



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de Musa Paradisiaca y cenizas de hojas Eucaliptus de los caseríos Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Áncash – 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Hoyle Vega, Priscila Maria (ORCID: 0000-0002-8586-8735)

Rodriguez Lopez, Carlos Alberto (ORCID:0000-0003-4580-8786)

ASESORES:

Mgtr. Muñoz Arana, José Pepe (ORCID: 0000-0002-9488-9650)

Mgtr. Fernández Mantilla, Jenisse del Roció (ORCID: 0000-0003-3336-4786)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHIMBOTE – PERÚ

2019

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada en primer lugar a Dios por haber cuidado de mí y darme las fuerzas para seguir adelante.

A mi querida madre que es mi motor y motivo para salir adelante y que gracias a ella soy quien soy, por sus consejos, amor y ayuda en todo momento, por su apoyo incondicional siempre.

A mi hermano cesar que, desde pequeña cuida de nosotras, por su apoyo constante en todo momento

A mi hermana Elizabeth y sobrino vasco por su cariño, y por estar siempre conmigo, dándome aliento en cada paso que doy.

Primero y ante todo, a Dios, porque ha estado con nosotros a cada paso que damos mediante sus cuidados y darnos la fortaleza para poder continuar.

A nuestros queridos padres y hermanos, por siempre estar ayudándonos y animándonos a seguir adelante y no rendirnos presente en todo en trascurso de la carrera. Gracias por siempre velar por nosotros.

A nuestros docentes, que por sus enseñanzas y orientación estamos preparados para afrontar al mañana que nos depara.

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios, por bendecirnos con buena salud cada día, para seguir encaminándonos en nuestra formación profesional.

A nuestros padres, hermanos y amigos por siempre darnos el apoyo, el amor, tiempo que necesitamos para seguir adelante y crecer como grandes profesionales.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, por la dedicación de instruir a los estudiantes para que estos tengan una buena formación.

A nuestro asesor, Mgtr. Jenisse Del Rocio, Fernández Mantilla por su apoyo constante durante la planificación y desarrollo del trabajo de investigación.

Los autores

Declaratoria De Autenticidad

Nosotros Hoyle Vega Priscila María con DNI N° 76314090 y Rodríguez López Carlos Alberto con DNI N° 72955578, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación que presentamos es veraz y auténtica.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que los datos estadísticos que se muestran en el presente trabajo de investigación son auténticos y veraces.

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

Chimbote, 10 de Diciembre de 2019



Rodriguez Lopez, Carlos Alberto

DNI: 72955578



Hoyle Vega, Piscila Maria

DNI N° 76314090

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Índice	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.....	16
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	16
2.2. Operacionalización de Variables	17
2.3. Población, muestra, selección de la unidad de análisis	19
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	19
2.5. Procedimiento	20
2.6. Método de análisis de datos	21
2.7. Aspectos éticos	21
III. RESULTADOS.....	22
3.1. Primer objetivo.....	22
3.2. Segundo objetivo	23
3.3. Tercer objetivo.....	25
IV. DISCUSIÓN.....	29
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	33
REFERENCIA	34
ANEXOS	41

Resumen

En este presente trabajo se habla sobre el uso de ceniza de hojas de eucalipto y fibras de raquis de musa paradisiaca para la estabilización de suelos, los ensayos que se realizaron fueron análisis granulométrico, límites de atterberg, Proctor modificado y CBR tanto para la sustitución como para la muestra patrón. Se realizó un análisis térmico para las hojas y para las fibras se determinó el de celulosa y en lo que respecta a las cenizas se determinó cuáles son los elementos químicos que predominan en esta.

El tramo de estudio es la trocha carrozable que se encuentra entre Canchas y Colcap dentro del distrito de Cáceres del Perú, el tramo de estudio es de 3 km donde se realizaron 4 calicatas y se extrajo la muestra a una profundidad de 1.5 m para realizar los ensayos de mecánica de suelos.

Los resultados obtenidos determinaron que las hojas pierden un 80 % de su volumen al ser incineradas, los componentes químicos determinados para las cenizas son un 24.2 % de cal y para el raquis que este cuenta con un 36 % celulosa, en cuanto a la mecánica de suelos se clasificó en suelos según AASHTO (A-2-6(0)), su contenido de humedad óptima de la muestra patrón fue de 8.8 % y de la muestra con sustitución al 10% fue de 10.9 %, en cuanto al el valor CBR la muestra patrón fue de 6.7 % y de la muestra con sustitución al 10% fue de 11.2 % en conclusión la sustitución 10 % es la más favorable la cual es comprobada con el valor CBR al 95% de 11.2 % siendo la más favorable.

Palabras clave: Ceniza, fibras, eucalipto, raquis, estabilización.

Abstract

this paper we talk about the use of eucalyptus leaf ash and spine fibers of paradisiacal musa for soil stabilization, the tests that were carried out were granulometric analysis, atterberg limits, modified Proctor and CBR for both replacement and for the sample pattern. A thermal analysis was carried out for the sheets and the cellulose was determined for the fibers and as regards the ashes; the chemical elements that predominate therein were determined.

The study section is the chariot trail that is located between Canchas and Colcap within the Cáceres district of Peru, the study section is 3 km where 4 calicatas were made and the sample was extracted at a depth of 1.5 m to perform the soil mechanics tests.

The results obtained determined that the leaves lose 80% of their volume to the incinerated cer, the chemical components determined for the ashes are 24.2% of lime and for the spine that this has 36% cellulose, in terms of the mechanics of Soils were classified in soils according to AASHTO (A-2-6 (0)), their optimum moisture content of the standard sample was 8.8% and the 10% replacement sample was 10.9%, in terms of value CBR the standard sample was 6.7% and of the sample with 10% substitution was 11.2% in conclusion the 10% substitution is the most favorable which is checked with the 95% CBR value of 11.2% being the most favorable.

Keywords: Ash, fibers, eucalyptus, spine, stabilization.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo de la trocha carrozable de los caseríos de canchas a colcap en temporadas de lluvia son pésimas sus condiciones, dado a que se forma una especie de suelo lodoso. generando así que los vehículos patinen o se generen posibles accidentes como el choque entre vehículos. debido al suelo que no posee las propiedades físicas y mecánicas adecuadas, puede ser mejorada añadiendo uno o más estabilizadores ya sea químico o lo que encontramos en la naturaleza, se requiere estabilizar el suelo con el fin de mejorar.

Por otro lado, uno de los problemas que existe en la producción de plátanos es que gran cantidad de desechos orgánicos como el raquis es desechado después de haberse realizado la cosecha y esto al descomponerse contamina los suelos. por lo que no son aprovechados adecuadamente, estos residuos se podrían reutilizarse como materia orgánica para el suelo y así se puede reducir el impacto ambiental que causa su acumulación (Chávez, Valencia y Córdova, 2017, p. 2).

después de indagar en diferentes revistas se encontró porcentajes aproximado del consumo del plátano a nivel mundial en el año 2013 se exporto alrededor de 106 millones de toneladas y la mayoría de este vino de dos continentes, Asia 57% y América 26%. debido a que es una planta que se siembra en muchos países, los desechos que generan se tiene que tener en cuenta, ya que se podría dar un reaprovechamiento de este material.

Por otra parte, unos de los problemas que produce el árbol de eucalipto consiste en su biomasa residual que está constituido por ramas, cortezas externas y hojas. que se desprenden naturalmente debido a sus características genéticas, donde al descomponerse trae serios problemas al suelo; como el debilitamiento de este (Iglesias, 2018, p.1).

Por otro lado, estudios realizados muestran que los tratamientos hechos en el suelo con estabilizadores naturales o químicos mejora sus propiedades mecánicas. diferentes estabilizadores imparten resistencia a la compresión y durabilidad al material de tierra para diferente medida dependiendo de la composición química y propiedades del estabilizador individual. mientras estabilizadores artificiales

estudiado incluye cemento, productos de cal, desechos plásticos, etc. los estabilizadores naturales generalmente incluyen fardos de paja, lana etc. la adición de fibras naturales, es más beneficiosa en términos de eficiencia energética y salud, ya que los materiales naturales tienen menos material. energía y toxicidad que los materiales artificiales (Sharma, Vinayak y Marwaha, 2015, p. 944)

También se encontró que las pajuelas mejoran su calidad y resistencia. otros materiales se habrían utilizado para estabilizar suelos. además del cemento, que es el material más utilizado, otros como la cal, betún, yeso, metacaolina, carburo, humo de sílice, arcilla quemada y cenizas de residuos agrícolas; incluyendo cáscara de almendra de palma, fibra, cáscara de coco, cáscara de arroz, azúcar la hoja de caña, el bagazo de caña de azúcar, etc. han sido probados y encontrados adecuados para estabilizar suelos (Utodio, et al. 2015, p. 195).

Según el catálogo Materiales de construcción apropiados “La proporción mínima en adición en fibras es 4% por volumen; de 20 a 30 kg. por m³. y la longitud de la fibra deben ser cortadas a no mayor de 6 cm, para luego mezclarla completamente con el suelo, para evitar la formación de pequeños nidos. Para cenizas los autores indican de 5 a 10 % por volumen m³” (Switzerland y Germany, 1993, p.10).

Por consiguiente, este proyecto tiene como finalidad mitigar la contaminación de los residuos de raquis de musa paradisiaca y las hojas de eucalipto.

A nivel internacional Budu y Kennedy (2018). Con su investigación sobre “Estabilización de los suelos expansivos deltaicas tratados con fibra de raquis de plátano y cal” que propuso en su investigación determinar las propiedades geotécnicas de los tramos de carretera fallidos a lo largo de las carreteras Ogbogoro, Egbeda, Igwuruta y Aleto, todas en la región del delta del Níger de Nigeria, y se estabilizaron con materiales híbridos cementados compuestos de fibra de rachis de plátano + cal con 0.25% + 2.5 Inclusion de%, 0.5% + 5.0%, 0.75% + 7.5% y 1.0% + 10% a suelos. los resultados preliminares investigados en suelos lateríticos al 100% clasificaron los suelos como A-2-6 SC y A-2-4 SM en los esquemas de clasificación AASHTO / Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y los resultados adicionales que se describen en la tabla 3.1 clasificaron los suelos como pobres y no aptos para Materiales de construcción de terraplenes

viales. los resultados detallados investigados de los parámetros de prueba de compactación de suelos lateríticos estabilizados de densidad seca máxima (MDD) y contenido de humedad óptimo (OMC) mostraron valores incrementados para el aumento de los estabilizadores correspondientes. los resultados calculados de la relación de cojinetes de California estabilizaron los suelos lateríticos aumentaron tanto en empapados como en remojados con respecto a los aditivos. los porcentajes de inclusión aumentaron con una proporción de mezcla óptima de 0.75% + 7.5%. Los valores de disminución / inversión se observaron en una relación de mezcla superior a la óptima. los suelos lateríticos estabilizados computados. los resultados de los suelos lateríticos estabilizados disminuyeron en las propiedades del índice de plástico con el porcentaje correspondiente de aumento de ración a los suelos. los resultados resumidos mostraron el uso de materiales de cemento compuestos investigados como estabilizadores de suelo.

Hussein, Makki, y Maha (2018). con su investigación sobre “Estabilización de suelos arcillosos suaves con cenizas de aserrín”. qué tiene como objetivo general es estabilizar los modelos de arcilla blanda con aditivo de ceniza de aserrín (SDA) usando diferentes porcentajes (0, 2, 4, 6, 8 y 10% en peso seco del suelo). obteniendo como consecuencia que el aditivo tiene efectos adversos sobre la propiedad de los índices del suelo al aumentar su límite líquido e índice de plasticidad debido al contenido de arcilla. la mezcla de cenizas de aserrín con suelos blandos de arcilla mejora .la mayoría de las otras propiedades físicas y mecánicas del suelo, expresadas por una reducción general en gravedad y densidad seca máxima (MDD), así como una reducción en los coeficientes de compresión (Cc y Cr) con un aumento en el contenido SDA. al tiempo que aumenta el contenido óptimo de humedad (OMC). los suelos estabilizados (con 4 y 10% de contenido de cenizas) resultó en valores bajos de CBR (1.6-1.2%) que pueden usarse como sub-base. el SDA puede considerarse como un agente estabilizador barato y aceptable en la construcción de carreteras para mejorar la mayor parte de la industria geotécnica.

Según Viel y Adriano (2017), en su investigación sobre la utilización de la ceniza de cascarilla de arroz y de eucalipto nos habla sobre la problemática y la composición de las cenizas de eucalipto y cascarilla de arroz “Las actividades

industriales contribuyen de manera significativa al desequilibrio ambiental. por lo tanto, la búsqueda incansable de fuentes alternativas de energía y la necesidad de reducir la emisión de contaminantes en la naturaleza plantea una mayor preocupación para las empresas que utilizan la biomasa como fuente de energía, en especial para aquellas que utilizan la cáscara de arroz y el eucalipto. el uso de biomasa como fuente de energía genera un subproducto con un mayor contenido en sílice, cuyas características hacen que las materias primas de la biomasa sean de interés potencial para su aplicación en diferentes sectores. en la ceniza de eucalipto, los componentes con más porcentaje son el óxido de calcio 37,4 % y 25,1 % siendo un alto porcentaje de sílice, que puede variar según la mezcla obtenida.

Padmawathi, et al. (2019), en su trabajo de investigación Estabilización del suelo de algodón negro nos dicen que realizaron varias pruebas para estudiar las propiedades y características del suelo de algodón negro. para que podamos encontrar un mejor porcentaje de mezcla de suelo y cenizas para obtener la cantidad óptima de estabilización del suelo. la ceniza de hoja de coco se agregará en una proporción de 3-9% con el intervalo de 3% al suelo que examina el porcentaje óptimo se prueban para encontrar la estabilización del suelo con cenizas de hoja de coco en un suelo de algodón negro. llegando a la conclusión que la propiedad del suelo negro se mejora mediante la adición de cenizas de hoja de árbol de coco. el MDD máximo es 2.032% y OMC es 12% y el valor máximo de CBR se obtiene como 4.9%.

A nivel nacional Molina (2017), en su investigación nos habla sobre Estabilizar el suelo al adicionar el 5% de cenizas de hojas de Eucaliptos – Huaripampa. tuvo como objetivo general en determinar la estabilización mecánica del suelo al adicionar el 5% de cenizas de hoja de eucalipto frente a un patrón. Su investigación es de nivel explicativo de diseño experimental, se tomó como muestra del tramo en estudio de forma aleatoria: realizado las calicatas y tomando las muestras para luego ser llevado al laboratorio para realizar los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido y plástico, Proctor modificado y CBR. para la obtención de sus resultados se comparó la muestra patrón con la muestra de adición de las cenizas. teniendo por finalidad proponer una alternativa de solución ante la inestabilidad del suelo con la adición de 5% de ceniza de hojas en la carretera del distrito de Olleros.

A nivel local Díaz (2018), en su investigación de Estabilizar de los suelos del caserío de Cascajal Izquierdo con ceniza de paja de trigo en Chimbote para fines de pavimentación, tuvo como objetivo general en Determinar la influencia de dicha ceniza como estabilizante para los suelos del Caserío de Cascajal Izquierdo (p. 25). según su metodología es diseño de investigación correlacional.

En sus conclusiones nos da a conocer que esta ceniza es una puzolana artificial que contiene un alto porcentaje de sílice y que al adicionarse en ciertos porcentajes a los suelos, mejora sus propiedades mecánicas, Atraves del DTA concluyen que para no generar pérdidas en sus propiedades puzolánicas, la temperatura optima de calcinación de la paja de trigo es 550 °C, Atraves del ensayo químico se determinaron los componentes químicos de las cenizas teniendo los siguientes resultados; SiO₂ de 73.86%, Al₂O₃ de 0.24%, óxido de hierro 0.37%, SO₃ de 1.3%, con una humedad de 1.67% y pérdida por calcinación de 6.71%. fue clasificado el suelo de Cascajal Izquierdo, por dos sistemas por ASHTO - A6 y SUCS predomina CL, la máxima densidad seca y la humedad optima del suelo arcilloso con adición de ceniza paja es de 1.999 gr/cm³ y 11%, el cual demuestra que con la adición estuvo más alto que la densidad seca del patrón llegando a 1.782 gr/cm³ con una humedad optima de 12.5%. El suelo logra ser estabilizado con la adición al 25% de ceniza de paja de trigo teniendo su CBR de 20%, al 35% de ceniza su CBR es 32% y concluyendo con la adición el 45% de ceniza tuvo un CBR de 23%. el suelo de cascajal izquierdo no es favorable debido a su baja resistencia teniendo un CBR de 14%. dado a las propiedades de mecánica del suelo se concluye que este suelo arcilloso logra ser estabilizado con la adición al 35% de ceniza de paja de trigo teniendo un CBR de 32%.

Asimismo, Maldonado y Sarrin (2018), en su tesis de Estabilización del suelo del valle San Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15% en Casma para fines de pavimentación, tuvo como objetivo general Evaluar la influencia en las propiedades del suelo del valle San Rafael al adicionar ceniza de cascara de arroz con los porcentajes de 5%, 10% y 15% (p. 24)

Según su metodología su diseño de investigación fue correlacional. Teniendo como conclusión que la influencia de la ceniza de cáscara de arroz al adicionar estos porcentajes, se logra estabilizar el suelo ya que mejora sus propiedades, con el

análisis térmico diferencial, se determinó que existe un rango de temperatura en el cual se da un proceso de descomposición de la cáscara de arroz. en donde a llegar de oxidación y a la conformación del SiO₂, obteniendo así el pico exotérmico que se da a los 450 °C, la composición de las cenizas de cáscara de arroz tiene un alto porcentaje de componentes cementantes, teniendo así SiO₂ con un 87.18%, CaO con 1.27%, Al₂O₃ con 0.63%, en donde estos componentes tienen la función de ser cohesivos, llegando a la conclusión, de acuerdo a los ensayos realizados para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de San Rafael se obtuvo que la muestra tiene dos tipos de suelo, por el sistema SUCS es un suelo (SC) y por AASHTO un suelo A-2-6; el segundo tipo de suelo según SUCS (CL) y AASHTO A6. Además, con el límite líquido y plástico, se tuvo un IP de 20 siendo así mayor y el menor de 15, siendo estas una de las características de un suelo arcilloso. Para el ensayo de Proctor modificado del primer suelo (SC), su densidad máxima seca fue de 0.462 gr/cm³ y una humedad óptima de 9.40%, y para el segundo suelo (CL) su densidad máxima seca de 0.524 gr/cm³ y una humedad óptima 11.80%, respecto al CBR; el primer suelo presenta un 5.985% y el segundo 5.32%.

Con lo que respecta al ensayo de Proctor modificado con las adiciones 5%, 10% y 15% al suelo de San Rafael, se vio una mejora en sus propiedades mecánicas, el primer tipo de suelo adicionado su densidad máxima seca de 0.51 gr/cm³ siendo el valor más alto, y en el segundo presenta una densidad máxima seca de 0.54 gr/cm³, en el ensayo de CBR con 5.985%, al 10% aumenta hasta 15.20% y en el segundo con un CBR de 5.32%, aumenta hasta 14.25%, clasificándola como una categoría de Subrasante Bueno, logrando así estabilizar el Suelo del valle San Rafael.

Para Makusa (2012), La estabilización del suelo implica el uso de agentes estabilizantes (materiales aglomerantes) en suelos débiles para mejorar sus propiedades geotécnicas, como la compresibilidad, la resistencia, la permeabilidad y la durabilidad. Los componentes de la tecnología de estabilización incluyen suelos y / o minerales del suelo y agentes estabilizantes o aglutinantes (materiales de cemento) (p.3).

La estabilización del suelo en un sentido más amplio, es la modificación de las propiedades de un suelo mejorando su rendimiento de ingeniería. la estabilización

del suelo se usa ampliamente en relación con carreteras, pavimentos y construcción de cimientos. Mejora las propiedades de ingeniería del suelo en términos de estabilidad de volumen, resistencia y durabilidad (Bravani, 2017, p. 107)

Consiste en mejorar las propiedades físicas del suelo por medio de proceso espontáneos y agregando productos químicos como naturales o sintéticos. esto se realiza cuando la capacidad portante de la subrasante del suelo es baja o pobre (MTC, 2014, p.92).

Para los autores Hans-Georg y Berhane, (2006) nos dice “que las carreteras y los ferrocarriles, así como otros proyectos de infraestructura en suelos blandos, pueden experimentar problemas de construcción y daños, que requieren medidas de construcción especiales y sustanciales para evitar o limitar los daños por completo (p.120).

En la mayoría de los casos se realiza una estabilización en suelos blandos como; limos, turba arcillosa o suelos orgánicos. con el fin de lograr propiedades de ingeniería deseables (Habiba, 2017, p.19).

