 2	LLA - C - 019 - 2017

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

PC-014 "Procedimiento de calibración de Comparadores de Cuadrante" (Usando Bloques) - SNM INDECOPI.

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura inicial : 19,8 °C Temperatura final : 19,8 °C
 Humedad relativa Inicial : 36,0 % Humedad relativa final : 35,0 %

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

VALOR PATRON	INDICACION DEL MICROMETRO	DESVIACIÓN
pulg	pulg	mils
0,0197	0,0195	-0,2
0,1969	0,1967	-0,2
0,2362	0,2360	-0,2
0,2756	0,2754	-0,2
0,3150	0,3148	-0,2
0,3543	0,3541	-0,2
0,3937	0,3935	-0,2
0,4724	0,4721	-0,3
0,5906	0,5903	-0,3
0,7874	0,7873	-0,1

Alcance de error de indicación : 0,1 mils
 Incertidumbre del error de indicación : ± 0,6 mils



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado de Calibración

LFP19 - 0282

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO

DIRECCION : AV. EMILIO CAVENECIA NRO 225
INT.111LIMA - LIMA - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE OBRAS DE INGENIERIA
S.A - PALLAR

INSTRUMENTO DE MEDICION : EQUIPO DETERMINADOR DE HUMEDAD

MARCA : WIKA (MANOMETRO)
BOTELLA SERIE 1725

MODELO : NO INDICA

NUMERO DE SERIE : 8970349818

IDENTIFICACION : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACION : 2021-06-22

FECHA DE EMISION : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello



Fecha



Responsable Técnico

Dante W. Abelino Pérez

Metrólogo a cargo

Dante W. Abelino Pérez

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283, 992 019 094
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración
LFP19 - 0282

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Parámetros	Descripción	Parámetros	Descripción
Alcance de escala (manómetro)	[0 a 30] psi	Clase de exactitud	NO INDICA
División de escala (manómetro)	1 psi	Posición de trabajo	HORIZONTAL
Alcance de escala (vacuómetro)	No es vacuómetro	Rosca de conexión	1/4" NPT
División de escala (vacuómetro)	No es vacuómetro	Material	BRONCE
Diámetro de caja	2 1/2"	Fluido de trabajo	AIRE

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del patrón	Certificado de Calibración N°
INACAL	CALIBRADOR DE PRESION DIGITAL KELLER	LFP - 090 - 2018

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

PC-004 - Procedimiento de Calibración de Manómetros, Vacuómetros y Manovacúómetros de trabajo de Deformación Elástica - SNM INDECOPI. (Referencial) / ASTM D 4944

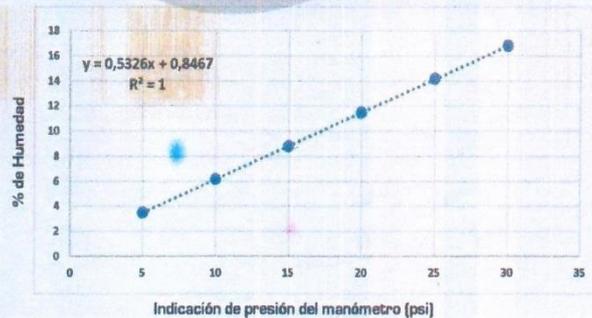
CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura:	20,8 °C +/- 0,1 °C	Humedad Relativa:	60,0 % Hr +/- 1,0 % Hr
--------------	--------------------	-------------------	------------------------

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación Instrumento psi	Valor equivalente % Humedad	Incertidumbre % Humedad
5,0	3,5	0,2
10,0	6,2	0,2
15,0	8,8	0,2
20,0	11,5	0,2
25,0	14,2	0,2
30,0	16,8	0,2

GRAFICO DE HUMEDAD VS PRESION INDICADA DEL SPEEDY



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.