Asimismo, existen tipos de estabilización como: química en el que consiste en modificar las características del suelo usando aditivos como (cal, cemento portland, cloruro de sodio, polímeros) el cual al mezclarlo con el suelo provocaría cambios en las características moleculares superficiales de los granos del suelo o en otras ocasiones la pega de ellos entre sí, y de esa manera ocasionaría un aumento en sus resistencias (Solminihac, Echeverría y Thenoux ,2012, p. 2).

estabilización mecánica que es el proceso de mejoramiento de las propiedades de un suelo cambiando su gradación. este proceso incluye la compactación y densificación del suelo por aplicación de energía mecánica utilizando varios tipos de rodillos, apisonadores, técnicas de vibración y voladuras en algún momento. la estabilidad del suelo en este método se basa en las propiedades inherentes del material del suelo. Siendo de 2 a más suelos naturales se mezclan para conseguir que el material compuesto sea superior a cualquiera de sus elementos la estabilización mecánica se logra mediante la mezcla de suelos de dos o más graduaciones para obtener un material que cumple con las especificaciones requeridas (Habiba, 2017, p. 20).

estabilización física consiste en mejorar el suelo ocasionando así cambios físicos en él, en el que podemos encontrar como .la mezcla de suelos que consiste en agregar otro tipo de suelo para mejorar sus propiedades necesarias para su mejoramiento de este. generalmente va acompañado de una compactación (González, 2014, p.42).

por último, estabilización química es la estabilización de la humedad en el suelo y la cementación de las partículas pueden realizarse mediante productos químicos como el calcio. Cloruro, cloruro de sodio, etc. aunque todo el método está bien versado para la estabilización del suelo (Bravani, 2017, p.107).

un suelo es un conjunto de materia orgánica, líquidos, gases, minerales y diversos organismos que en conjunto estos sustentan el crecimiento de la vida en la Tierra. El suelo experimenta continuamente un desarrollo a través de numerosos procesos físicos, químicos y biológicos, que incluyen (Habiba, 2017, p.19).

también se puede definir de muchas maneras en ingeniería civil, el suelo es una partícula mineral natural, suelta, no cementada, débilmente cementada, relativamente no consolidada y de carácter orgánico o inorgánico. que se encuentra sobre la roca del lecho que se forma por la meteorización de las rocas. El suelo está formado por diferentes partículas como grava, roca, arena, limo, arcilla, marga y humus (Narendra, 2018).

es una masa de suelo, es un sistema trifásico que cuenta con partículas sólidas. este sistema se lleva a cabo cuando los espacios vacíos se llenan parcialmente con aire y con agua, también si es un suelo seco los vacíos se llenan de aire, pero si es un suelo saturado los vacíos se llenan de agua (Punmia, Kumar y Kumar, 2005, p. 9).

además, suelen tener comportamiento de diversas formas, provocando estrés cuando las cargas externas y las presiones del agua actúan entre sí, también son compresibles cuando las partículas se reorganizan y el espacio vacío cambia. la compresión y distorsión del suelo es inelástica, el aumento de contenido de agua disminuye la rigidez y la fuerza del suelo (Atkinson, 2007, p.7).

se clasifican en: arenoso, los granos de arena son generalmente partículas de rocas rotas que se han formado por la meteorización física, o son los componentes

resistentes de las rocas descompuestas por la meteorización química este tipo de suelos no retienen el agua (Davison, 2000).

El tamaño de partícula varía de 2 a 4.75 mm, la arena mediana varía de 0.425 a 2 mm y la arena fina varía de 0.075 a 0.425 mm (Narendra, 2018).

El limo es un material de sedimento con un tamaño intermedio entre arena y arcilla. Llevado por el agua durante la inundación, forma un depósito fértil en el suelo de los valles. El tamaño de partícula del limo varía de 0.002 a 0.06 mm. es un material no plástico o de baja plasticidad debido a su finura. Debido a su finura, cuando está mojado se convierte en un lodo liso que puede formar fácilmente en bolas u otras formas en la mano y cuando el suelo de limo está muy húmedo, se mezcla a la perfección con el agua para formar charcos de barro finos y húmedos ((Narendra, 2018).

“Los materiales limosos pueden ser sensibles a pequeños cambios en la humedad y, por lo tanto, puede resultar difícil durante estabilización” (Habiba, 2017, p.19).

Orgánicos son ricos en agua contenido de hasta aproximadamente 2000%, alta porosidad y alto contenido orgánico los suelos orgánicos tienen alta capacidad de intercambio; puede dificultar el proceso de hidratación mediante la retención de los iones de calcio liberados (Habiba, 2017, p. 20).

Arcillosos “Se define por tener partículas consistentes menores a un diámetro de 0.005mm. este tipo de suelo se convierte en plástico al momento de agregarle agua químicamente en un silicato de alúmina hidratado” (Crespo, 2004, p. 22).

Según Moreira (2013) Plátano (*Musa Paradisiaca*) su familia es las musáceas su nombre científico es *musa paradisiaca* tiene una altura aproximadamente de 2 a 3 metros y con un fuste alrededor de 20 cm de diámetro (p.15).

Raquís es el tallo de la inflorescencia va unida desde el primer fruto hasta la yema masculina. es un residuo de cosecha que se acumulan en los mercados y no le dan ningún uso esto puede ser un elemento contaminante para el medio ambiente sino se dispone racionalmente del raquís (Moreira, 2013, p.12).

Gobinath (2019), en su investigación descubre que el raquis “Es una fibra natural que contiene celulosa, hemicelulosa y lignina. Es ligero en peso, tiene un alargamiento menor y no tiene efectos adversos conocidos en el medio ambiente. Es, por tanto, una fibra ecológica” (p. 2).

Pseudotallo la parte de la planta que es parecida a un tronco, pero en realidad es falso tallo. formado por cortezas envolventes de las hojas .su principal función es sostener el peso de las hojas y su inflorescencia, y por y ultimo Hojas del plátano es el principal órgano fotosintético de la planta. sus hojas emergen desde el centro del pseudotallo como un cilindro enrollado (Moreira, 2013, p.15).

Las características de las fibras de plátano son generalmente materiales de lignocelulosas, que consiste en microfibrillas de celulosa enrolladas helicoidalmente en una matriz amorfa de lignina y hemicelulosas. el contenido de celulosa sirve como un factor decisivo para las propiedades mecánicas junto con el ángulo de micro fibrilla. un alto contenido de celulosa y un bajo ángulo de microfibrilla imparten propiedades mecánicas deseables para las fibras de plátano. las ligninas están asociadas con las hemicelulosas y juegan un papel importante en la resistencia natural a la descomposición del material de las lignocelulosas (Mostafa y Uddin, 2015, p. 284).

Por otra parte, la celulosa es un polisacárido esquelético, ubicuo en el Reino vegetal y uno de los más comunes de forma natural. materiales fibrosos presentes (Mwaikambo, 2006, p.120).

Es el componente esencial de las fibras vegetales es un polímero compuesta de restos β glucopiranososa situada en las paredes de las células vegetales, donde se encuentra asociada la hemicelulosas y lignina. el contenido de la celulosa dependerá según el tipo de árbol o planta que se tenga (Carreño y Murcia, 2005, p.5).

Fibras vegetales, las fibras son materiales unicelulares. que es definida como una unidad de materia caracterizada por la flexibilidad, finura y alta relación de longitud a espesor además el uso de estas fibras celulósicas naturales se remonta a más de 10.000 años. Alrededor de 8,000 A.C (Mwaikambo, 2006, p.120).

Tipos de fibras utilizadas. una característica importante de las fibras es su producto químico. composición que rige sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. un rango se han utilizado diferentes tipos de fibras naturales, sintéticas, metálicas y de otro tipo en diferentes estudios (Shenbaga y Yung, 2018, p. 1549).

propiedades mecánicas de las fibras vegetales, la pared celular de fibra consiste en la capa externa, que es la pared primaria y la cutícula; la pared secundaria consiste de tres capas S1 S2, y S3, que conectan la secundaria pared a la luz. él está al lado de la primaria capa y se sabe que es resistente a los medios de hinchamiento tales como el agua y el ácido acético al igual que la pared primaria (Mwaikambo, 2006, p.126).

El diseño de la estructura fibrilar en esta capa es casi perpendicular al eje de la fibra y estabiliza la fibra hasta fuerzas laterales, el s2 capa, que constituye la mayor parte de la secundaria pared, se hincha fácilmente rompiéndose en fibrillas, que siguen una la trayectoria helicoidal y las fibrillas están inclinadas en ángulo con respecto a la fibra el eje y domina las propiedades en tensión (Mwaikambo, 2006, p.126).

Cenizas son el análisis de residuos inorgánico que permanecen luego de realizarse una ignición u oxidación de una materia orgánica, es de suma importancia tener conocimiento de la caracterististica de los métodos para analizar y el equipo que se utilizar para la obtención de resultados confiables (Márquez,2016, p.7).

El Eucalipto (*eucaliptus globulus*) Es una especie perenne que demanda mucha luz es por ello por lo que necesitan estar en espacios abiertos para que pueda desarrollarse conformemente. pueden llegar a medir los eucaliptos 60cm y otros a 150 metros, pero se encuentra casi extinguido. tiene un crecimiento continuo aun en periodos secos o frescos su forma de sus hojas es ovalada y tienen un color verdoso cuando son jóvenes y un color verde cuando está en la etapa adulta. Las hojas se descomponen muy lentamente y por ello el mantillo es abundante (Granados, 2007, p.147).

las trochas carrozables son rutas accesibles, las cuales no cuentan con características geométricas como la que tiene una carretera. Y estas cuentan con un

IMDA < 200 vehículos por día. Además, debe tener una calzada que tenga como mínimo 4 m (manual carreteras de diseño geométrico, 2018, p.13).

De acuerdo con la clasificación AASHTO. “El suelo cuenta con 7 grupos de clasificación: teniendo a A-7 hasta el A-1. En el cual los tres primeros grupos son de materiales granulares y el 35% menos pasan por la malla No.200. y los que pasan más del 35% que no son retenidos en la malla N°200 están dentro del grupo A-4 hasta el A-7. la mayoría de estos materiales está formado por limo y arcilla” (Braja, 2013, p.78).

A continuación, se procederá a describir brevemente los ensayos realizados para este proyecto de investigación con su respectiva norma.

En los siguientes ensayos se utilizará el Manual de ensayos de materiales cada uno de ellos con sus respectivas normas.

El análisis granulométrico que es la “MTC E 107” tiene como finalidad determinar el tamaño de las partículas del suelo que pasa por los diferentes números de tamiz hasta el N° 200.

Límites de consistencia de Atterberg, cuya norma lo encontramos en la determinación del límite líquido “MTC E 110” y plástico “MTC E 111”, en el cual encontramos información referente al (LL), (LP) y el (IP) de suelos son extensamente usado, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p. 67).

Materiales y equipos para límite líquido y plástico: Tamiz N° 40, Agua destilada, copa de Casagrande, balanza, horno o estufa.

Ensayo de Proctor Modificado lo encontramos en la norma “MTC E 115” consiste en determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p. 105).

Para la realización del proctor modificado los equipos que se utilizan es; Molde de 4'' o 6'', pisón o martillo, balanza y horno y el tamiz correspondiente según el método de análisis.

CBR lo encontramos en la norma "MTC E 132" dentro de la norma se detalla los equipos y materiales, proceso de análisis y el procedimiento del ensayo, también se describe la función de dicho ensayo. se puede realizar sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también se puede realizar igual sobre muestras inalteradas extraída del terreno" (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p. 248).

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia del material que será utilizado para la base, subbase y subrasante. Los equipos que se utilizan para el CBR: pistón, pesas, diales de recorrido mínimo de 25mm, molde de metal trípode, tamiz n°3/4, 4 y 2"

La Fluorescencia de Rayos X es un método que se utiliza para poder determinar los componentes químicos de diversas muestras inorgánicas, las muestras que se ensayan pueden ser tanto en estado líquido, sólido como también en polvo. (Malvern Panalytical, 2019).

El análisis térmico somete a la muestra que se quiere ensayar a una variación de temperatura este método mide las diferencias de temperatura de la muestra en función del tiempo.

El Análisis Térmico por gravimetría mide una sustancia o material en función a la temperatura, que se somete a un programa de temperatura controlada (Benito, 2014).

Además, la Termogravimetría (TGA), es una de las técnicas en la cual la masa de la muestra es monitorizada frente al tiempo o temperatura, a través de esta técnica se puede observar la evolución del peso de una muestra frente al tiempo o temperatura. a causa de la deshidratación, absorción etc. (Lasanta, 2013, p. 9).

el análisis térmico diferencial (DTA), es una técnica en el que se mide la diferencia de temperatura entre una sustancia y un material de referencia en función de la temperatura cuando es sometida a una temperatura controlada (Lasanta, 2013, p .9).

por consiguiente, se tomó un gramo de materia anhidra libre de extractos, se colocó en un matraz, se le añadió 20mL de etanol y 5 ml de ácido nítrico concentrado. Se hirvió en baño maría a reflujo durante 30 minutos. la solución se pasó por un filtro Gooch de porosidad media y peso conocido. el líquido se desechó y el sólido se sometió a una segunda digestión de 30 minutos con 25 mL de etanol-ácido nítrico. se realizó una decantación como en la etapa anterior y se efectuó una tercera digestión con 100mL de agua destilada por una hora. la muestra se filtró en el Gooch, se lavó con agua destilada caliente y posteriormente con 100 mL de solución saturada de acetato de sodio y por último con 500 mL de agua destilada caliente. el residuo se secó en un horno eléctrico a una temperatura de 105 ± 3 oC para luego enfriarlo en un desecador de cristal sobre sílica gel y pesarlo (15).

Para la investigación presentada se formuló el problema siguiente: ¿Con la sustitución de cenizas de hojas de Eucaliptus y fibras de raquis de musa paradisiaca se estabilizará el suelo de la trocha carrozable de los caseríos de Canchas a Colcap?

La presente investigación justifica este estudio el uso de las fibras del raquis de musa paradisiaca y cenizas hojas de Eucaliptus que será extraída entre el tramo de Canchas a Colcap del distrito de Cáceres del Perú provincia del Santa, departamento Ancash, el benéfico que aporta es conocimientos sobre el reaprovechamiento de residuos de raquis de plátano. por el medio ambiental el raquis de musa paradisiaca (plátano) y hojas de Eucaliptus globulus será utilizada para crear conciencia de que se puede emplear los residuos de las cosechas y darle a este otro uso. Desde el lado teórico, se propone el uso de las fibras del raquis de musa paradisiaca (plátano) y hojas de Eucaliptus teniendo en cuenta las normas técnicas de diseño de carreteras y normas técnicas de ensayos de laboratorio para poder determinar si es factible su utilización en la estabilización de suelos.

Prácticamente la investigación aportará información para que empresas estén al tanto de las nuevas propuestas de métodos de estabilización y lo tengan en cuenta en caso de que se necesite realizar una estabilización de suelos.

Y por último económica el raquis de musa paradisiaca es un componente que es desechado después de la cosecha de plátano, este es mayormente usado como fertilizante o simplemente desechado debido a ser un material no utilizado por lo tanto al ser un material que no es utilizado se puede adquirir a precios bajos.

Dentro de nuestra investigación la hipótesis que manejamos es que con la sustitución de cenizas de hojas de Eucaliptus y fibras de raquis de musa paradisiaca se estabiliza el suelo de la trocha carrozable de los caseríos de Canchas a Colcap

Como objetivo general de la investigación se busca estabilizar del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas hojas de Eucaliptus de los caseríos de Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Ancash y como objetivos específicos: Determinar los componentes químicos de las fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas de hojas de eucaliptus; determinar el grado de calcinación de las hojas de Eucaliptus y por último, determinar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra patrón y la muestra con la adición de fibras del raquis de musa paradisiaca y ceniza hojas de Eucaliptus sustituyendo al 5%, 10% y 15% de la trocha carrozable en una proporción 1:1.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo es una investigación experimental, teniendo un diseño cuasi experimental contando con un grupo control y un grupo experimental.

Grupo Control:



Grupo Experimental:



M: Muestra del suelo (4 calicatas)

X: Variable independiente

Fibras de raquis de musa paradisiaca y Cenizas de hojas de eucalipto

O: Resultados obtenidos

Y: Variable dependiente:

Estabilización del suelo

2.2. Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala De Medición
VAR. IND: Fibras de raquis de Musa Paradisiaca	<p>Las fibras son materiales unicelulares. Una fibra es definida como una unidad de materia caracterizada por la flexibilidad, finura y alta relación de longitud a espesor (Mwaikambo, 2006, p.120).</p> <p>Raquis de Musa Paradisiaca: Es el tallo de la inflorescencia va unida desde el primer fruto hasta la yema masculina.es un residuo de cosecha que se acumulan en los mercados y no le dan ningún uso esto puede ser un elemento contaminante para el medio ambiente sino se dispone racionalmente (Moreira, 2013, p.12).</p>	<p>Se recolectará el raquis de musa paradisiaca y se procederá a seccionar 4 en trozos que pasara al horno durante 24 horas a 100° C para luego proceder a realizar las fibras mediante espátulas que se utilizaran para la estabilización del suelo.</p>	Composición química	Determinación de celulosa	Razón
VAR. IND: Cenizas de hojas de Eucaliptus Globulus	<p>Cenizas: son el análisis de residuos inorgánico que permanecen luego de realizarse una ignición u oxidación de una materia orgánica, (Márquez,2016, p.7).</p> <p>hojas de Eucaliptus Globulus: La forma de sus hojas es ovalada y tienen un color verdoso cuando son jóvenes y un color verde cuando está en la etapa adulta. Las hojas se descomponen muy lentamente y por ello el mantillo</p>	<p>Mediante el proceso de calcinación de las muestras de raquis de musa paradisiaca y hojas de Eucaliptus Globulus se podrá determinar los componentes químicos</p> <p>Este trabajo de investigación se realizará en el caserío de Canchas a Colcap, en el</p>	componentes químicos	Óxido de sílice, Óxido de calcio	Razón 17
			Temperatura de calcinación	Grado (C°) de calcinación	Razón

	es abundante (Granados,2007, p.147).	distrito de Jimbe desde abril a diciembre del 2019.			
VAR. DEP: Estabilización de suelos	Suelos: Es una mezcla de minerales como de muestra orgánica, líquidos y gases. El suelo experimenta continuamente un desarrollo a través de numerosos procesos físicos, químicos y biológicos (Habiba, 2017, p.19). La Estabilización Del Suelo: Consiste en mejorar las propiedades tanto mecánicas como físicas del suelo haciendo uso de procesos mecánicos o agregando productos químicos; naturales o sintéticos. Esto se realiza cuando la capacidad portante de la subrasante del suelo es baja o pobre (MTC, 2014, p.92).	Para la obtención de la muestra del estudio de mecánica de suelos se realizará en situ por medio de calicatas través de protocolos en un tramo de 3 km. Se ensayarán las propiedades físicas y mecánicas del suelo específicamente la subrasante, realizando muestra patrón y la muestra con la sustitución de fibras del raquis de musa paradisiaca y cenizas hojas de eucaliptus sustituyendo al 5%, 10% y 15% referente al peso de la subrasante a ensayar.	Propiedades físicas	Clasificación del suelo	Nominal
				Máxima Densidad	Razón
				Humedad Óptima	Razón
			Propiedades mecánicas	Capacidad portante	Razón

2.3. Población, muestra, selección de la unidad de análisis.

La población de estudio fue el suelo de la trocha carrozable en el tramo de los de caserío de Canchas a Colcap tuvo una distancia de 3 km y un ancho de 4 m.

La muestra respectiva de este trabajo de investigación fue de 4 calicatas teniendo 1km de separación con una profundidad respectiva de 1.5 m según indica el “MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS” en el capítulo (IV - SUELOS) que proporciona el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La unidad de análisis o estudio es el suelo de la trocha carrozable de la red vial vecinal AN 913

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se utilizó como técnica de recolección de datos la observación. los instrumentos utilizados son los siguientes protocolos (ensayos) estandarizados por el MTC del Perú.

Técnica	Instrumento	Diseño De Investigación
Observación Experimental	Protocolos (Ensayos)	Investigación Cuasi - Experimental

Normativa:

MTC E – 107	(ASTM D422)	Análisis granulométrico
MTC E – 110	(ASTM D1241)	Límite líquido
MTC E – 111	(ASTM D1241)	Límite plástico
MTC E – 115	(ASTM D4715)	Proctor modificado
MTC E – 132	(ASTM D1883)	CBR (Relación Soporte California)

Para esta investigación se empleó normas técnicas las cuales no requieren de validación por juicio de expertos ni de evaluación de confiabilidad ya que fueron elaboradas por expertos en la materia

2.5. Procedimiento

Para este trabajo de investigación se realizó un viaje a la zona de estudio para poder apreciar el estado del trayecto del que se habló, siendo denominada Ruta Vecinal AN 913 por el MTC.

El material del que se habló es de la subrasante de la trocha carrozable que se encuentra entre el recorrido de Canchas a Colcap, en el viaje de exploración se pudo apreciar que en la zona de estudio crece diversos tipos de eucalipto, así como también la musa paradisiaca (la planta de plátano) estas especies de plantas crecen de forma silvestre y en abundancia.

El tramo fue de 3 km teniendo este un total de 4 calicatas de 1.50 m de profundidad como recomienda el MTC, se solicitó el permiso a las personas que estaban cerca para que se pueda tomar el material que necesitamos debido a que estos crecen de forma silvestre después de llevarse a cabo la exploración se realizó la excavación de las 4 calicatas extrayendo la muestra de las paredes del fondo de las calicatas.

Las hojas de eucalipto fueron llevadas a la Universidad Nacional de Trujillo donde se procedió a realizar el análisis térmico (TGA Y ADT) y ser calcinadas, la espectrometría de fluorescencia de rayos X será realizado en el laboratorio de la facultad de ingeniería química y textil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Para la elaboración de las fibras se recolecto el raquis del plátano después se procedió a pelar y se secciono en 2 partes, para realizar las fibras se escoge el material seccionado y este fue seccionado múltiples veces con un espesor de 0.5 cm para poder cortarlas con un largo de 5 cm para luego pasar a calentarlas las fibras a 100 C° por aproximadamente una hora.

Paralelamente a esto se realizó el estudio de mecánica de suelos patrón, luego de haber obtenido las cenizas y fibras se procedió a realizar el EMS incorporando la ceniza y fibras en una proporción de 1:1 con los porcentajes a trabajar de 5%, 10% y 15 %.

2.6. Método de análisis de datos

Este análisis fue de enfoque cuantitativo y un análisis que se basó en la hipótesis de esta investigación, esta investigación es experimental debido a que se manipulo las variables, teniendo como diseño una investigación cuasi experimental y tipo de investigación descriptiva.

Está presente investigación se realizó en la Ruta Vecinal AN 913 en Cáceres del Perú (siendo el área de estudio la subrasante de la trocha carrozable que se encuentra entre Canchas a Colcap) y en un laboratorio de suelos. una vez que se obtuvo las muestras de suelo se procedió con los ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR.

2.7. Aspectos éticos

En esta investigación se presentó el contenido y los resultados obtenidos con carácter autentico y veraz, así como también respetando los derechos de autor de los trabajos que hemos utilizados y que están mencionados en la referencia bibliográfica.

Este trabajo de investigación beneficiara a la sociedad con una propuesta que de un menor presupuesto para la realización de una estabilización.

III. RESULTADOS

3.1. Primer objetivo

Como primer objetivo, determinación de los componentes químicos de las fibras de raquis de musa paradisiaca y ceniza de hojas de eucalipto

TABLA N° 1

Composición química

COMPUESTO	FÓRMULA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de Potasio	K ₂ O	43.460	Espectrometría de rayos X
Óxido de Calcio	CaO	24.267	
Óxido de Magnesio	MgO	21.616	
Óxido de Fosforo	P ₂ O ₅	1.877	
Óxido de Manganeso	MnO	1.297	
Óxido de Silicio	SiO ₂	1.187	
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	0.272	
Óxido de Terbio	Tb ₄ O ₇	0.225	
Óxido de Rutenio	RuO ₂	0.154	
Óxido de Estroncio	SrO	0.072	
Óxido de Azufre	SO ₃	0.064	
Óxido de Zinc	ZnO	0.012	
Óxido de Cobre	CuO	0.009	

Fuente: LABICER

Interpretación: Para el ensayo de fluorescencia de rayos x se pudo determinar el % exacto de los componentes químicos siendo estos en su totalidad óxidos de la muestra de ceniza de hojas de eucalipto los resultados determinaron que el porcentaje de Óxido de calcio, Óxido de Magnesio, Óxido de hierro, Óxido de sílice elementos cementantes contiene un tiene un 47.34 % de elementos que ayuda a la estabilización del suelo.

TABLA N° 2

Determinación de Celulosa

ANÁLISIS	RESULTADO	MÉTODO DE REFERENCIA
Celulosa (%)	33.60	Songklanakarín J. Sci 33 (4), 397-404, Jul. -Aug. 2011

Fuente: LABICER

Interpretación: Para las fibras de raquis de musa paradisiaca se determinó el contenido de celulosa que es de 33.6 % esta celulosa es un biopolímero que las plantas generan.

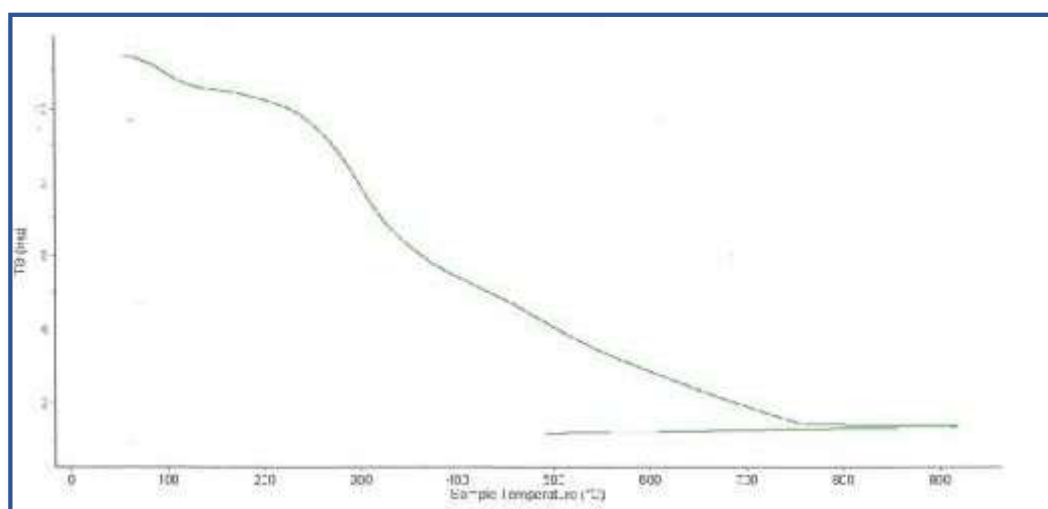
3.2. Segundo objetivo

Para el segundo objetivo, determinar el grado de calcinación tenemos los siguientes resultados.

Para el análisis térmico se utilizaron los métodos de ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD) y análisis térmico gravimétrico (TGA)

GRÁFICO N° 1

Curva de pérdida de masa - TGA



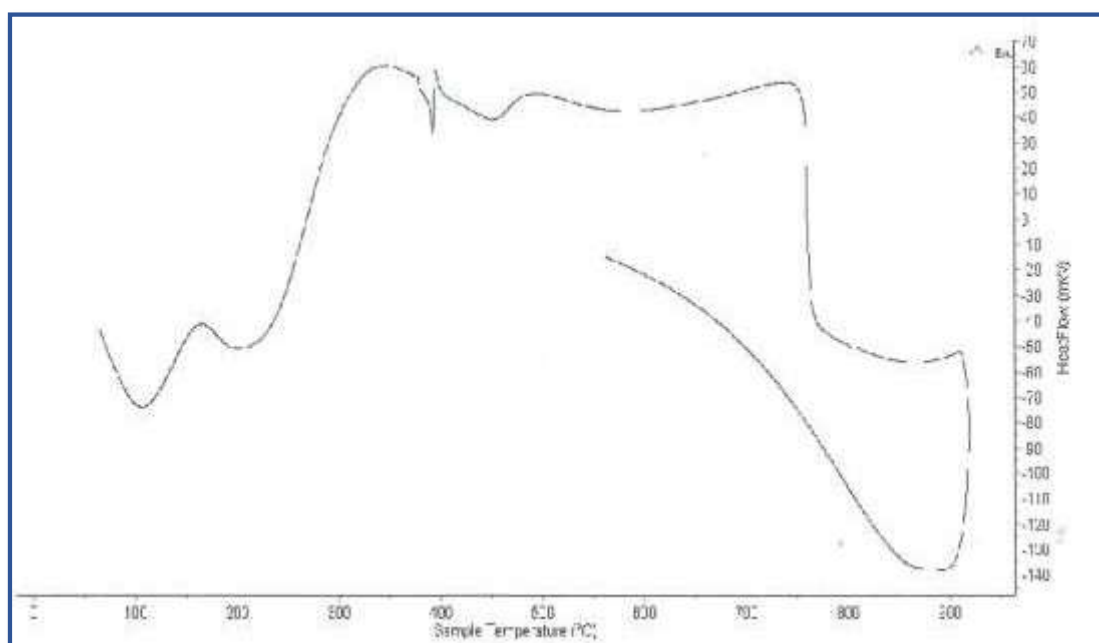
Fuente: Laboratorio de polímeros - UNT

Interpretación:

Según el análisis termo gravimétrico se aprecia un descenso de la masa que esto quiere decir que hay una pérdida de masa en la muestra, evidenciándose una mayor velocidad de pérdida en el rango de 220^a 350°C y se aprecia que en las otras regiones se presentó un ritmo de pérdida más lenta de la masa. el material llega a perder aproximadamente 88% cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.

GRÁFICO N° 2

Curva calorimétrica ATD



Fuente: Laboratorio de polímeros – UNT

Interpretación:

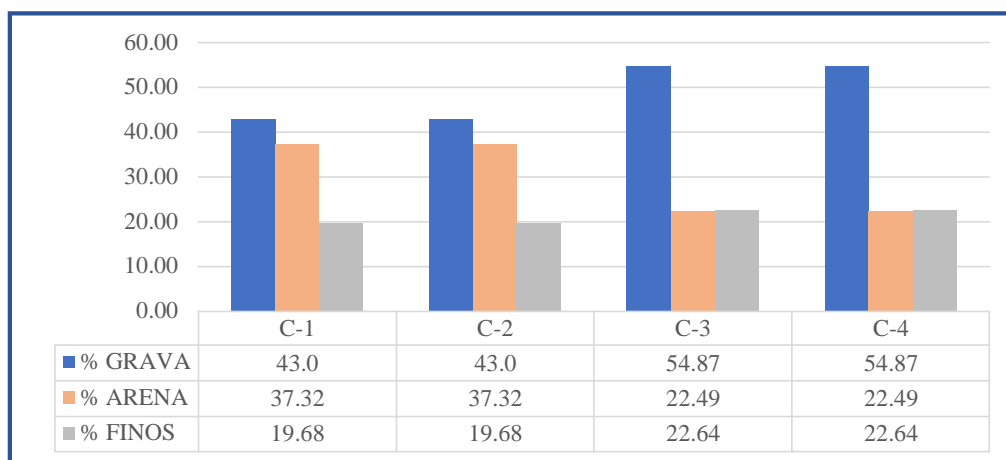
De acuerdo al análisis térmico diferencial, la curva muestra picos endotérmicos a baja temperatura, las primeras a aproximadamente 100 °C y 200°C y otras a mayor temperatura, es decir a 390 y 450°C. Posteriormente a mayor temperatura se presenta una absorción fuerte de calor en torno a 790°C. Estas absorciones térmicas podrían

3.3. Tercer objetivo

Para el tercer objetivo, determinar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra patrón y la muestra con la adición de fibras del raquis de musa paradisiaca y ceniza hojas de Eucaliptus sustituyendo al 5%, 10% y 15% de la trocha carrozable en una proporción 1:1 tenemos los siguientes resultados

GRÁFICO N° 3

Análisis Granulométrico



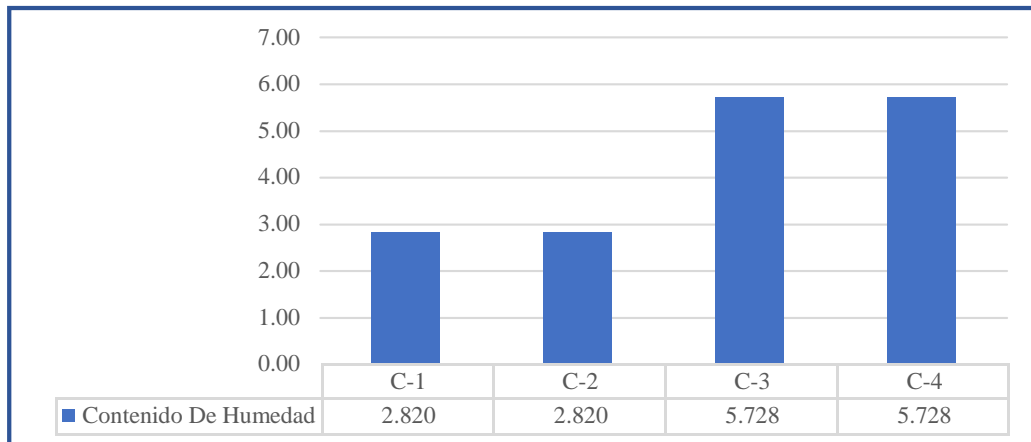
Fuente: Ingeotecnica

Interpretación:

las muestras extraídas de las calicatas, luego que fueron ensayadas en el laboratorio de mecánica de suelos, la muestra de clasificación de sus partículas del suelo son la siguientes: En la calicata N°1 su resultado fue un total de 43% de grava; 37.32% de arena; finos o arcilla 19.68% teniendo por el sistema SUSC un suelo SC (arena arcillosa) y por AASHTO (A-2-6(0)) (material granular con partículas finas arcillosas) siendo la calicata N°2 similar a esta. En la calicata N°3 su resultado fue un total de 54.87% de grava; 22.49% de arena; finos 22.64%, clasificado por la SUSC (SM -SC) y por AASHTO (A-2-4(0)) (material granular con partículas finas arcillosas). Mientras que para la calicata N°4 se encontró una distribución de partículas similares, en la calicata 3.

GRÁFICO N° 4

Contenido de humedad



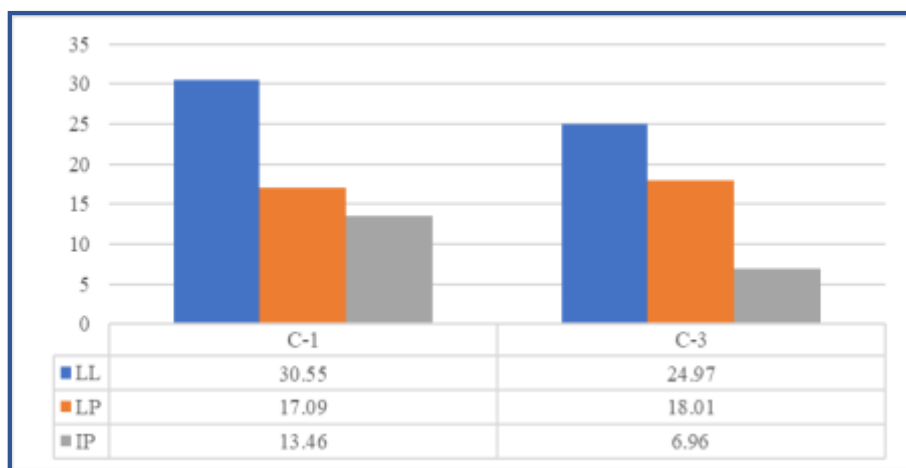
Fuente: Ingeotecnica

Interpretación:

Como podemos apreciar el material de estudio muestra un % de contenido de humedad 2.8 en las 2 primeras calicatas del tramo de estudio y para las 2 últimas calicatas la humedad natural que presentas es dé un 5.7 %.

GRÁFICO N° 5

Límites de Attergber



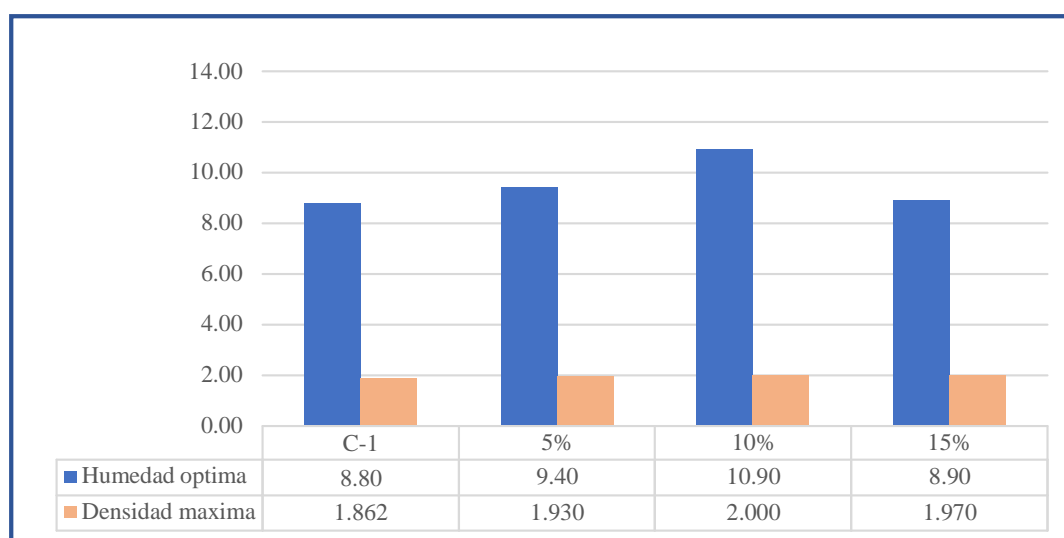
Fuente: Ingeotecnica

Interpretación:

Mediante los Límites de Atterberg se pudo definir el LL y LP de las calicatas que ayudaron a definir la parte más crítica del trayecto teniendo la calicata N° 1 un índice plástico de 6.97 y siendo clasificada como una arena arcillosa.

GRÁFICO N° 6

Proctor modificado



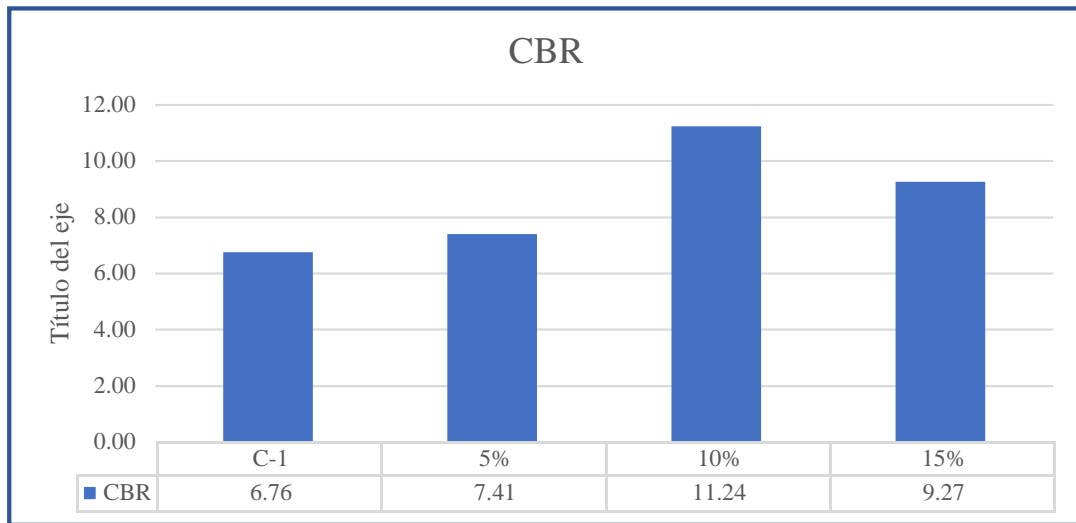
Fuente: Ingeotecnia

Interpretación:

Podemos apreciar que la muestra patrón que se evaluó es la calicata N° 1 ya que esta se encuentra en la parte más crítica de la clasificación de suelos y según las normas AASHTO se deben evaluar las partes más críticas y en este caso la calicata N° 1 siendo la más desfavorable tiene una humedad optima de 8.8% y para la adición de ceniza y fibras al 5% la humedad aumenta 9,4% siendo este un aumento mínimo en cuanto al 10% de adición de ceniza y fibras la humedad aumenta a 10.9 y su densidad máxima incrementa a 2, para lo que es el 15% podemos apreciar un decrecimiento en la humedad optima como densidad.

GRÁFICO N° 7

CBR (Relación Soporte California)



Fuente: Ingeotecnia

Interpretación:

Se pudo observar que el suelo patrón cuenta con un valor CBR de 6,76 al 95% teniendo una clasificación de subrasante regular, con respecto a las adiciones de ceniza y fibras al 5% comparando esta adición con la muestra patrón podemos determinar que este % de adición no ayuda mucho a la estabilización de suelos

Como se observa de las adiciones al 10 % y 15% se pudo apreciar que el % de adición más favorable es del 10 % teniendo un valor de CBR de 11.24 clasificándose según el MTC como una subrasante buena.

IV. DISCUSIÓN

Mediante el análisis de espectrometría de rayos X, los componentes químicos presentes en las cenizas de hojas de eucalipto son óxido de calcio (CaO) con 24.267% y óxido de sílice (SiO₂) con 1.187 %, lo que contradice con los resultados de los autores como Viel y Adriano (2017), señalan en sus resultados que los componentes presentes en la ceniza de cascarilla de arroz y de eucalipto, los componentes que ayudan a estabilizar un suelo son CaO con 37,4 % y SiO₂ con 25,1 % siendo un alto porcentaje y teniendo la cascarilla de arroz porcentajes muy aproximados, con lo planteado por los diversos autores se confirma que los componentes químicos pueden variar por diversas razones; mediante el método Songkklanakarín se pudo determinar el % presente en las fibras de raquis de musa paradisiaca, conteniendo 33.6 % de celulosa las cuales aumentan la resistencia mecánica del suelo, de igual modo López, et al. (2010), afirma que su investigación de estabilización de suelos con resinas y polímeros. el uso de estos aditivos para la estabilización de suelos ayuda a formar una estructura impermeable al agua, aumentan la resistencia mecánica del suelo y mejorando su cohesión.

El grado de calcinación de las hojas de eucalipto según el análisis térmico diferencial es de 450° C a esta temperatura empiezan a generarse los óxidos, donde se da inicio a la transformación de la estructura y de sus características generándose elementos cementantes necesarios para estabilizar suelos; lo que es confirmado por Maldonado y Sarrín, Diego (2018), en lo que respecta a la curva del (ATD) se tiene un gran pico exotérmico que se produce a los 450 ° C que se refiere a reacciones de oxidación de la parte orgánica y a la conformación de los óxidos necesarios con los que se logra estabilizar suelos y de esta manera se afirma que el grado de calcinación que se vino desarrollando es correcto.

Para determinar las propiedades físicas se realizó el estudio de mecánica de suelos de la muestra patrón, obteniendo por la clasificación SUCS - (SC) arenas arcillosas y AASHTO - A-2-6 (0) contando con una densidad máxima 1.86 gr/cm³, además tiene una humedad óptima de 8.8 %. Por otra parte, en cuanto a la sustitución del 10 % siendo las más favorable cuentan con una densidad máxima 2.00 gr/cm³ y una humedad óptima de 10.9 %, por su parte los autores Budu y Kennedy (2018) en

su investigación de estabilización de suelos lateríticos con fibras de raquis de plátano y cal, señalan que el suelo presentado por los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS como A-2-6. SC y A-2-4. SM clasificándolos como suelos pobres y no aptos para materiales de construcción viales.