Jr. Las Cravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf. 01 682 4729 / RPC: 992 367 283, 992 019 094
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

Certificado de Calibración

LFP19 - 0128

ORDEN DE TRABAJO : OT10 - 0111

CLIENTE : NILVER CHACON ESPEJO
PALLAR

DIRECCION : AV.EMILIO CAVENECA NRO 225
INT.111LIMA - LIMA - SAN ISIDRO

LUGAR DE CALIBRACION : INSTALACIONES DEL CLIENTE -
CAMPAMENTO PALLAR

INSTRUMENTO DE MEDICION : PRENSA CBR

MARCA : METROTEST

MODELO : MS-9

NUMERO DE SERIE : 468

IDENTIFICACION : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACION : 2020-06-22

FECHA DE EMISION : 2021-06-28

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

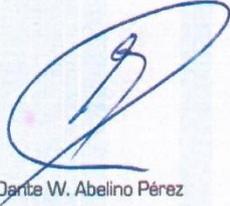
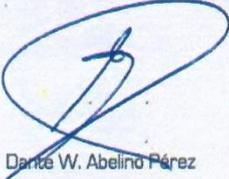
MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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 de 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 reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello	Fecha	Responsable Técnico	Metrólogo a cargo
		 Dante W. Abelino Pérez	 Dante W. Abelino Pérez

Certificado de Calibración
LF19 - 0128

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

PARAMETROS	INDICADOR
TIPO	DIGITAL
ALCANCE DE ESCALA	0 kg a 5000 kg
DIVISION DE ESCALA	0,1 kg

DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION
DINAMOMETRO ELECTRONICO	MT - LF - 306 - 2017

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Norma Internacional ISO 7500 - 1 / ISO 376

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura inicial : 20,5 °C Temperatura final : 20,3 °C
 Humedad relativa Inicial : 38,0 % Humedad relativa final : 39,0 %

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

INDICACION DEL EQUIPO	INDICACION PROMEDIO DEL PATRON		CALCULO DE ERRORES		INCERTIDUMBRE
	F _i kgf	F _p kgf	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (kgf)	
10	500	498,5	0,70	0,00	2,50
20	1000	995,2	0,48	0,00	5,00
30	1500	1495,2	0,32	0,00	7,50
40	2000	1995,0	0,25	0,00	10,00
50	2500	2494,2	0,23	0,00	12,50
60	3000	2993,8	0,21	0,00	15,00
70	3500	3493,6	0,18	0,00	17,50
80	4000	3992,5	0,19	0,00	20,00
90	4500	4491,2	0,20	0,00	22,50
100	5000	4990,2	0,20	0,00	25,00

f_0 = ERROR MAXIMO DE CERO (0) : 0,00

$q = (F_i - F_p) / F_p * 100$

$b = (F_{max} - F_{min}) / F_p * 100$

CLASE DE MAQUINA : 1

ECUACION DE CORRECCION : $Y = 0,9988 (X) - 2,8333$

X = Valor Leido en el Equipo (F)

Y = Valor Real Correguido



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

ANEXO N° 06
PANEL FOTOGRAFICO

PROYECTO: EFECTO DE CENIZA DE CARBÓN Y CLORURO DE SODIO EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERA NO PAVIMENTADA SARTIMBAMBA



IMAGEN 01: IMAGEN DEL ÁREA DE PROYECTO



IMAGEN 02: IMAGEN DEL ÁREA DE PROYECTO



IMAGEN 03: IMAGEN DEL ÁREA DE PROYECTO



IMAGEN 04: IMAGEN DE EXTRACION DE CENIZA DE CARBÓN



IMAGEN 05: HORNO ARTESANAL DE LADRILLO Y TEJA



IMAGEN 06: HORNO ARTESANAL



IMAGEN 07: GRANULOMETRIA DE MISTRAS



IMAGEN 08: GRANULOMETRIA DE MISTRAS



IMAGEN 09: MEZCLA SE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN



IMAGEN 10: TAMIZADO DE FINOS



IMAGEN 11: MUESTRAS EN EL HORNO



IMAGEN 12: PESADO DE MUESTRAS PARA LL-LP-IP



IMAGEN 13: ENSAYOS PARA DETERMINAR LL-LP-IP



IMAGEN 14: DETERMINADOR DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO Y PLASTICIDAD



IMAGEN 15: PROCESO DE INMERSIÓN



IMAGEN 16: PROCESO DE INMERSIÓN



IMAGEN 17: PROCESO DE INMERSIÓN

ANEXO N° 07
CALCULO DE PORCENTAJE DE
ADITIVOS

CALCULO DE CANTIDAD - CENIZA DE CARBÓN 2%

DIMENSIONES DE BANDEJA UTILIZADA EN CBR

LARGO	0.5
ANCHO	0.4
ALTO	0.028

M3 DE BANDEJA	0.0056
---------------	--------

CALCULO DE CANTIDAD DE Kg EN m3

$$\begin{array}{ccc} \text{Kg } 0.02 & \xrightarrow{\quad} & 0.0056 \text{ m}^3 \\ X & \xrightarrow{\quad} & 1.00 \end{array}$$