Según el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG – 2014 en la sección: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. En la clasificación de categoría de la sub rasante en función al CBR una sub rasante es regular cuando se encuentra entre 6 % a 10 %, según el estudio de mecánica de suelos el valor CBR de la muestra patrón que se obtuvo fue de 6.7 % y clasificando la sub rasante como una sub rasante regular, por consiguiente se considera un suelo que requiere ser estabilizado ya que dicho manual da indicaciones de criterios a seguir, se consideró el suelo de la trocha carrozable de Canchas a Colcap como un suelo de baja capacidad portante y con presencia de arcillas tal como está en los resultados de mecánica de suelos.

Asimismo, en las propiedades mecánicas según los autores Maldonado y Sarrin (2018), en su trabajo de investigación obtuvieron un valor CBR de muestra patrón de 5.985%, por lo tanto, según el MTC para subrasante es insuficiente, de acuerdo con su investigación su adición optima es de 10 % y cuenta con un CBR de 15.20%, definido como “Subrasante bueno”. además, para los autores Padmawathi, et al. (2018), en su investigación de estabilización con cenizas de hojas de coco obtuvieron resultados favorables, siendo su adición optima de 10 % y su CBR de 11.24 %. por otro lado, los autores Budu y Kennedy (2018), en su investigación teniendo como muestra patrón 7.85% y 8.65%, considerándose como una “Subrasante regular”. Su adición optima son 0.75% + 7.5% y 1.0% + 10% teniendo en su CBR 77.36% y 58.35%, definido como “Subrasante excelente”. por consiguiente, se confirma que las adiciones de fibras y cenizas ayudan a estabilizar el suelo.

Por lo tanto, la información que brinda el MTC en la sección SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS, clasifica la adición de fibras y cenizas como un sub rasante buena. De esta manera se afirma la hipótesis que las

fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas de hojas eucaliptus si estabilizan y la mejor adición a utilizar es de 10 % cuando se trabajan en proporción 1:1

V. CONCLUSIONES

1. los componentes de las cenizas de hojas de eucalipto son el Óxido de calcio, Óxido de Magnesio, Óxido de hierro y Óxido de sílice elementos cementantes, teniendo estos elementos un porcentaje en conjunto de 47.34 %. siendo estos elementos cementantes el mejor apoyo para la estabilización del suelo, y para la celulosa siendo esta un biopolímero que las plantas generan se determinó que las fibras de raquis de musa paradisiaca cuentan con un 33.6 % de celulosa.
2. El grado óptimo de calcinación de hojas de eucalipto es de 450° C, siendo determinado mediante el método del análisis térmico diferencial.
3. La adición de fibras de raquis de musa paradisiaca y ceniza de hojas de eucalipto al 10% es el porcentaje más favorable en los resultados, cuenta con una humedad óptima de 10.9 % y una densidad máxima de 2.00 gr/cm³ en cuanto al resultado del CBR se obtuvo un 11.2% siendo el aumento del CBR de 5 %.
4. La adición fibras de raquis de musa paradisiaca y ceniza de hojas de eucalipto estabiliza el suelo y el porcentaje óptimo a emplear es de 10% en una proporción 1:1.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la municipalidad distrital de Cáceres del Perú, al utilizar las fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas de hojas de eucalipto en proporción 1:1 no exceder el 10% de adición.
2. Se recomienda a estudiantes de ingeniería civil, realizar investigaciones con diferentes proporciones de adición.
3. Se recomienda a los tesisistas que deseen desarrollar la investigación de estabilización de suelos con fibras naturales, investiguen el efecto que generan estas a largo plazo.

REFERENCIAS:

1. ATKINSON, Jhon. The Mechanics of soils and foundations, 2.a ed. London: Taylor & Francis, 2007. 480 pp.
ISBN: 9781315273549
2. BENITO, J. (2014). Apuntes de Métodos de Análisis Térmicos. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid
3. BUDU, Dennis y KENNEDY, Charles. Stabilization of Deltaic Expansive Soils Treated with Plantain Rachis Fibre and Lime. Global Scientific Journal. Vol. 6, Issue 10, October 2018.
ISSN: 2320-9186
4. BRAJA, M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México: Thomson International, 2001. 608 pp.
ISBN: 9706860614
5. BRAVANI, Durga y PRASAD, DSV. Stabilization of soil using chemical methods. International Journal of Recent Trends in Engineering & Research. Vol. 3, (9): 104121, September, 2017.
ISSN: 2455-1457
6. CARREÑO Velasco, Solly y MURCIA Buitrago, Lud. Obtención de acetato de celulosa a partir de residuos celulósicos postconsumo. Tesis (Ingeniero Químico). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Química, 2005. 108pp.
7. CRESPO Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5.ª ed. México: Limusa, 2004. 650 pp.
ISBN: 9681864891

8. DALLAS, Nil [et al]. Evaluation of the Structural Properties of Wood ash Stabilized Soil and Aggregates. 3.ª Ed. Texas: University Press, 2000. 441pp. ISBN: 78763-5080
9. DAVISON, Leslie. Soil description and classification [en línea]. May 2000 [Fecha de consulta: 29 de Setiembre de 2019].

Disponible en:

<http://environment.uwe.ac.uk/geocal/SoilMech/classification/default.htm>

10. DIAZ Trujillo, Bruno. Estabilización de los suelos del caserío de Cascajal Izquierdo con fines de pavimentación, utilizando ceniza de paja de trigo – Distrito Chimbote, Ancash – 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Chimbote. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería, 2018, 100pp.
11. Fluorescencia de rayos X (XRF). Malvern Panalytical. 2019. Disponible en: <https://www.malvernpanalytical.com/es/products/technology/x-ray-fluorescence>
12. GOBINATH, Ravindran [et al]. Banana Fibre-Reinforcement of a Soil Stabilized with Sodium Silicate. Silicon International Journal [en línea]. marzo 2019. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2019]
Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s12633-019-00124-6>
ISSN: 1876-9918
13. GONZÁLEZ Guerra, Francisco. Estabilización Mecánica de Suelos Cohesivos a través de la Utilización de Cal - Ceniza Volante. Tesis (Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2014. 117pp.
14. GUYER, J. (2011). Introduction to soil stabilization in pavements, continuing education development Engineering. New York.
Disponible en:
<https://www.cedengineering.com/userfiles/Intro%20to%20Soil%20Stabilization%20for%20Pavements.pdf>.

15. GRANADOS, D y LÓPEZ, G. Declinación Forestal. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente [en línea]. México: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 2007 [fecha de consulta:27 de junio de 2019]. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/629/62913208.pdf>.
ISSN: 2007-3828
16. HABIBA, Afrin. Stabilization of Clayey Soils Using Chloride Components. American Journal of Civil Engineering. Vol. 5, (6): 365-370, Noviembre 2017. ISSN: 2575-1743.
17. Hans-Georg, Kempfert y Berhane, Gebreselassie. Excavations and Foundations in Soft Soils. Germany. Springer, 2016. 120 pp.
ISBN: 10540328947
18. HUSSEIN, Karim, MAKKI, Al-Recaby y MAHA, Nsaif. Stabilization of soft clayey soils with sawdust ashes. Journal Matec [en línea]. January 2018. [fecha de consulta: 29 de Setiembre de 2019].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/324986704_Stabilization_of_soft_clayey_soils_with_sawdust_ashes
ISSN:2261-236X
19. IGLESIAS Abad, Sergio. Aplicación de biochar a partir de biomasa residual de Eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano. Tesis (Magister en Ingeniería y ciencias ambientales). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, Escuela de Posgrado, 2018.132pp.
20. LASANTA Carrasco, María. Estudio de adiciones de bismuto en aleaciones Zinc-Aluminio. Tesis (Doctorado Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, 2013. 369pp.
21. LIXIVIADOS de Raquis de Plátano: Obtención y Usos Potenciales Leachate of Banana Rakes: Procurement and Potential Uses por Chávez, Estudillo. V [et al].

Cibio, [en línea]. 2017. [fecha de consulta: 18 de junio de 2019].

Disponible en:

<https://cuadernosdebiodiversidad.ua.es/article/view/2017-n53-lixiviados-deraquisde-platano>.

ISSN: 2254-612X

22. LÓPEZ, L, [et al]. Estabilización volumétrica de arcillas con polímeros. Revista Iberoamericana de Polímeros [en línea]. Vol 11 (3). Mayo 2010. [fecha de consulta: 9 de noviembre de 2019].

Disponible en:

<http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/MAY10/lopez.pdf>

ISSN: 0121-6651

23. MAKUSA, Paul. SOIL STABILIZATION METHODS AND MATERIALS. Tesis (ingeniería minera y geotecnia) Suecia: Universidad de Tecnología de Luleå. División de Ingeniería Minera y Geotécnica. 2012. 3 pp.

24. MALDONADO Chang y SARRIN Tueros. 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 (Ingeniería Civil). Chimbote. Universidad Cesar Vallejo. Facultad Cesar Vallejo, 2018, 80pp.

25. MARQUEZ Sigwas, Betsy. refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones. Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias). Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ingeniería de Procesos, 2016, 165pp.

26. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos. [en línea] Lima: 2013, [Fecha de consulta: 27 de abril de 2019].

Disponible

en:

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/45_15.pdf

27. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (Perú).NP, R.D. N°10-MTC/14: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos. Lima, 2014. 302 pp.
28. MOLINA Quiñones, Erika. Estabilización de suelos adicionando el5% de ceniza de hoja de eucalipto, 1+400km a 1+900km Carretera distrito de Olleros-Huaripampa. Tesis (Ingeniero Civil). Huaraz. Universidad San Pedro Facultad Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, 2017. 85pp.
29. MOREIRA Carrión, Karina. Reutilización de Residuos de la Cáscara de Bananos (Musa Paradisiaca) y Plátanos (Musa Sapientum) para la producción de Alimentos destinados al Consumo Humano. Tesis (Ingeniero Químico). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, 2013, 121pp.
30. MOSTAFA, Marwan y UDDIN, Nasim. Effect of Banana Fibers on the Compressive and Flexural Strength of Compressed Earth Blocks. Buildings An Open Access Journal from MDPI [en línea]. March 2015. [fecha de consulta:1 de julio de 2019]. Disponible en:
- https://www.researchgate.net/publication/273772462_Effect_of_Banana_Fibers_on_the_Compressive_and_Flexural_Strength_of_Compressed_Earth_Blocks
ISSN: 2075-5309
31. MWAIKAMBO, Leonard. Review of the history, properties and Application of Plant Fibres. African Journal of Science and Technology (Ajst) [en línea]. Vol.7. January 2006. [fecha de consulta:1 de julio de 2019]. Disponible en:
- https://www.researchgate.net/publication/284760719_Review_of_the_history_properties_and_application_of_plant_fibres
ISSN: 1607-9949
32. NARENDRA, Maurya. Different Types of Soil – Sand, Silt, Clay and Loam [en línea]. Madhav University, Pindwara. 2014. [fecha de consulta: 18 de junio de 2019]. Disponible en:

<https://madhavuniversity.edu.in/soil-types.html#>

33. PADMAWATHI, K, [et al]. Stabilization of Black Cotton Soil using Coconut Leaf Ash. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) [en línea]. Vol.6. March 2019. [fecha de consulta: 29 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://www.irjet.net/archives/V6/i3/IRJET-V6I31332.pdf>

ISSN: 2395-0056

34. PUNMIA, B, KUMAR, Ashok y Kumar, Arun. Soil Mechanics and Foundations. 16.a ed. New Delhi: Laxmi Publications (P) Ltd. 2005, 9 pp. ISBN: 8170080819

35. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed. [versión 23.2 en línea]. [Fecha de la consulta: 25 de junio de 2019]. Disponible: <https://dle.rae.es>

36. SHARMA, Vandna., VINAYAK, Hemant y MARWAHAA, Bhanu. Enhancing compressive strength of soil using natural fibers. Construction and Building Materials [en línea]. Vol.93. September 2015. [fecha de consulta: 29 de Setiembre de 2019]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/277918358_Enhancing_compressive_strength_of_soil_using_natural_fibers

ISSN: 0950-0618

37. SHENBAGA, K y FUNG, Y. Influence of Discrete Fibers and Mesh Elements on the Behaviour of Lime Stabilized Soil. Pertanika Journal of Science & Technology [en línea]. Octubre 2018. Vol.26. [fecha de consulta: 06 de mayo del 2019].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=133409485&lang=es&site=eds-live42>

ISSN: 0128-7680

38. SOLMINIHAC, Hernán, ECHEVERRÍA, Gerardo Y THENOUX, Guillermo. Estabilización Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimentos, Chile. Revista Ingeniería de Construcción, (2): 2012. ISSN: 0718-5073

39. SWITZERLAND, Roland y GERMANY, Kiran. Materiales de construcción apropiados [en línea]. London: IT Publications,1993.442 pp. [fecha de consulta: 18 de marzo de 2005].

Disponible en:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm?fbclid=IwAR0Lh0n2iCY9h9aRnwr3R6NulIGs8YAF2x0CDhzH5vdaC3CXbCANK8luH0U>

ISBN: 3908001552

40. UTODIO. N, [et al]. Investigation of the Effect of Bamboo Leaf Ash Blended Cement on Engineering Properties of Lateritic Blocks. Journal of Sustainable Development Studies [en línea]. Vol.8, 2015. [fecha de consulta: 5 de octubre de 2019].

Disponible en:

<https://www.infinitypress.info/index.php/jsds/article/view/8>

ISSN: 2201-4268

41. VIEL, Walmor y BERNARDIN, Adriano. Grupo de Materiales Cerámicos [en línea]. Qualicer´14. 2014. [fecha de consulta: 27 de junio de 2019].

Disponible en:

<http://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdf/74%20POSTER%20ESP.pdf>

ISSN: 0366-3175

ANEXOS

ANEXO N° 01
MATRIZ
DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO:

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERÍOS CANCHAS A COLCAP, JIMBE, SANTA, ANCASH – 2019

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Los carros que transitan de los caseríos de Canchas a Colcap tienden a tener serios problemas a causa del mal estado del suelo

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	JUSTIFICACIÓN
¿Será factible la estabilización de suelos con fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas de hojas de Eucaliptus de	General: Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas hojas de	Adicionando las fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas de hojas de Eucaliptus será factible estabilizar el suelo de la trocha carrozable de los caseríos de Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Ancash – 2019	Temperatura de calcinación Componentes químicos	ATD FRX	Este trabajo se justifica en dar a conocer la estabilización de suelos sustituyendo una parte del suelo por fibras de raquis y cenizas de hojas de eucalipto con la finalidad de

la trocha carrozable de los caseríos de Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, ¿Ancash – 2019?	Eucaliptus de los caseríos de Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Ancash				determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
	<p>Específicos:</p> <p>Determinar los componentes químicos de hojas de Eucaliptus. Determinar los componentes de las fibras del raquis de musa paradisiaca.</p> <p>Determinar el grado y tiempo de calcinación de las hojas de Eucaliptus.</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra patrón y la</p>		Propiedades físicas	<p>Clasificación de suelos</p> <p>Densidad máxima</p> <p>Humedad optima</p>	En la actualidad no existe trabajos de estabilización de suelos con fibras de raquis de musa paradisiaca y cenizas de hojas de eucalipto
			Propiedades mecánicas	CBR (Capacidad portante)	

muestra con la adición de fibras del raquis de musa paradisiaca y ceniza hojas de Eucaliptus sustituyendo al 5%, 10% y 15% de la trocha carrozable en una proporción 1:1.				
---	--	--	--	--

ANEXO N° 02
ENSAYOS DE ANÁLISIS
QUÍMICOS



INFORME TÉCNICO N° 1635 – 19 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CARLOS ALBERTO RODRIGUEZ LOPEZ
PRISCILA MARIA HOYLE VEGA
 - 1.2 DNI : 72955578
76314090
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 / 09 / 2019
 - 2.2 FECHA DE EMISIÓN : 24 / 09 / 2019
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE HOJAS DE EUCALIPTO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 20.1 °C; Humedad relativa: 73%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X, SHIMADZU, EDX 800HS.
Mufa. THERMOSCIENTIFIC. Thermolyne.
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS EN LA MUESTRA DE HOJAS DE EUCALIPTO**

ANÁLISIS	RESULTADO (%)	MÉTODO DE REFERENCIA
Cenizas	5.487	MTC E 118

- 8.2 **RESULTADO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS DE LA MUESTRA EXPRESADO DE FORMA ELEMENTAL**

COMPUESTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	47.318	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾
Potasio, K	20.909	
Magnesio, Mg	18.426	
Manganeso, Mn	2.076	
Silicio, Si	1.984	
Fosforo, P	1.727	
Azufre, S	0.765	
Rutenio, Ru	0.402	
Hierro, Fe	0.374	
Terbio, Tb	0.227	
Estroncio, Sr	0.220	
Zinc, Zn	0.048	
Cobre, Cu	0.037	



⁽¹⁾Resultados del análisis elemental por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Barrido del todo al uranio).

8.3 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPUESTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de potasio, K ₂ O	43.460	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ^(*)
Óxido de calcio, CaO	24.267	
Óxido de magnesio, MgO	21.616	
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	1.677	
Óxido de manganeso, MnO	1.297	
Óxido de silicio, SiO ₂	1.187	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0.272	
Óxido de terbio, Tb ₂ O ₃	0.225	
Óxido de rutenio, RuO ₂	0.154	
Óxido de estroncio, SrO	0.072	
Óxido de azufre, SO ₃	0.064	
Óxido de zinc, ZnO	0.012	
Óxido de cobre, CuO	0.009	

^(*) Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental por fluorescencia de rayos X.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


Bach. Natalia Quispe
Analista
LABICER - UNI




Estela Acha de la Cruz
Responsable del análisis
Jefe de Laboratorio
COP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

ANEXO



Figura 1. Fotografía de la muestra de hojas de eucalipto.



Figura 2. Fotografía de las cenizas de las hojas de eucalipto.



Figura 3. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.





INFORME TÉCNICO N° 1692 – 19 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CARLOS ALBERTO RODRIGUEZ LOPEZ
PRISCILA MARIA HOYLE VEGA
 - 1.2 DNI : 72955578
76314090
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE EMISIÓN : 30 / 09 / 2019
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS QUÍMICO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : 01 MUESTRA DE FIBRAS DE RAQUIS DE PLÁTANO
(MUSA PARADISIACA)
 5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
 6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.3 °C; Humedad relativa: 68%
 7. EQUIPO UTILIZADO : ESTUFA ELÉCTRICA POL-EKO APARATURA.
SLN 32 ECO
MUFLA DAIHAN SCIENTIFIC
8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADO	MÉTODO DE REFERENCIA
Celulosa (%)	33.60	Songkianakaran J. Sci. Technol. 33 (4), 397-404, Jul.-Aug. 2011

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


 Bach. Natalia Quispe G.
 Analista
 LABICER - UNI



 Ottilia Acha de la Cruz
 Responsable del análisis
 Jefe de Laboratorio
 CQP 202

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

ANEXO



FIGURA N°1: Fotografía de la muestra de raquis de plátano.



FIGURA N°2: Fotografía de la muestra seca de raquis de plátano.



ANEXO N° 03
ENSAYO DE ANÁLISIS
TÉRMICO



Trujillo, 23 de setiembre del 2019

INFORME N° 44 - SET-19

Solicitante: Priscila Hoyle Vega – Carlos Rodríguez López
Universidad César Vallejo - Chimbote

RUC/DNI:

Supervisor:

1. **MUESTRA:** Hoja de eucalipto (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	HE-44S	11.3 mg

2. **ENSAYOS A APLICAR**

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

3. **EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 11.3 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



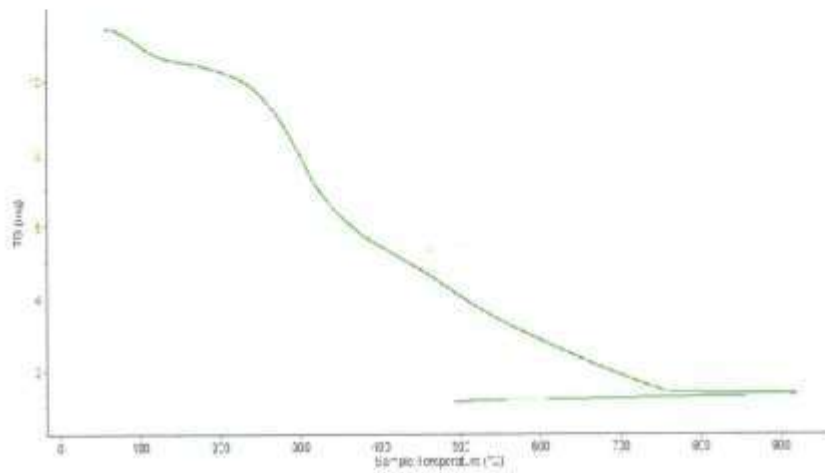


Trujillo, 23 de setiembre del 2019

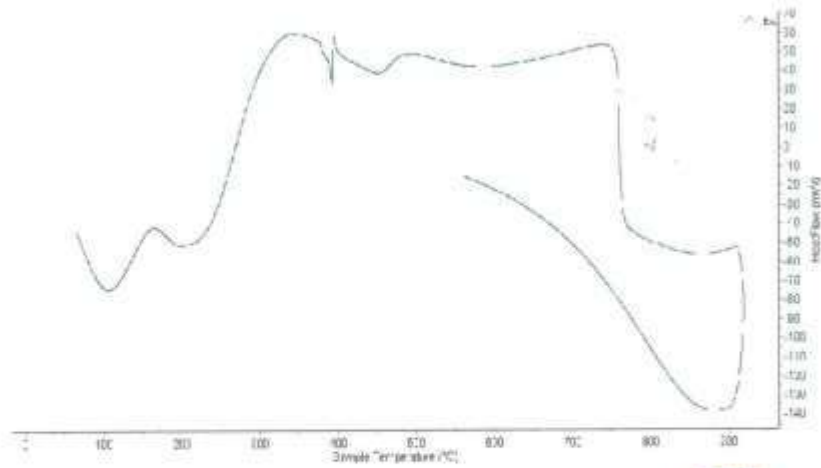
INFORME N° 44 - SET-19

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203210404 / 44-203210405 / 44-203210406 / 44-203210407 / 44-203210408 / 44-203210409 / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú

LABORATORIO DE POLÍMEROS UPTC
JEFATURA
[Signature]



Trujillo, 23 de setiembre del 2019

INFORME N.º 44 - SET-19

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se puede apreciar un importante descenso de la masa que constituye pérdida de masa en la muestra, evidenciándose una mayor velocidad de pérdida en el rango de 220 a 350°C y se aprecia que en las otras regiones se presenta un ritmo de pérdida más lenta de la masa. El material llega a perder aproximadamente 88% cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra algunos picos endotérmicos a baja temperatura, las primeras a aproximadamente 100°C y 200°C y otras a mayor temperatura, es decir a 390 y 450°C. Posteriormente a mayor temperatura se presenta una absorción fuerte de calor en torno a 790°C. Estas absorciones térmicas podrían significar algún cambio estructural y en las características del material.