X =	3.57
-----	------

ÁREA DE ESTUDIO

LARGO	2500
ANCHO	4.00

m2 ÁREA	10000
---------	-------

SUBRASANTE 0.3 m

m3 ÁREA	3000
---------	------

CANTIDAD PARA SUELO ESTABILIZADO

$$\begin{array}{ccc} \text{m}^3 1 & \xrightarrow{\quad} & 3.57 \text{ m}^3 \\ \text{m}^3 3000 & \xrightarrow{\quad} & X \end{array}$$

X =	10714.29	Kg
-----	----------	----

PARA ESTABILIZAR LOS 10000 m2 SE NECESITA 10714.29 Kg

CALCULO DE CANTIDAD - CENIZA DE CARBÓN 4%

DIMENSIONES DE BANDEJA UTILIZADA EN CBR

LARGO	0.5
ANCHO	0.4
ALTO	0.028

M3 DE BANDEJA	0.0056
---------------	--------

CALCULO DE CANTIDAD DE Kg EN m3

$$\begin{array}{ccc} \text{Kg } 0.04 & \xrightarrow{\quad} & 0.0056 \text{ m}^3 \\ X & \xrightarrow{\quad} & 1.00 \end{array}$$

X =	7.14
-----	------

ÁREA DE ESTUDIO

LARGO	2500
ANCHO	4.00

m2 ÁREA	10000
---------	-------

SUBRASANTE 0.3 m

m3 ÁREA	3000
---------	------

CANTIDAD PARA SUELO ESTABILIZADO

$$\begin{array}{ccc} \text{m}^3 1 & \xrightarrow{\quad} & 7.14 \text{ m}^3 \\ \text{m}^3 3000 & \xrightarrow{\quad} & X \end{array}$$

X =	21428.57	Kg
-----	----------	----

PARA ESTABILIZAR LOS 10000 m2 SE NECESITA 21428.57 Kg

CALCULO DE CANTIDAD - CENIZA DE CARBÓN 6%

DIMENSIONES DE BANDEJA UTILIZADA EN CBR

LARGO	0.5
ANCHO	0.4
ALTO	0.028

M3 DE BANDEJA	0.0056
---------------	--------

CALCULO DE CANTIDAD DE Kg EN m3

$$\begin{array}{ccc} \text{Kg } 0.06 & \xrightarrow{\quad} & 0.0056 \text{ m}^3 \\ X & \xrightarrow{\quad} & 1.00 \end{array}$$

X =	10.71
-----	-------

ÁREA DE ESTUDIO

LARGO	2500
ANCHO	4.00

m2 ÁREA	10000
---------	-------

SUBRASANTE 0.3 m

m3 ÁREA	3000
---------	------

CANTIDAD PARA SUELO ESTABILIZADO

$$\begin{array}{ccc} \text{m}^3 1 & \xrightarrow{\quad} & 10.71 \text{ m}^3 \\ \text{m}^3 3000 & \xrightarrow{\quad} & X \end{array}$$

X =	32142.86	Kg
-----	----------	----

PARA ESTABILIZAR LOS 10000 m2 SE NECESITA 32142.86 Kg

Página 1

CALCULO DE CANTIDAD - CLORURO DE SODIO 6%

DIMENSIONES DE BANDEJA UTILIZADA EN CBR

LARGO	0.5
ANCHO	0.4
ALTO	0.028

M3 DE BANDEJA	0.0056
---------------	--------

CALCULO DE CANTIDAD DE Kg EN m3

$$\begin{array}{ccc} \text{Kg } 0.06 & \xrightarrow{\quad} & 0.0056 \text{ m}^3 \\ X & \xrightarrow{\quad} & 1.00 \end{array}$$

X =	10.71
-----	-------

ÁREA DE ESTUDIO

LARGO	2500
ANCHO	4.00

m2 ÁREA	10000
---------	-------

SUBRASANTE 0.3 m

m3 ÁREA	3000
---------	------

CANTIDAD PARA SUELO ESTABILIZADO

$$\begin{array}{ccc} \text{m}^3 1 & \xrightarrow{\quad} & 10.71 \text{ m}^3 \\ \text{m}^3 3000 & \xrightarrow{\quad} & X \end{array}$$

X =	32142.86	Kg
-----	----------	----

PARA ESTABILIZAR LOS 10000 m2 SE NECESITA 32142.86 Kg