Trujillo, 23 de setiembre del 2019



[Firma]
Ing. Danny Mesias Chávez Novoa

Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

ANEXO N° 04
INSTRUMENTOS DE
RECOLECCIÓN DE
DATOS

ENSAYO CBR

PROYECTO
UBICACIÓN
SOLICITA
FECHA
CANTERA
MUESTRA

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [g]		Peso retenido [g]	% RETENIDO	N.º de Malla	% pasa	Límite Min.	Límite Max.
Malla	Alturas [mm]						
2"	76.200						
2 1/2"	85.500						
3"	95.000						
3 1/2"	10.100						
4"	10.500						
3/8"	10.500						
1/2"	12.500						
3/8"	2.000						
Nº 4	4.750						
Nº 10	2.000						
Nº 20	1.000						
Nº 40	0.425						
Nº 100	0.150						
Nº 200	0.075						
< Nº 200	—						

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM - D4318)

Procedimiento	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	CONSISTENCIA
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Tara Nº 04	
1. No de Golpes					LL -
2. Peso Tara, [gr]					
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]					LP -
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]					
5. Peso Agua, [gr]					IP -
6. Peso Suelo Seco, [gr]					
7. Contenido de Humedad, [%]					

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2218)

Procedimiento	Tara No.
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (CBR)

PUNTO No.	I	II	III	IV
MOLDE No.	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)			
2	Peso del molde (gr)			
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)			
4	Peso de la muestra húmeda (gr)			
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)			

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)			
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)			
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)			
9	Peso del agua (gr)			
10	Peso del suelo seco (gr)			
11	Contenido de humedad (%)			
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)			

Máxima Densidad Seca	1	
Contenido de Humedad	1	

INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORAS S.A.C.



Ing. Val Karín Aguilar Ojeda
GERENTE

ENSAYO CBR

PROYECTO :
 UBICACIÓN :
 LOCALIDAD :
 FECHA :
 CARTEERA :
 MUESTRA :

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Húelo Seco, [gr]									
Malla	Apertura [mm]	Peso retenido [gr]	% RETENIDO	% Pasado Acumulado	% pasa	Límite Mln.	Límite Max.		
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/8"	19.050								
1/8"	12.500								
3/16"	5.900								
Nº 4	4.750								
Nº 10	2.000								
Nº 20	850								
Nº 40	425								
Nº 100	150								
Nº 200	75								
< Nº 200	---								

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Tara Nº 04	
1. No de Golpes					CL -
2. Peso Tara, [gr]					
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]					LP -
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]					
5. Peso Agua, [gr]					IP -
6. Peso Suelo Seco, [gr]					
7. Contenido de Humedad, (%)					

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, (%)	

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (CBR)

PUNTO No.		I	II	III	IV
MOLDE No.		1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)				
2	Peso del molde (gr)				
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)				
4	Peso de la muestra húmeda (gr)				
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)				

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)				
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)				
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)				
9	Peso del agua (gr)				
10	Peso del suelo seco (gr)				
11	Contenido de humedad (%)				
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)				

Máxima Densidad Seca	:	
Contenido de Humedad	:	

ENSAYOS CBR

PROYECTO
UBICACION
FECHA
CANTERA
MUESTRA

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz		N° 10 (%)		N° 40 (%)		N° 200 (%)		ENSAYO DE COMPACTACION		
LL	LP	NP	NP	Clasificación	ARC5 =	SM	Método	Densidad Máxima	Humedad Óptima	
							ASTM D 1557	A-2-4 (0)	1.75	10.70

Molde N°	1		2		3	
Altura Molde						
Diametro Molde						
Altura disco Espaciador						
Diametro disco espaciador						
Capas N°						
Golpes por capa N°		50		25		12
Condición de la muestra	antes de mojar	después de mojar	antes de mojar	después de mojar	antes de mojar	después de mojar
Peso húmedo de la probeta + m						
Peso de molde (g)						
Peso del suelo húmedo (g)						
Volumen del molde (cm ³)						
Densidad húmeda (g/cm ³)						
Recipiente (N°)						
Peso del Recipiente + suelo hú						
Peso Recipiente + suelo seco						
Peso Recipiente						
Peso de agua (g)						
Peso de suelo seco (g)						
Contenido de humedad (%)						
Densidad seca (g/cm ³)	#1DIVIII	#2DIVIII	#1DIVII	#2DIVII	#1DIVII	#2DIVII

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens		Expansión		Lectura Extens		Expansión		Lectura Extens		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración		Carga Estándar	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm.	pulg.	Kg/cm ²	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR
			Kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000										
0.835	0.025										
1.270	0.050										
1.905	0.075										
2.540	0.100	70.455									
3.175	0.125										
3.810	0.150										
4.445	0.175										
5.080	0.200	105.68									
5.715	0.225										
6.350	0.250										
6.985	0.275										
7.620	0.300										
8.255	0.325										
8.890	0.350										
9.525	0.375										
10.160	0.400										
10.795	0.425										
11.430	0.450										
12.065	0.475										
12.700	0.500										

INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.



Ing. Pío Agustín Aguilar Olguín
GERENTE

ENSAYOS CBR

PROYECTO:
 UBICACION:
 SOLICITA:
 FECHA:
 CANTERA:
 MONEDA:

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)	N° 40 (%)	N° 200 (L)	ENSAYO DE COMPACTACION		
Peso %	61.37	43.20	25.00	Método	Densidad Máxima	Humedad Óptima
LL / IP	NP / NP	Cualificación	UCS = BM	ASTM D - A-2-4 (0)	1.75	10.70

Molde N°	1	2	3
Altura Molde			
Diámetro Molde			
Altura disco Espaciador			
Diámetro disco espaciador			
Capas N°	6	5	5
Hólpes por capa N°	50	25	12
Condición de la muestra	antes de mojar después de mojar	antes de mojar después de mojar	antes de mojar después de mojar
Peso húmedo de la probeta + m			
Peso de molde (g)			
Peso de suelo húmedo (g)			
Volumen del molde (cm³)			
Densidad húmeda (g/cm³)			
Recipiente (N°)			
Peso del Recipiente + suelo hº			
Peso Recipiente + suelo seco			
Peso Recipiente			
Peso de agua (g)			
Peso de suelo seco (g)			
Contenido de humedad (%)			
Densidad seca (g/cm³)	#,DIV0!	#,DIV0!	#,DIV0!

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens	Expansión	Lectura Extens	Expansión	Lectura Extens	Expansión
			mm	%	mm	%	mm	%

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración	Carga Estándar	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	
mm	pulg.	Kg/cm2	Kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000										
0.635	0.025										
1.270	0.050										
1.905	0.075										
2.540	0.100	70.455									
3.175	0.125										
3.810	0.150										
4.445	0.175										
5.080	0.200	105.68									
5.715	0.225										
6.350	0.250										
6.985	0.275										
7.620	0.300										
8.255	0.325										
8.890	0.350										
9.525	0.375										
10.160	0.400										
10.795	0.425										
11.430	0.450										
12.065	0.475										
12.700	0.500										

ANEXO N° 05
ENSAYOS DE
MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO N° 05

ANEXO N° 05.a

ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS – MUESTRA PATRÓN



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

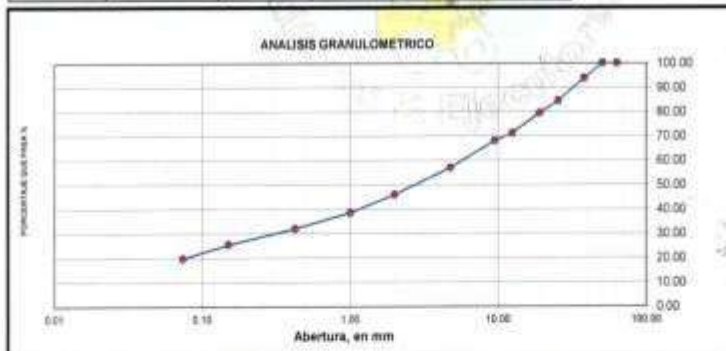
Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERÍOS CANCHAS A COLCAP, JIMBE, SANTA, ANCASH – 2019		
SOLICITA	RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA		
DISTRITO	CACERES DEL PERU	PROVINCIA	DEL SANTA
DEPARTAMENTO	ANCASH		
CALICATA	C-1	MUESTRA	M-F
FECHA	SEPTIEMBRE 2019	NAPA FREATICA	N.P.
PROGRESIVA	KM 0+000		
		ESPOSOR DE ESTRATO	1.20 m
		PROFUNDIDAD DE CALICATA	1.50 m

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	3156.180				
Peso Inicial Seco, [gr]	2537.300				
Malla	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	198.30	6.28	6.28	93.72
1"	25.400	294.40	9.32	15.60	84.40
3/4"	19.050	158.10	5.00	20.60	79.40
1/2"	12.500	259.50	8.21	28.82	71.18
3/8"	9.500	99.40	3.15	31.96	68.04
Nº 4	4.750	348.60	11.03	43.00	57.00
Nº 10	2.000	548.70	17.38	60.38	42.62
Nº 20	0.850	236.30	7.48	67.86	32.14
Nº 40	0.425	205.50	6.51	74.37	25.63
Nº 100	0.150	208.60	6.60	80.97	19.03
Nº 200	0.074	179.90	5.69	86.66	13.34
< Nº 200	—	621.80	19.68	100.00	0.00



Grava (%) = 43.00 Arena (%) = 37.32 Finos (%) = 19.68

$D_{10} = 0.07$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 82.86$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.28$
 $U_{50} = 0.34$ $C_u = \text{Coeficiente de Uniformidad.}$ $C_c = \text{Coeficiente de Curvatura.}$
 $D_{60} = 5.80$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SC	ARENAS ARCILLOSAS
AASHTO	A-2-6 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS ARCILLOSAS

POL RAÍMAGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	Formula	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
		Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Formula	Tara N° 05	
1. No de Golpes		32	22	11		-	
2. Peso Tara, [gr]		18.370	16.110	19.270		18.330	LL = 30.55
3. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		42.560	44.320	45.870		24.950	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		37.100	37.640	38.980		23.480	LP = 17.09
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	5.46	6.68	6.89	(3)-(4)	0.880	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	18.73	21.53	19.71	(4)-(2)	5.150	IP = 13.46
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	29.151	31.026	34.957	(5)/(6)x100	17.007	



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W' \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

W': Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

W: 31.03

N: 22

LL: 30.55 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03
1. Peso Tara, [gr]		26.930	27.280	27.260
2. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		283.32	288.12	279.29
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		276.32	281.21	272.11
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	7.00	6.91	7.18
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	249.39	253.93	244.85
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	2.807	2.721	2.932
				PROMEDIO
				2.820

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No. 4 - Diam. < 3")	43.00%
Arene (No. 200 - Diam. < No. 4)	37.32%
Fines (Diam. < No. 200)	18.68%
Limite Liquido	30.55%
Limite Plastico	17.09%
Indice Plasticidad	13.46%
Contenido de Humedad	2.82%
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-2-4 (6)

OBSERVACIONES:

Las muestras y los datos fueron proporcionados por el solicitante.

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

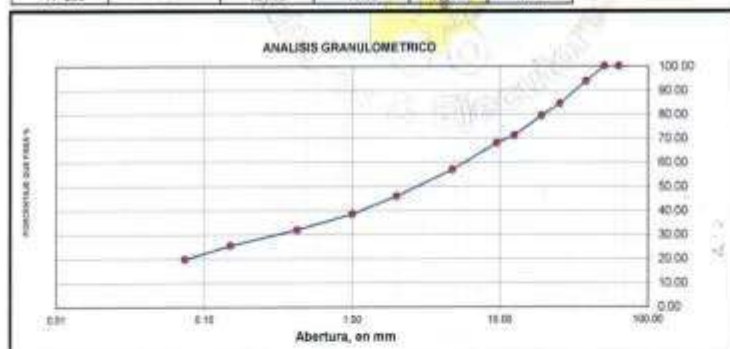
Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERÍOS CANCHAS A COLCAP, JIMBE, SANTA, ANCASH - 2019		
SOLICITA	RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA		
DISTRITO	CACERES DEL PERU	PROVINCIA	DEL SANTA
CALICATA	C-2	MUESTRA	M-F
FECHA	SEPTIEMBRE 2019	NAPA FREATICA	N.P.
PROGRESIVA	KM 1+000		DEPARTAMENTO: ANCASH
			ESPESOR DE ESTRATO: 1.20 m
			PROFUNDIDAD DE CALICATA: 1.50 m

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	3159.109				
Peso Inicial Seco, [gr]	2537.300				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% PASA
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	190.30	6.28	6.28	93.72
1"	25.400	294.40	9.32	15.60	84.40
3/4"	19.000	158.10	5.00	20.60	79.40
1/2"	12.500	259.50	8.21	28.82	71.18
3/8"	9.500	99.40	3.15	31.96	68.04
N° 4	4.750	348.60	11.03	43.00	57.00
N° 10	2.000	348.70	11.04	54.05	45.95
N° 20	1.000	236.30	7.48	61.51	38.49
N° 40	0.425	205.90	6.51	68.02	31.98
N° 100	0.150	206.60	6.60	74.62	25.38
N° 200	0.074	179.90	5.69	80.32	19.68
< N° 200	—	621.80	19.68	100.00	0.00



Grava (%) = 43.00 Arena (%) = 37.32 Finos (%) = 19.68

$D_{10} = 0.07$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 82.88$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.28$
 $U_{30} = 0.34$
 $D_{60} = 5.80$ $C_u =$ Coeficiente de Uniformidad. $C_c =$ Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SC	ARENAS ARCILLOSAS
AASHTO	A-2-6 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS ARCILLOSAS

[Firma]
 POL RAIN ABULAR OLGUIN
 ING. CIVIL / CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGGER (ASTM - D4318)

Procedimiento	Formula	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
		Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Formula	Tara N° 04	
1. No de Golpes		32	22	11		-	LL = 30.55
2. Peso Tara. [gr]		18.370	18.110	19.270		18.330	
3. Peso Tara + Suelo Humedo. [gr]		42.590	44.320	45.670		24.360	LP = 17.09
4. Peso Tara + Suelo Seco. [gr]		37.100	37.040	38.990		23.480	
5. Peso Agua. [gr]	(3)-(4)	5.46	6.68	6.69	(3)-(4)	0.690	IP = 13.46
6. Peso Suelo Seco. [gr]	(4)-(2)	18.73	21.53	19.71	(4)-(2)	5.190	
7. Contenido de Humedad. [%]	(4)/(5)x100	29.151	31.026	34.957	(5)/(6)x100	17.087	



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 31.03

N: 22

LL: 30.55 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara. [gr]		26.900	27.200	27.260	
2. Peso Tara + Suelo Humedo. [gr]		283.32	288.12	279.29	
3. Peso Tara + Suelo Seco. [gr]		276.32	281.21	272.11	
4. Peso Agua. [gr]	(2)-(3)	7.00	6.91	7.18	
5. Peso Suelo Seco. [gr]	(3)-(1)	249.38	253.93	244.85	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad. [%]	(4)/(5)x100	2.807	2.721	2.932	2.820

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No 4 + Diam + 3")	43.00%
Arena (No.200 + Diam + No 4)	37.32%
Fino (Diam + No 200)	19.68%
Limite Liquido	30.55%
Limite Plastico	17.09%
Indice Plasticidad	13.46%
Contenido de Humedad	2.82%
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-2-4 (B)

OBSERVACIONES:

Las muestras y los datos fueron proporcionados por el solicitante.

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

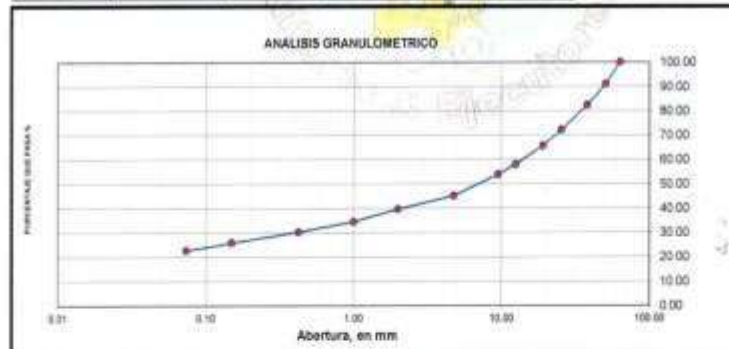
Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP, JIMBE, SANTA, ANCASH - 2019				
SOLICITA	RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA				
DISTRITO	CACERES DEL PERU	PROVINCIA	DEL SANTA	DEPARTAMENTO:	ANCASH
CALICATA	C-3	MUESTRA	M-F	ESPESOR DE ESTRATO :	1.20 m
FECHA	SEPTIEMBRE 2019	NAPA FREATICA	N.P.	PROFUNDIDAD DE CALICATA :	1.30 m
PROGRESIVA	KM 2+000				

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco. [gr]	4135.990				
Peso Inicial Seco. [gr]	3199.200				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	374.90	9.07	9.07	90.93
1 1/2"	38.100	359.00	8.68	17.75	82.25
1"	25.400	420.90	10.18	27.92	72.08
3/4"	19.050	270.20	6.53	34.45	65.54
1/2"	12.500	316.20	7.65	42.10	57.89
3/8"	9.500	170.20	4.12	46.22	53.78
Nº 4	4.750	357.80	8.65	54.87	45.13
Nº 10	2.000	228.30	5.52	60.39	39.61
Nº 20	1.000	214.50	5.19	65.58	34.42
Nº 40	0.425	175.40	4.24	69.82	30.18
Nº 100	0.150	181.40	4.39	74.20	25.80
Nº 200	0.074	130.40	3.15	77.35	22.64
< Nº 200	—	936.40	22.84	100.00	0.00



Grava (%) = 54.87 Arena (%) = 22.49 Finos (%) = 22.64

$D_{10} = 0.07$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 185.71$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.19$
 $U_{30} = 0.42$
 $D_{60} = 13.00$ $C_u =$ Coeficiente de Uniformidad. $C_c =$ Coeficiente de Curvatura.

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SM - SC	ARENAS LIMO - ARCILLOSAS
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS

[Firma]
POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL / CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	Formula	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		CONSISTENCIA
		Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Formula	Tara Nº 05	
1. No de Golpes		29	24	10		-	LL = 24.97
2. Peso Tara, [gr]		16.180	23.070	17.900		17.900	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		42.000	51.780	44.400		25.620	LP = 18.01
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		37.390	46.020	38.800		24.390	
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	5.21	5.76	5.54	(3)-(4)	1.230	IP = 6.97
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	21.23	22.95	20.96	(4)-(2)	6.830	
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	24.541	25.098	26.431	(5)/(6)x100	18.009	



Límite Líquido Método un Punto

$$LL = W_n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 25.10

N: 24

LL: 24.97 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)


Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		27.780	26.730	26.390	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		352.91	296.17	324.32	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		337.33	273.95	308.55	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	15.58	15.22	15.77	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	309.55	247.24	282.16	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	5.033	6.560	6.589	5.728

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 + Diam < 3")	34.87%
Arena (No.200 + Diam < No.4)	22.49%
Fines (Diam < No.200)	22.64%
Límite Líquido:	24.97%
Límite Plástico:	18.01%
Índice Plástico:	6.97%
Contenido de Humedad:	5.73%
Clasificación SUCS:	SM - SC
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (9)

OBSERVACIONES:

Las muestras y los datos fueron proporcionados por el solicitante.


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

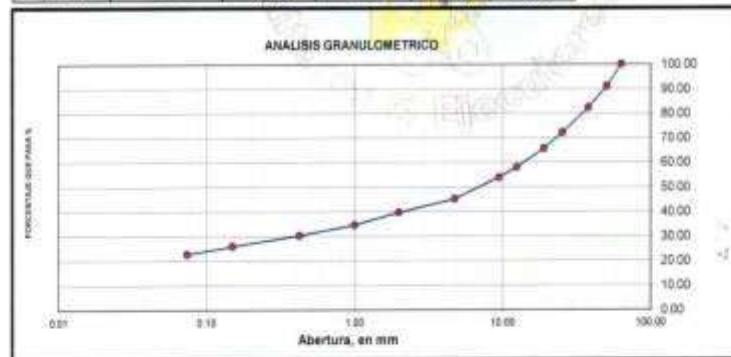
Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras:
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP, JIMBE, SANTA, ANCASH - 2019		
SOLICITA	RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - MOYLE VEGA PRISCILA MARIA		
DISTRITO	CACERES DEL PERU	PROVINCIA	DEL SANTA
DEPARTAMENTO:	ANCASH		
CALICATA	C-4	MUESTRA	M-F
FECHA	SETIEMBRE 2019	NAPA FREATICA	N.P.
PROGRESIVA	KM 3+000		
		ESPESOR DE ESTRATO	1.20 m
		PROFUNDIDAD DE CALICATA	1.50 m

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco. [g]	4135.600				
Peso Inicial Seco. [g]	3199.200				
Malla	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% para
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	374.90	9.07	9.07	90.93
1 1/2"	38.100	359.00	8.68	17.75	82.25
1"	25.400	420.90	10.18	27.92	72.08
3/4"	19.050	270.20	6.53	34.45	65.54
1/2"	12.500	316.20	7.65	42.10	57.90
3/8"	9.500	170.20	4.12	46.22	53.78
Nº 4	4.750	357.80	8.65	54.87	45.13
Nº 10	2.000	226.30	5.52	60.39	39.61
Nº 20	1.000	214.50	5.19	65.58	34.42
Nº 40	0.425	175.40	4.24	69.82	30.18
Nº 100	0.150	181.40	4.39	74.20	25.80
Nº 200	0.074	130.40	3.15	77.35	22.64
< N° 200	—	936.40	22.64	100.00	0.00



Grava (%) = 54.87 Arena (%) = 22.49 Finos (%) = 22.64

$D_{10} = 0.07$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 185.71$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.19$
 $U_{50} = 0.42$ $C_u =$ Coeficiente de Uniformidad. $C_c =$ Coeficiente de Curvatura.
 $D_{60} = 13.00$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SM - SC	ARENAS LIMO - ARCILLOSAS
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS

[Firma]
 POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	Formula	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
		Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Formula	Tara N° 05	
1. No de Golpes		29	24	19			LL = 24.97
2. Peso Tara, [gr]		16.160	23.070	17.900		17.560	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		42.600	51.780	44.400		25.520	LP = 18.01
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		37.390	46.020	36.890		24.390	
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	5.21	5.76	5.54	(3)-(4)	1.230	IP = 6.97
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	21.23	22.95	20.96	(4)-(2)	6.530	
7. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	24.54	20.096	26.431	(5)/(6)x100	18.009	



Limite Liquido Método un Punto

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 25.10

N: 24

LL: 24.97 %

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Formula	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]		27.790	26.710	26.390	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		352.91	290.17	324.32	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		337.33	273.65	308.55	
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	15.58	16.22	15.77	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	309.55	247.24	282.16	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	5.033	6.560	5.589	5.729

4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 - Diam < 3")	84.67%
Arena (No.200 - Diam = 75µ)	22.49%
Fines (Diam = No.200)	22.64%
Limite Líquido	24.97%
Limite Plástico	18.01%
Índice Plasticidad	6.97%
Contenido de Humedad	6.73%
Clasificación - SUCS	SM - SC
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)

OBSERVACIONES:

Las muestras y los datos fueron proporcionados por el solicitante.


POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL / CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP, JMRE, SANTA, ANCASH - 2019
UBICACIÓN DISTRITO DE CACERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA
FECHA SEPTIEMBRE DE 2019
LUGAR CALICATA C-01 (KM 0+000)
MUESTRA TERRENO NATURAL (PATRON)

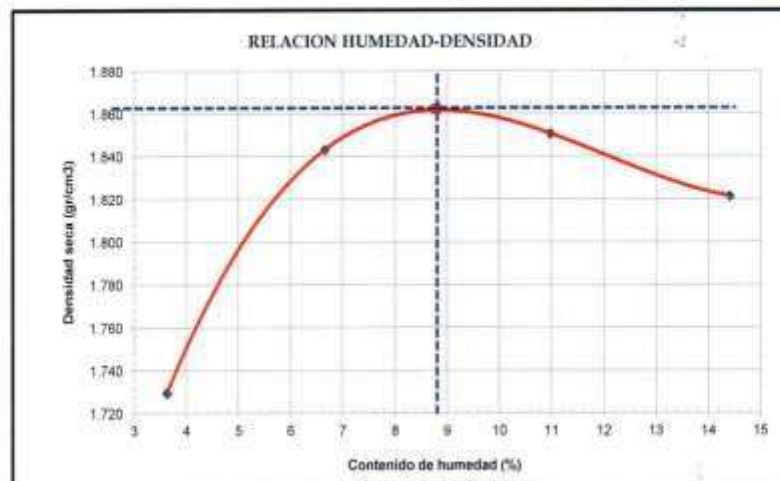
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	9705.00	10080.00	10270.00	10335.00
Peso molde	gr	5832.00	5832.00	5832.00	5832.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3873.00	4248.00	4438.00	4503.00
Volumen del molde	cm ³	2161.00	2161.00	2161.00	2161.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.79	1.97	2.05	2.08

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo + tara	gr	246.700	234.460	218.810	205.920	
Peso del suelo seco + tara	gr	239.040	221.600	199.890	183.400	
Peso de la Tara	gr	28.260	28.600	27.610	27.230	
Peso de agua	gr	7.660	12.860	18.920	22.520	
Peso del suelo seco	gr	210.780	193.000	172.280	156.170	
Porcentaje de Humedad	%	3.63	6.66	10.98	14.42	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.729	1.843	1.850	1.821	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.862
					Humedad óptima (%)	8.80



OBSERVACIONES:

Las muestras y los datos fueron proporcionados por el solicitante.

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO: ESTABLECIMIENTO MOLDE DE LA TERCERA CARRILERA Y VIERAS DE BAJOS DE MONTE PARAGUAYA Y
 CERRAN DE BRUNDA CALIPIÓN DE LA CARRETERA CANTERO A CORALP, JORGE, BARRA, ANCAÑO - Dpto
UBICACIÓN: DISTRITO DE CACERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - RESERVA ANCAÑO
SOLICITA: RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - AVILA VEGA PRINCELA MARIA
FECHA: 03/04/2019
LUGAR: CALIPIÓN C/01-00814991
MUESTRA: SUELO NATURAL (PATRON)

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamaño	N° 15 (75)			N° 40 (75)			N° 200 (75)		
	Medida	Densidad Máxima	Humedad Óptima	Medida	Densidad Máxima	Humedad Óptima	Medida	Densidad Máxima	Humedad Óptima
Peso %	46.97			31.88			19.88		
CL / IP	SC-5	13.41							
				Clasificación	SCUC =	BC			
							ASTM D 1557 =	4.2-4 (B)	
								1.88	8.83

Molde Nº	1		2		3	
	antes de mojar	después de mojar	antes de mojar	después de mojar	antes de mojar	después de mojar
Peso húmedo de la muestra (g)	18273	19488	12748	13308	11841	12839
Peso de molde (g)	6036	6036	6587	6587	6884	6884
Peso del suelo húmedo (g)	4337	4422	4158	4718	4047	4345
Volúmen del molde (cm³)	2123	2289	2133	2304	2138	2338
Densidad húmeda (g/cm³)	2.043	1.934	1.949	2.030	1.894	1.858
Recipiente (N°)	A	B1	A2	B1	B2	C1
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	213.88	189.41	186.03	189.29	231.76	187.87
Peso Recipiente + suelo seco	187.23	178.27	181.83	173.88	213.67	173.81
Peso Recipiente	28.08	28.29	27.49	27.84	27.41	28.46
Peso de agua (g)	15.93	21.14	14.00	22.23	18.83	24.25
Peso de suelo seco (g)	188.85	181.98	164.38	143.12	188.26	145.15
Densidad de humedad (%)	8.33	13.81	9.20	15.33	9.88	16.71
Densidad seca (g/cm³)	1.889	1.889	1.788	1.787	1.728	1.882

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.		Expansión		Lectura Extens.		Expansión		Lectura Extens.		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
		0:00	3.000	0.000	0.00	0.00	3.000	0.000	0.00	0.00	3.000	0.000	0.00	0.00
		24:00	18.000	0.483	4.1	22.000	0.558	4.8	24.000	0.613	5.2	26.000	0.613	7.0
		48:00	26.000	0.635	5.5	28.000	0.711	6.1	32.000	0.813	7.0	36.000	1.188	10.3
		72:00	38.000	0.982	8.3	41.000	1.041	8.6	46.000	1.488	10.3			

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración	Carga Estándar	Carga	MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
			CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR
mm	psd	Kg/cm²	Kg	kg	% CBR	Kg	kg	% CBR	Kg	kg	% CBR
8.890	0.200		0			0			0		
8.825	0.325		28.9			18.9			11.3		
1.275	0.550		58.7			37.9			22.5		
1.865	0.575		62.2			51.2			32.0		
2.840	0.700	78.888	106.0	140.0	11.0	74.5	95.8	7.6	37.8	25.4	2.6
3.175	0.725		134.1			133.2			44.3		
3.810	0.750		193.1			144.2			48.8		
4.445	0.775		230.4			188.3			53.8		
6.880	0.900	108.68	281.3	285.5	13.6	193.8	209.8	10.3	83.2	81.1	3.2
8.715	0.925		260.4			213.0			77.0		
8.890	0.950		314.8			347.2			84.7		
8.985	0.975		331.2			372.1			103.8		
7.820	0.900		345.8			388.5			106.8		
8.890	0.950		357.8			381.8			121.8		
10.168	0.400		372.5			392.2			138.8		
12.700	0.500		388.0			327.8			137.8		

OBSERVACIONES:
 Las muestras y los datos fueron proporcionados por el solicitante.

[Firma]
POL RAIN ABULAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAJOS DE MUSA PARADISIACA Y
CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP - IIMSE, SANTA, ANCASH - 2019

UBICACION: DISTRITO DE CACERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

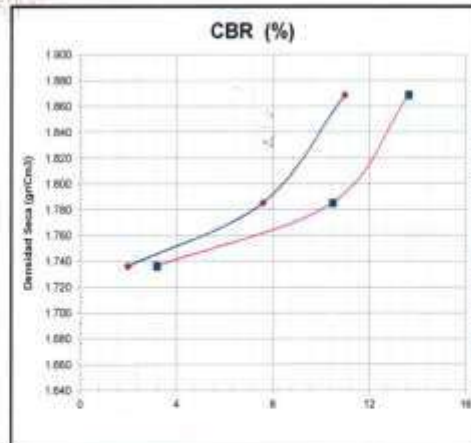
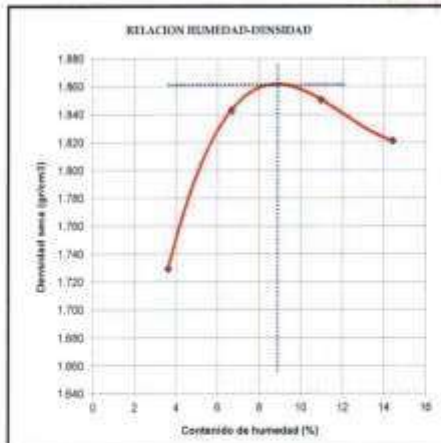
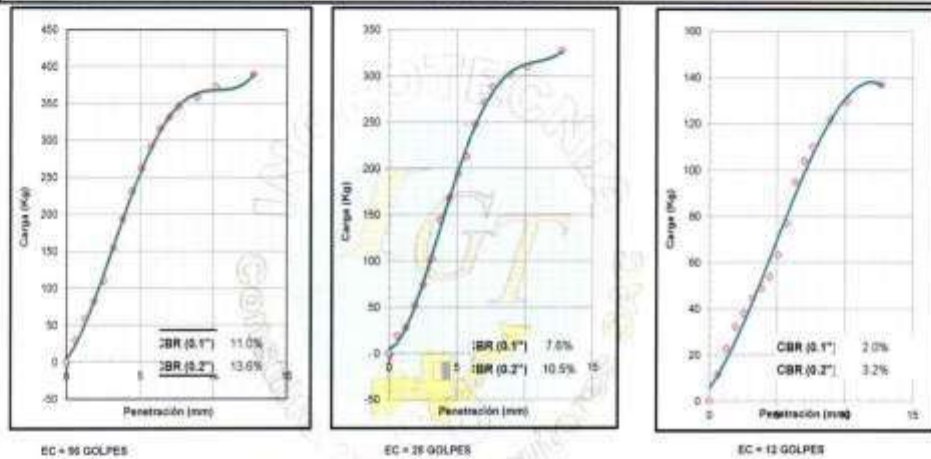
SOLICITA: RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLA VEGA PRISCILA MARIA

FECHA: SETIEMBRE DE 2019

LUGAR: CALICATA C-40 (DM-0-090)

MUESTRA: TERRENO NATURAL (PATRON)

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



CLASIFICACION (SUCS) = SC
CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (B)
METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.862
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 8.80

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	8.7	11.77	0.2	14.80
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8.7	6.76	0.2	9.54

OBSERVACIONES:
Las muestras y los datos fueron proporcionados por el solicitante.

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CEP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009

ANEXO N° 05

ANEXO N° 05.b

ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS – MUESTRA CON ADICIÓN



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TRONCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP, JIMBE, SANTA ANCAASH - 2019
UBICACIÓN	DISTRITO DE CACERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA	RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2019
LUGAR	CAJACATA C-01 (KM 0+000)
MUESTRA	TERRENO NATURAL (MEZCLADO CON 2.5% DE FIBRAS DE RAQUIS Y 2.5% DE CENIZAS DE EUCALIPTO)

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	7389.00	7591.00	7908.00	7818.00
Peso molde	gr	3378.00	3378.00	3378.00	3378.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4011.00	4213.00	4530.00	4440.00
Volumen del molde	cm ³	2146.94	2146.94	2146.94	2146.94
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.87	1.96	2.11	2.07

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	gr	114.700	121.820	137.490	125.900
Peso del suelo seco + tara	gr	111.980	115.810	146.390	115.590
Peso de la Tara	gr	19.250	15.800	27.390	25.970
Peso de agua	gr	2.720	6.010	11.100	10.310
Peso del suelo seco	gr	92.730	100.010	119.000	89.620
Porcentaje de Humedad	%	2.93	6.01	9.33	11.50
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.815	1.851	1.930	1.855
	Densidad máxima (gr/cm ³)				1.930
	Humedad óptima (%)				9.40



Pol Rain Aguilar Olguin
POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO: INSTALACIÓN DEL ROTO RIN DE LA TRONCAL ARRIBA EN LAS OBRAS DE REAJUSTE DE MESA PARADINAL A Y
UBICACIÓN: CERCAS DE HERRERA ALUMPIOS DE LOS CARRETEROS CANCHAS A COLLAJAP, DISTR. SANTA ANA, AZUAY - 2019
SOLICITA: ORDEN DE CALIDAD DEL PERO - INSPECCIÓN DEL SANA - BIELSON VINCARI
FECHA: 09/07/2019
LUGAR: COLLETA C/17 (S/19/19)
MUESTRA: (S/19/19) NATURAL (MUECADO) (1) (1) 2 PL. DE FERRAS DE RAJADA Y 2 PL. DE CERCAS DE HERRERA

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamaño	N° 18 (N)		N° 42 (N)		N° 200 (N)		ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
	Para %	10.00	21.00	18.00	Método	Densidad Máxima	Humedad Óptima		
L. + P.	40.0	10.00	Clasificación	3/UCS = BC	ASHTO = A-2.5	1.01	0.40		
Molde N°	1		2		3				
Altura Molde	17.0		17.7		17.70				
Densidad Molde	10.27		10.22		10.22				
Altura disco compactado	0.000		0.000		0.00				
Densidad disco compactado	10.00		10.00		10.00				
Capas N°	0		0		0				
Capas por capa N°	00		00		00				
Control de la muestra	antes de mojar		después de mojar		antes de mojar		después de mojar		antes de mojar
Peso formado de la muestra + molde (g)	8755	8528	8284	8014	8006	8208			
Peso de molde (g)	4708	4728	4572	4832	4680	4680			
Peso del suelo formado (g)	4047	3800	3712	3172	3326	3528			
Volumen del molde (cm³)	2114	2037	2163	2276	2120	2208			
Densidad húmeda (g/cm³)	1.918	1.863	1.715	1.396	1.569	1.597			
Recipiente (N°)	A	B	C	D	E	H			
Peso del Recipiente + suelo formado (g)	128.27	218.73	198.28	247.38	163.18	188.30			
Peso Recipiente + suelo seco	128.73	211.28	198.27	213.84	162.84	184.27			
Peso Suelo seco	28.78	28.82	27.28	27.21	27.28	26.48			
Peso de agua (g)	8.55	37.90	16.85	33.80	19.81	40.08			
Peso de suelo seco (g)	103.84	105.29	121.91	108.27	125.34	213.74			
Coeficiente de humedad (%)	8.23	34.84	13.87	30.36	15.75	18.75			
Densidad seca (g/cm³)	1.001	1.001	1.007	1.042	1.185	1.044			

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansión		Lectura Extens.	Expansión		Lectura Extens.	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		3	1.000	0.000	0.0	2.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
		24	9.000	0.200	1.9	14.000	0.200	2.0	16.000	0.400	2.5
		39	19.000	0.457	4.3	22.000	0.500	4.3	25.000	0.600	3.3
		48	21.000	0.508	4.4	26.000	0.600	5.2	30.000	0.700	3.3

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración	Carga	Estandar	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR
mm	(kg)	(kg/cm²)	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.010	0.020		25.7			25.4			18.8		
1.270	0.050		51.3			41.4			27.7		
1.800	0.075		61.4			62.0			36.2		
2.540	0.100	79.488	143.3	-132.0	11.2	89.0	83.8	6.2	43.7	54.1	4.0
3.175	0.125		195.9			112.6			66.0		
3.810	0.150		248.9			138.9			82.2		
4.445	0.175		304.1			142.1			109.2		
5.080	0.200	185.08	357.3	348.1	17.0	158.8	162.0	7.8	121.5	121.8	6.0
5.715	0.225		409.2			168.2			148.2		
6.350	0.250		456.0			198.2			161.8		
6.985	0.275		498.0			215.3			175.2		
7.620	0.300		522.0			236.3			191.2		
8.255	0.325		564.0			267.9			203.5		
10.160	0.400		685.5			294.2			213.0		
12.700	0.500		837.5			324.0			229.9		

[Firma]
POL RAIN ABULAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

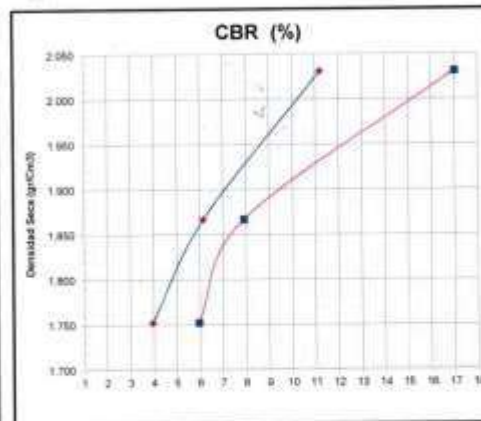
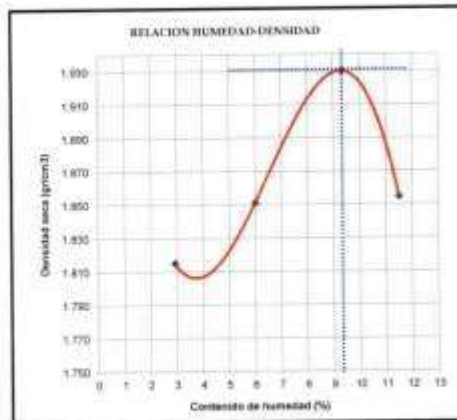
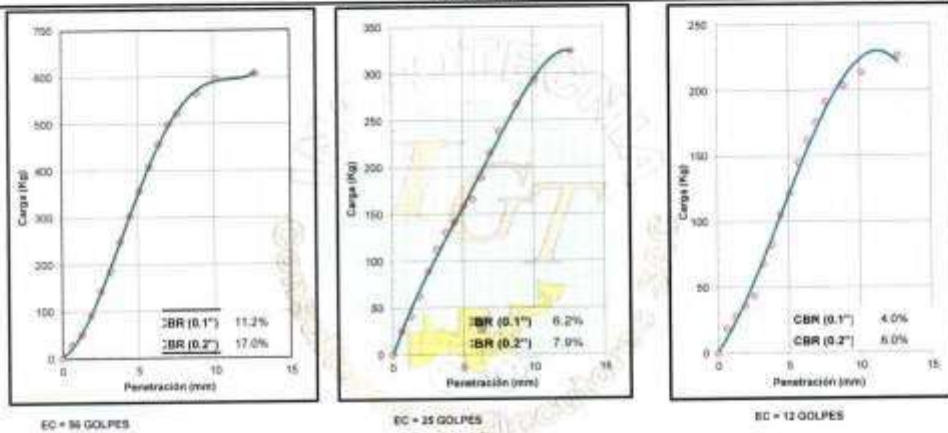
Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAJOS DE MESA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CAMBIOS CAMBIAS A COLCAP - HWB. SANTA, ANCASH - 2019
UBICACIÓN	DISTRITO DE CACERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCAH
SOLICITA	RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2019
LEGAR	CALCATA C-01 (KM 0+000)
MUESTRA	TIERRE NATURAL (MEZCLADO CON 2.5% DE FIBRAS DE RAJOS Y 2.5% DE CENIZAS DE EUCALPTO)

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



CLASIFICACION (SUCS)	=	SC
CLASIFICACION (AASHTO)	=	A-2-4
METODO DE COMPACTACION	=	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	=	1.930
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	=	9.40

C.B.R. AL 10% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.03	0.2"	13.33
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	7.41	0.2"	9.96

POL RAIN ABULAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 51029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP - JIMBE, SANTA ANCA, ANCASH - 2019
UBICACIÓN : DISTRITO DE CACERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA : RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA
FECHA : SEPTIEMBRE DE 2019
LUGAR : CALICATA C-01 (KM 0-000)
MUESTRA : TERRENO NATURAL (MEZCLADO CON 5% DE FIBRAS DE RAQUIS Y 5% DE CENIZAS DE EUCALIPTO)

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	10926.00	11293.00	12001.00	11415.00
Peso molde	gr	4870.00	4870.00	4870.00	4870.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	6056.00	6423.00	7131.00	6545.00
Volumen del molde	cm ³	3207.25	3207.25	3207.25	3207.25
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.89	2.00	2.22	2.04

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	gr	214.360	195.030	221.420	200.910
Peso del suelo seco + tara	gr	206.020	183.050	201.920	180.150
Peso de la Tara	gr	27.420	27.990	27.550	26.420
Peso de agua	gr	8.340	11.980	19.500	20.760
Peso del suelo seco	gr	178.600	155.060	174.370	153.730
Porcentaje de Humedad	%	4.67	7.73	11.18	13.50
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.804	1.859	2.000	1.798
		Densidad máxima (gr/cm ³)			2.000
		Humedad óptima (%)			10.90



POL RAIN REGULAR OLGUIN
 ING. CIVIL / CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad.

PROYECTO: INSTALACIÓN DEL BOQUEÓN LA TIBURTA ARRIBA DEL CUMPLEAÑOS DE LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE
DIRECCIÓN: SERVICIO DE INGENIERÍA DE PUERTOS DE LAS CASERAS CANTAS A LA OLA - PUERTO SANTA ANA (M) - 2011
UBICACIÓN: DISTRITO DE LACAYTO DEL PUEBLO PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANA (M)
FECHA: 05 DE ABRIL DE 2011
LUGAR: CALA YOLA (M) - 2011
MOLESTA: TERCERA NACIONAL (M) - 2011 CON TUBERÍAS DE BAJA DE Y PUERTO CERRADO DE CALAYTO.

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamaño	N° 10 (75)		N° 40 (1.0)		N° 200 (5)		ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
	Pass %	LL + P	Clasificación	SUCS +	BC	Método	Densidad Máxima	Humedad Óptima	
	99.4	5.03	Clasificación	SUCS +	BC	ASTM D 1556 - A-24	2.00	15.82	
Muestra N°			1			2		3	
Altura Muestra			17.8			17.7		17.70	
Densidad Muestra			15.225			15.3		15.2	
Altura Muestra Expandida			8.250			8.88		8.655	
Densidad Muestra Expandida			14.87			15.03		14.94	
Capas N°			5			5		5	
Grupos por capa N°			18			25		12	
Características de la muestra									
	antes de ensayar		después de ensayar		antes de ensayar		después de ensayar		
Peso (incluido de la probeta + molde) (g)	8798		8884		8450		8527		8578
Peso de molde (g)	4784		4784		4638		4636		4688
Peso del suelo húmedo (g)	4014		4100		3812		3891		4000
Volumen del molde (cm³)	2100		2213		2158		2200		2208
Densidad húmeda (g/cm³)	2.238		2.188		2.140		2.152		1.978
Humectación (%)	41		42		43		44		45
Peso del recipiente + suelo húmedo (g)	352.88		338.45		318.15		326.71		312.75
Peso del recipiente + suelo seco	321.43		305.30		288.17		295.62		282.32
Peso del suelo	37.45		33.15		30.98		31.09		30.43
Peso de agua (g)	21.28		21.07		17.98		16.88		17.12
Peso de suelo seco (g)	294.14		279.32		260.19		278.74		265.63
Contenido de humedad (%)	16.41		11.77		10.57		14.72		16.58
Densidad seca (g/cm³)	2.025		1.941		1.936		1.882		1.788

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansión		Lectura Extens.	Expansión		Lectura Extens.	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	1.065	0.065	3.8	2.885	0.890	3.2	3.800	0.060	0.8
		24	18.900	0.430	3.7	20.085	0.457	3.8	22.900	0.184	3.8
		48	20.900	0.483	4.2	22.000	0.588	4.3	22.900	0.690	3.8
		72	23.900	0.615	5.1	26.085	0.680	3.6	31.900	0.197	4.8

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DE LA CELDA DE CARGA

Presión (kg/cm²)	Carga Escalar (kg/cm²)	kg/cm²	MOLE N° 01			MOLE N° 02			MOLE N° 03		
			CARGA (kg)	CORRECCION (kg)	% CBR	CARGA (kg)	CORRECCION (kg)	% CBR	CARGA (kg)	CORRECCION (kg)	% CBR
0.068	0.200		0			0			0		
0.825	0.825		40.1			43.8			18.7		
1.275	0.950		108.2			89.8			23.4		
1.965	0.875		186.5			165.8			44.8		
2.548	0.100	70.468	289.2	311.1	22.8	270.8	194.1	14.2	52.8	51.0	3.8
2.175	0.125		387.8			290.3			82.2		
3.815	0.150		488.1			315.1			88.0		
4.888	0.175		585.5			388.8			71.8		
6.088	0.200	708.88	658.2	639.4	21.3	472.8	344.8	16.8	74.8	77.7	3.8
8.718	0.225		735.4			450.0			80.3		
9.288	0.250		791.8			388.3			83.3		
9.968	0.275		868.2			453.0			88.0		
7.828	0.300		913.2			447.8			81.2		
8.888	0.350		958.2			485.8			89.3		
18.188	0.400		1008.2			488.1			88.2		
12.758	0.500		1051.8			585.2			102.7		

POL RAINAGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL / CIP. N° 81025
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

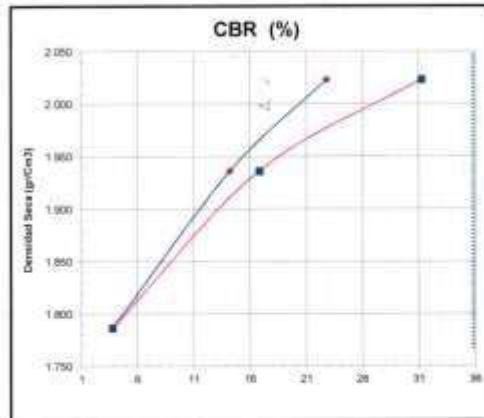
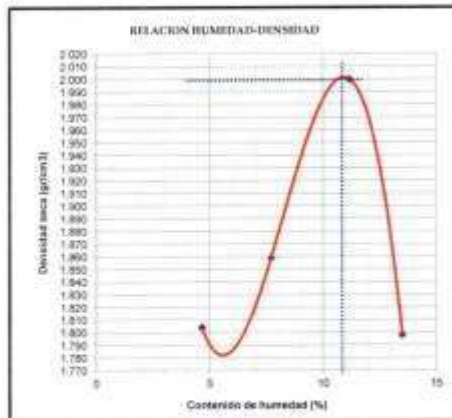
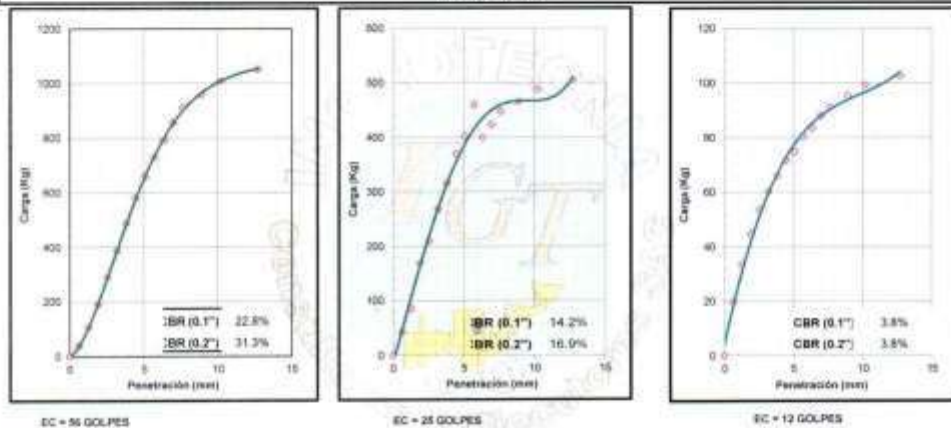
Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, visies, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAJOS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALYPTUS DE LOS CASEROS CANCHAS A COLCAP - DMBE SANTA ANCA91 - 2019
DIRECCIÓN: DISTRITO DE CACHES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCA91
SOLICITA: RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - ROYLY VEGA PRINCELA MARIA
FECHA: SEPTIEMBRE DE 2019
LEGAR: CALICATA C-01 (EM-0-000)
MUESTRIA: TERRENO NATURAL MEZCLADO CON 7% DE FIBRA DE RAJOS Y 7% DE CENIZAS DE EUCALYPTO

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



CLASIFICACION (SUCS) = SC
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 2.000
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 10.00

C.B.R. AL 99% DE M.D.S. (%)	0.1''	20.79	0.2''	26.89
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1''	11.31	0.2''	11.20

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81025
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA YROCHA CARBOZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERÍOS CANCHAS A COLCAP, JIMBE, SANTA, ANCASH - 2019
UBICACIÓN: DISTRITO DE CALERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
SOLICITA: RODRIGUEZ LOPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE VEGA PRISCILA MARIA
FECHA: SETIEMBRE DE 2019
LUGAR: CALICATA C-01 (KM 0+000)
MUESTRA: TERRENO NATURAL (MEZCLADO CON 7.5% DE FIBRAS DE RAQUIS Y 7.5% DE CENIZAS DE EUCALIPTO)

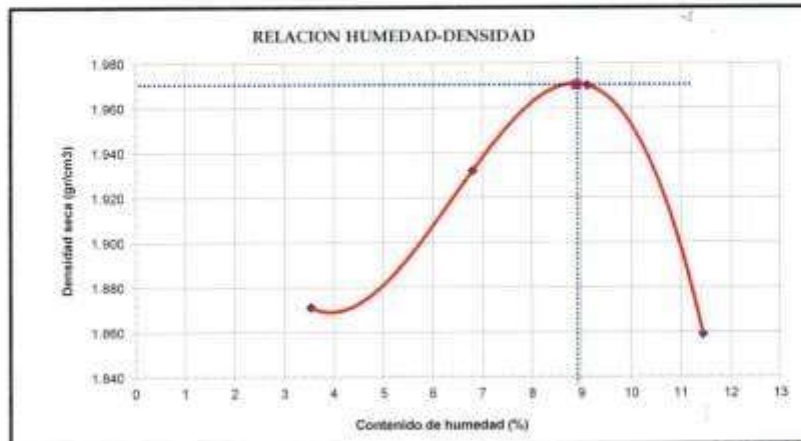
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	8982.00	9250.00	9433.00	9268.00
Peso molde	gr	4870.00	4870.00	4870.00	4870.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4112.00	4380.00	4563.00	4398.00
Volumen del molde	cm ³	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.94	2.06	2.15	2.07

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	235.67	272.04	283.87	227.72
Peso del suelo seco + tara	gr	206.72	244.55	255.41	201.06
Peso de la Tara	gr	28.95	27.49	28.46	26.66
Peso de agua	gr	7.07	15.59	21.35	20.66
Peso del suelo seco	gr	199.65	228.96	234.06	180.40
Porcentaje de Humedad	%	3.54	6.81	9.12	11.45
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.871	1.932	1.970	1.859
				Densidad máxima (gr/cm ³)	1.970
				Humedad óptima (%)	8.90



POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL / CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO: DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL MOLDE DE LA TROCHA CAMBIANDO LAS CERRAMIENTAS DE RAMBLERÍA PARA PASADIZO A Y
CANTON DE YAGAJAYAL EN LOS CANTONES GUAYAS A Y LA AP. 3000, SANTA TERESA - 2010
UBICACIÓN: CANTÓN DE YAGAJAYAL EN LOS CANTONES GUAYAS A Y LA AP. 3000, SANTA TERESA - 2010
OBJETO: RECONSTRUCCIÓN DEL PISO - PAVIMENTACIÓN DEL CANTÓN - BARRIO ANCORI
FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2014
LUGAR: CALLE TACA C-01 EN 00000
MOEDTA: TERMINO NACIONAL (DECLARADO CON 7 PULG DE CERRAMIENTAS DE RAMBLERÍA Y 7 PULG DE CERRAMIENTAS DE SU CILINDRO)

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tipo	N° 40 (%)		N° 60 (%)		N° 200 (%)		ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
	Pass %	U. C. - IP	Clasificación	SUCS =	SC	Método	Densidad Máxima	Humedad Óptima	
	45.87	19.81					ASTM - A-24.09	1.97	8.90
Molde N°	1		2		3				
Altura Molde	17.8		17.2		17.2				
Elevación Molde	15.220		15.1		15.2				
Altura disco - Estándar	8.800		7.96		8.600				
Diámetro disco compactador	14.87		15.07		14.84				
Carga N°	8		8		8				
Cargas por nivel N°	36		36		36				
Condición de la muestra	antes de mojar		después de mojar		antes de mojar		después de mojar		antes de mojar
Peso Humedo de la muestra - molde (g)	8506	8811	8288	8486	6118	8528			
Peso de molde (g)	4704	4724	4573	4830	4886	4888			
Peso del suelo húmedo (g)	4400	4687	4416	4356	4230	4640			
Volumen del molde (cm ³)	2102	2180	2184	2252	2113	2206			
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.094	2.150	2.025	1.937	2.000	2.062			
Recipiente (g)	41	42	43	44	46	46			
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	280.18	288.38	246.78	271.14	277.43	282.28			
Peso Recipiente + suelo seco	271.85	279.22	234.86	243.43	268.82	274.27			
Peso Recipiente	38.28	36.03	38.82	37.78	36.88	37.51			
Peso de agua (g)	14.89	16.74	13.90	20.22	18.81	22.26			
Peso de suelo seco (g)	277.96	272.58	250.96	214.20	254.73	259.81			
Coeficiente de humedad (%)	6.82	7.58	6.94	13.84	6.78	11.28			
Densidad seca (g/cm ³)	1.302	1.350	1.322	1.386	1.379	1.402			

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansión		Lectura Extens.	Expansión		Lectura Extens.	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	1.000	0.000	0.0	2.000	0.000	0.0	3.000	0.000	0.0
		24	16.991	0.381	3.3	16.000	0.398	3.0	26.000	0.426	5.5
		48	19.000	0.430	3.7	20.000	0.457	3.9	27.000	0.486	5.9
		72	20.000	0.480	4.2	22.000	0.508	4.9	31.000	0.787	8.0

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DE LA CELDA DE CARGA

Presión	Carga	Estándar	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR
mm	kgf	Kj/cm ²	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.025			51			45			35		
0.050			78			72			53		
0.075			144			127			81		
0.100		28.488	220	227.1	17.4	188	189.9	13.9	128	130.9	9.6
0.125			281			245			188		
0.150			370			290			198		
0.175			440			338			227		
0.200		188.88	530	484.2	23.7	378	375.5	18.4	271	285.5	13.2
0.225			584			402			296		
0.250			600			438			328		
0.275			649			500			320		
0.300			691			520			334		
0.350			727			572			417		
0.400			785			584			448		
0.500			795			678			480		

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

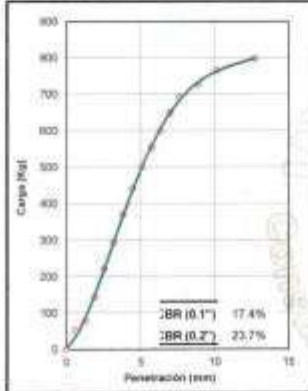
Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

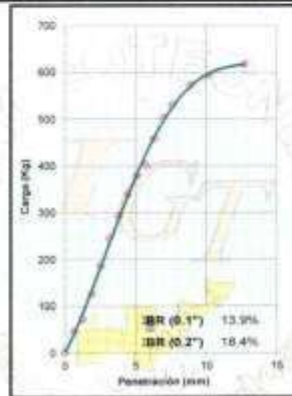
Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CORRIGIBLE CON FIBRAS DE RAÍZ DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS DE EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAY - JMBE, SANTA, ANCAOSH - 2019
UBICACIÓN: DISTRITO DE CACERES DEL PERU - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCAOSH
SOLICITA: RODRIGUEZ LIZPEZ CARLOS ALBERTO - HOYLE YEGA PRISCILA MARIA
FECHA: SETIEMBRE DE 2019
LEGAR: CALICATA C-01 (KM 0+000)
MUESTRA: TERRENO NATURAL (MEZCLADO CON 1.1% DE FIBRAS DE RAÍZ Y 7.1% DE CENIZAS DE EUCALIPTO)

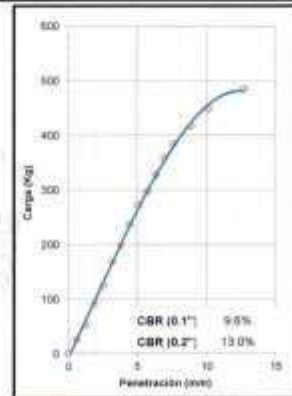
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



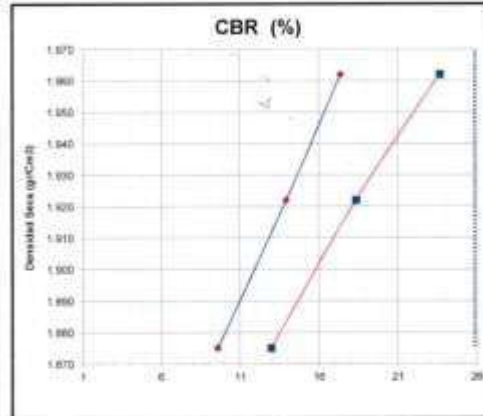
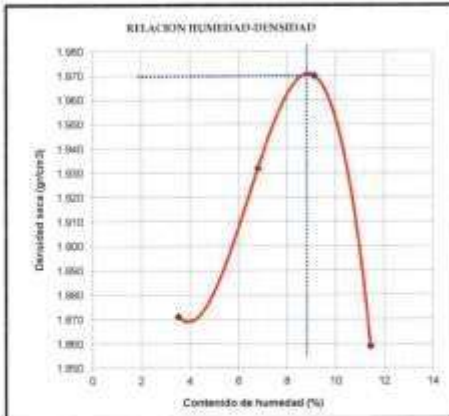
EC = 66 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CLASIFICACIÓN (SUCS) = SC
 CLASIFICACIÓN (AASHTO) = A-2-4 (B)
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557
 MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.975
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 9.50

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	33.96	0.2"	34.47
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	9.27	0.2"	13.09

POL RAIN AGUILAR OLGUIN
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029
 CONSULTOR - REG. C4009

ANEXO N° 06
CERTIFICADOS DE
CALIBRACIÓN

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 180 - 2019

Página 1 de 3

1. Expediente	190402	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.	
3. Dirección	Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Garderías, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH	
4. Equipo	PRENSA CBR	
Capacidad	5000 kgf	
Marca	TAMIEQUIPOS	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Modelo	TCP035	
Número de Serie	090	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	COLOMBIA	
Ubicación	LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
5. Indicador	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	LEXUS	
Número de Serie	NO INDICA	
División de Escala / Resolución	0,1 kgf	
6. Fecha de Calibración	2019-05-03	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-05-06



JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Tel.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
R.P.C.: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

*Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 180 - 2019**

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD
Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,1 °C	23,1 °C
Humedad Relativa	69 % HR	69 % HR

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	LEDI-PUCP INF-LE 030-198

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.



Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 180 - 2019

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

El equipo presenta ANILLO DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 10klb

Marca : LOADTRON

Modelo : LST-10K

N° de Serie : H397 18A

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Error de Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
	F ₁ (kgf)	F ₂ (kgf)	F ₃ (kgf)	F ₄ (kgf)		
10	500,0	497,7	498,4	499,6	0,29	0,24
20	1000,0	998,4	1000,2	999,8	0,05	0,24
30	1500,0	1501,8	1501,8	1502,5	-0,13	0,24
40	2000,0	2004,8	2006,8	2007,2	-0,31	0,24
50	2500,0	2506,4	2509,2	2509,8	-0,34	0,24
60	3000,0	3008,2	3010,3	3011,4	-0,33	0,24
70	3500,0	3509,6	3512,6	3512,9	-0,33	0,24
80	4000,0	4010,8	4011,4	4012,6	-0,29	0,24
90	4500,0	4511,7	4515,2	4516,9	-0,32	0,24
100	5000,0	5014,9	5016,2	5017,8	-0,32	0,24

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀)

0,00 %

**13. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 193 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

1. Expediente	190402	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.	
3. Dirección	Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH	
4. Instrumento de Medición	DIAL	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Alcance de indicación	0 pulg. a 1,00 pulg.	
División de Escala / Resolución	0,001 pulg.	
Marca	INSIZE	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	1540	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Tipo de indicación	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	: 2019-05-03	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
		Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
		El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-05-06


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Tel.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 193 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD
Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,1 °C	23,1 °C
Humedad Relativa	68 %	69 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
Patrones del INDECOPI-SNM Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado 0)	DM - INACAL LLA-C-091-2018
Patrones del INDECOPI-SNM Comparador mecánico de bloques		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 193 - 2019**Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de medición**ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)**

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (mil)
(mm)	(pulg.)		
2,500	0,0984	0,0989	0,5
5,000	0,1969	0,1971	0,3
7,500	0,2953	0,2953	0,0
10,000	0,3937	0,3938	0,1
12,500	0,4921	0,4924	0,3
15,000	0,5906	0,5906	0,0
17,500	0,6890	0,6891	0,1
20,000	0,7874	0,7878	0,4
22,500	0,8858	0,8862	0,4
25,000	0,9843	0,9848	0,5

Alcance del error de indicación (f_e) : 0,55 mils.Incertidumbre del error de indicación : $\pm 0,59$ mils para ($k=2$)**ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)**

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (mil)
(mm)	(pulg.)		
25,000	0,9843	0,9848	0,5
		0,9848	0,5
		0,9848	0,5
		0,9848	0,5
		0,9848	0,5

Error de Repetibilidad (f_w) : 0,00 milsIncertidumbre del error de indicación : $\pm 0,59$ mils para ($k=2$)Nota 1.- 1 mils es equivalente a 25,4 μm .**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 282 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 1 de 4

1. Expediente	190402	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.	
3. Dirección	Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	EB30	
Número de Serie	8030425306	
Capacidad mínima	20 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2019-05-03	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2019-05-06

Sello


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Tercera Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD
Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,2 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL LM-060-2018	PESAS(Clase de Exactitud: E2)	LM-448-2018
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-051-2018 / LM-443-2018,	PESAS(Clase de Exactitud: M1)	M-1327-2018
PESAS (Clase de exactitud F2)DM-INACAL LM-534-2018.		
PESAS (Clase de exactitud E2) DM-INACAL LM-437-2017	PESAS(Clase de Exactitud M1)	M-0813-2018
PESAS (Clase de exactitud M1) DM-INACAL PE18-C-0412	PESAS(Clase de Exactitud M2)	CM-2495-2018

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperature Inicial Final
23,2 °C 23,3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15 000 g			Carga L2 = 30 000 g			
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0	
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0	
3	14 999	0,4	-0,9	30 000	0,5	0,0	
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0	
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0	
6	14 999	0,4	-0,9	29 999	0,4	-0,9	
7	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0	
8	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1	
9	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0	
10	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0	
Diferencia Máxima			0,9	Diferencia Máxima			0,9
Error Máximo Permisible			± 20,0	Error Máximo Permisible			± 30,0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de
las cargas

Temperature Inicial Final
23,3 °C 23,3 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	10 g	10	0,5	0,0	10 000	10 000	0,5	0,0	0,0
2		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-0,9	-0,9
3		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0
4		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0
5		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-0,9	-0,9
Error máximo permisible									± 20,0

* Valor entre 0 y 10e

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	23,2 °C	23,2 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p.**(± g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E ₀ (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
10	10	0,5	0,0						
20	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	10,0
100	100	0,5	0,0	0,0	100	0,5	0,0	0,0	10,0
1 000	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	10,0
2 000	2 000	0,5	0,0	0,0	2 000	0,5	0,0	0,0	10,0
5 000	5 000	0,5	0,0	0,0	5 000	0,5	0,0	0,0	10,0
10 000	10 000	0,5	0,0	0,0	10 000	0,5	0,0	0,0	20,0
15 000	15 000	0,4	0,1	0,1	15 000	0,5	0,0	0,0	20,0
20 000	20 000	0,5	0,0	0,0	20 000	0,5	0,0	0,0	20,0
25 000	25 000	0,5	1,0	1,0	25 000	0,6	0,9	0,9	30,0
30 000	30 000	0,4	0,1	0,1	30 000	0,4	0,1	0,1	30,0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000106 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0,305 \text{ g}^2 + 0,00000000105 R^2)}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 283 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 1 de 4

1. Expediente	190402	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.	
3. Dirección	Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	4000 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	1,0 g	
Clase de exactitud	III	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	OHAUS	
Modelo	TAJ4001	
Número de Serie	7130150257	
Capacidad mínima	2,0 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2019-05-03	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-05-06


JUAN C. QUISPE MORALES*Metrología & Técnicas S.A.C.**Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú**Tel.: (511) 540-0642**Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282**RPC: 940037490**email: metrologia@metrologiatecnicas.com**ventas@metrologiatecnicas.com**calidad@metrologiatecnicas.com**WEB: www.metrologiatecnicas.com*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 283 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Tercera Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD
Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,2 °C
Humedad Relativa	67 %	67 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM- INACAL LM-060-2018	PESAS(Clase de Exactitud: E2)	LM-448-2018
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-051-2018 / LM-443-2018.	PESAS(Clase de Exactitud: M1)	M-1327-2018
PESAS (Clase de exactitud F2)DM- INACAL LM-534-2018.		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 283 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,1 °C

Medición N°	Carga L1 = 2 000,0 g			Carga L2 = 4 000,0 g			
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	2 000,0	0,1	0,0	3 999,8	0,0	-0,2	
2	2 000,0	0,1	0,0	4 000,0	0,1	0,0	
3	2 000,0	0,1	0,0	4 000,0	0,1	0,0	
4	2 000,0	0,1	0,0	3 999,7	0,0	-0,3	
5	2 000,0	0,1	0,0	3 999,9	0,0	-0,1	
6	1 999,9	0,0	-0,1	3 999,9	0,0	-0,1	
7	2 000,0	0,1	0,0	3 999,8	0,0	-0,2	
8	2 000,0	0,1	0,0	3 999,9	0,0	-0,1	
9	1 999,9	0,0	-0,1	3 999,9	0,0	-0,1	
10	2 000,0	0,1	0,0	3 999,9	0,0	-0,1	
Diferencia Máxima			0,1	Diferencia Máxima			0,3
Error Máximo Permissible			± 2,0	Error Máximo Permissible			± 3,0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de
las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	23,3 °C	23,3 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,0 g	1,0	0,1	0,0	1 300,0	1 299,9	0,0	-0,1	-0,1
2		1,0	0,1	0,0		1 299,9	0,0	-0,1	-0,1
3		1,0	0,1	0,0		1 300,0	0,1	0,0	0,0
4		1,0	0,1	0,0		1 299,9	0,0	-0,1	-0,1
5		1,0	0,1	0,0		1 299,8	0,0	-0,2	-0,2
Error máximo permisible								± 2,0	

* Valor entre 0 y 10e

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 283 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,2 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,0	1,0	0,1	0,0						
2,0	2,0	0,1	0,0	0,0	2,0	0,1	0,0	0,0	1,0
10,0	10,0	0,1	0,0	0,0	10,0	0,1	0,0	0,0	1,0
50,0	50,0	0,1	0,0	0,0	50,0	0,1	0,0	0,0	1,0
100,0	99,9	0,0	-0,1	-0,1	100,0	0,1	0,0	0,0	1,0
200,0	200,0	0,1	0,0	0,0	200,0	0,1	0,0	0,0	1,0
500,0	499,9	0,0	-0,1	-0,1	500,0	0,1	0,0	0,0	1,0
1 000,0	999,9	0,0	-0,1	-0,1	1 000,0	0,1	0,0	0,0	2,0
2 000,0	2 000,0	0,1	0,0	0,0	1 999,9	0,0	-0,1	-0,1	2,0
3 000,0	2 999,9	0,0	-0,1	-0,1	2 999,9	0,0	-0,1	-0,1	3,0
4 000,0	3 999,8	0,0	-0,2	-0,2	3 999,8	0,0	-0,2	-0,2	3,0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000337 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0,00955 \text{ g}^2 + 0,0000000073 \text{ R}^2)}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U 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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 284 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	190402	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.	
3. Dirección	Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	600 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,01 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	TAJ602	
Número de Serie	7128380343	
Capacidad mínima	0,2 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD	
5. Fecha de Calibración	2019-05-03	

Fecha de Emisión

2019-05-06

Jefe del Laboratorio de Metrología


 JUAN C. QUISPE MORALES


Metrología & Técnicas S.A.C.
 Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
 Telf.: (511) 540-0642
 Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
 RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
 WEB: www.metrologiatecnicas.com

*Área de Metrología**Laboratorio de Masas***CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 284 - 2019**

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE INGENIERIA DE CONTROL DE CALIDAD
Mz. K5 Lt. 16 Urb. Las Gardenias, Nuevo Chimbote - Santa - ANCASH

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,4 °C	23,6 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL LM-060-2018	PESAS(Clase de Exactitud: E2)	INACAL LM-448-2018

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 284 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	23,4 °C	23,4 °C

Medición N°	Carga L1 = 300,00 g			Carga L2 = 600,00 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	299,99	4	-9	599,99	4	-9
2	299,99	4	-9	600,00	5	0
3	299,99	4	-9	600,00	5	0
4	300,00	5	0	600,00	5	0
5	300,00	5	0	599,99	4	-9
6	299,99	4	-9	600,00	5	0
7	300,00	4	1	600,00	5	0
8	300,00	4	1	600,00	5	0
9	300,00	4	1	600,00	5	0
10	300,00	4	1	600,00	5	0
	Diferencia Máxima		-10	Diferencia Máxima		9
	Error Máximo Permissible		± 30	Error Máximo Permissible		± 30

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	23,5 °C	23,5 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	E ₀ (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)
1		0,10	5	0		199,98	2	-17	-17
2		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9
3	0,10 g	0,10	5	0	200,00	199,99	4	-9	-9
4		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9
5		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9
						Error máximo permisible			± 20

* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 284 - 2019

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	23,6 °C	23,6 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,20	0,20	5	0	0	0,20	5	0	0	10
1,00	1,00	5	0	0	1,00	5	0	0	10
10,00	10,00	5	0	0	10,00	5	0	0	10
50,00	50,00	5	0	0	50,00	5	0	0	10
100,00	100,00	5	0	0	100,00	5	0	0	20
200,00	199,99	4	-9	-9	200,00	5	0	0	20
300,00	299,98	3	-18	-18	299,99	4	-9	-9	30
400,00	399,99	4	-9	-9	400,00	5	0	0	30
500,00	499,98	3	-18	-18	499,99	4	-9	-9	30
600,00	599,98	3	-18	-18	599,98	3	-18	-18	30

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000347 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0,0000485 \text{ g}^2 + 0,0000000022 \text{ R}^2)}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U 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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

ANEXO N° 07

NORMATIVA



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	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,250
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

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	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075



- 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 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅝"	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 apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente; el 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 desintegren 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 pesa 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 pesan 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 lava 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 (Nº4):

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 (Nº4), 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 (Nº4). 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 empate 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.

MTC E 108

DETERMINACION 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 en 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 suelos 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 restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

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

- 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 el 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 ESPECIMEN 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 ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 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 intacta, 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 ESPECIMEN 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, el 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, frotacho ó 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 apilar 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 encuentra 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 ollas) 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 6.3.3 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 CALCULOS

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

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$
$$W = \frac{M_{CW} - M_C}{M_C - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M_{CW} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M_C = 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

7.3 INFORME

- 7.3.1 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.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 Repetibilidad: El coeficiente de variación de un operador simple se encontró en 2,7 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente por el mismo operador con el mismo equipo, no deberían ser considerados con sospecha si difieren en menos del 7,8 % de su media.
- 8.2 Reproducibilidad: El coeficiente de variación multilaboratorio se encontró en 5,0 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por diferentes operadores usando equipos diferentes no deberán ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14,0 % de su media.

MTC E 110

DETERMINACION 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. Arbitrariamente 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 caídas 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 conjunto, 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 2µm 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 Acanalador. 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 separada, 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 controlado 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 $425 \mu\text{m}$ (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.

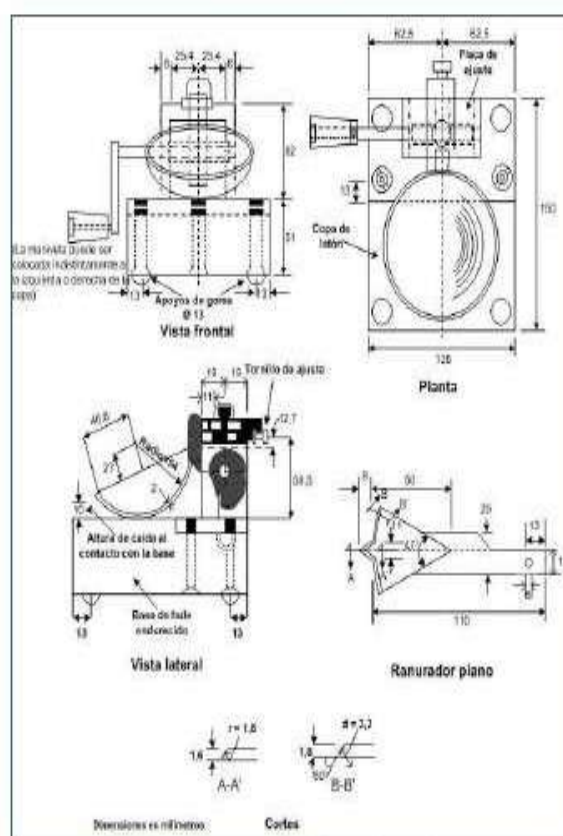


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, 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 acanalador 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 acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador 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 a 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 sigue deslizando 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 al 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 acanalador 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 6.6 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^n , 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 CALCULOS

(Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad, W^n , 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:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

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



Tabla A -1

N (Numero 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 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

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 DISPERSION

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

DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE 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 D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con 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 426 µm (Nº 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 426 µm (Nº 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 aplastarla. 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 desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento 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 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 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

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 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

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

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

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



8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

8.2 DISPERSION

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



MTC E 115

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

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 pisón 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/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

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 METODO "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 METODO "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 4718.

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/pe³ no se debe considerar como sí 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 o 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_o) y el Peso Unitario Seco máximo (γ_{dmax}) 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_o) ó al óptimo (w_c) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo (γ_{dmax}). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_c), y el Peso Unitario Seco (γ_{dmax}) 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 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).

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 $16,7\text{ mm}/\text{m}$ ($0,200\text{ pulg}/\text{pie}$) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos 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 $116,4 \pm 0,5\text{ mm}$ ($4,584 \pm 0,018\text{ pulg}$) 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 $152,4 \pm 0,7\text{ mm}$ ($6,000 \pm 0,026\text{ pulg}$) de diámetro interior, una altura de: $116,4 \pm 0,5\text{ mm}$ ($4,584 \pm 0,018\text{ pulg}$) 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 $457,2 \pm 1,6\text{ mm}$ ($18 \pm 0,05\text{ pulg}$) 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 ajuste 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 $0,2248\text{ libras-masa}$ 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 $19,0 \pm 1,6\text{ mm}$



($\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$ 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 0,5mm (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 GP5 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 \pm 5 °C a través de la cámara de secado.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Regla.- Una regla recta metálica, 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 arrastre 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 las cuales la información que se desea.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACION 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. Ensamblar 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 Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
 - b) Moldes.- 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.

6.2 PREPARACION 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 METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)

- 6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pésela 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 Prepare 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 el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee 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 friable. 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 (Nº4); 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 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen 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 recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú 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 humedecen 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 pisón, 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 relación 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 dibuje 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/pe³) 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. Teóricamente, 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:

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

Donde:

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

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

Donde:

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

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lb/ft}^2 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^2$$

Donde:

- γ_d = 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:

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

Donde:

- W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- γ_w = Peso unitario del agua $9,807 \text{kN/m}^3$ ó $(62,43 \text{ lb/ft}^2)$.
- γ_d = 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 $0,5 \text{ lbf/pie}^2$.
- 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 2488, 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 Ploteo de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y 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):

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (A.1.a)$$

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

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
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
½	12,70
2 ½	63,50
2 ¾	66,70
4	101,60
4 ½	114,30
4,584	116,43
4 ¾	120,60
6	152,4
6 ½	165,10
6 ¾	168,30
6 ¾	171,40
8 ¼	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

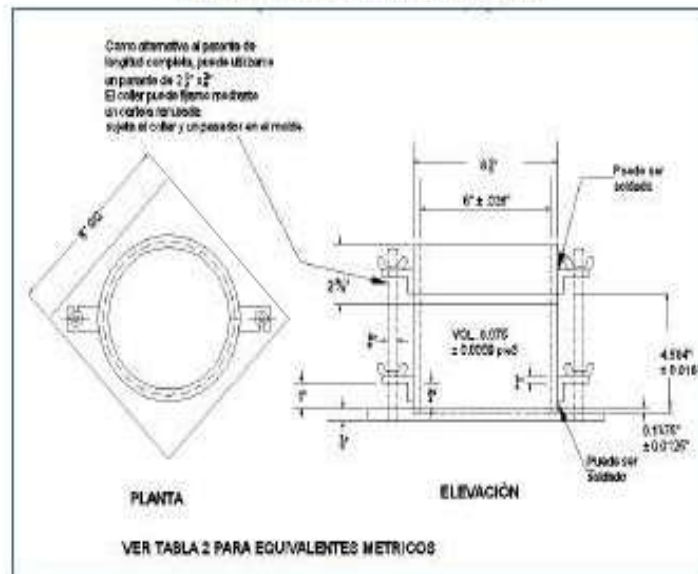


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

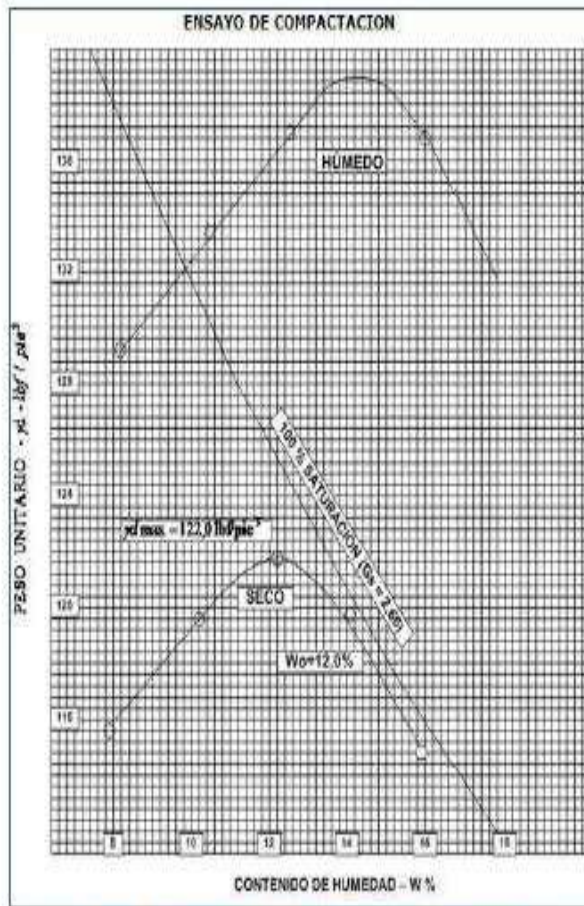


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación



MTC E 132

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 1883: 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 1,6 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 ± 0,127 mm (2,416 ± 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).

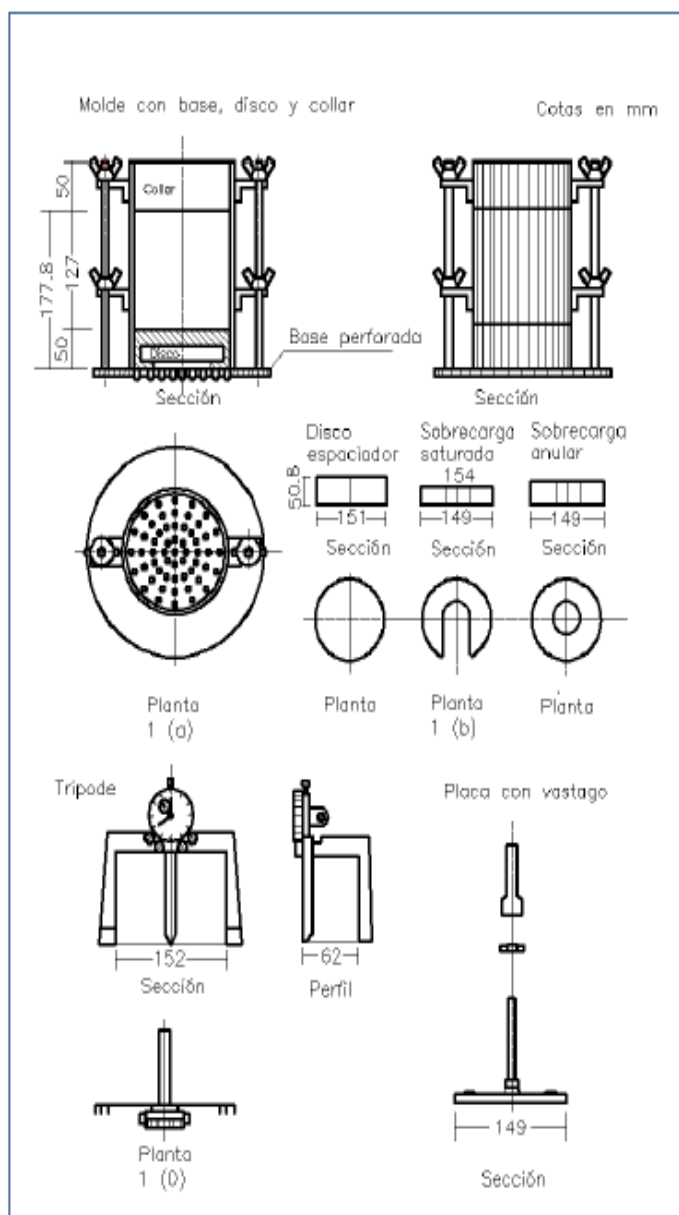


Figura 1.

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 1,6 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 $49,63 \pm 0,13$ 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 6,4, 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, mezclador, 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 removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de ¾ 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 desfavorable) 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 rellenará 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 vástago 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 2c).

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.

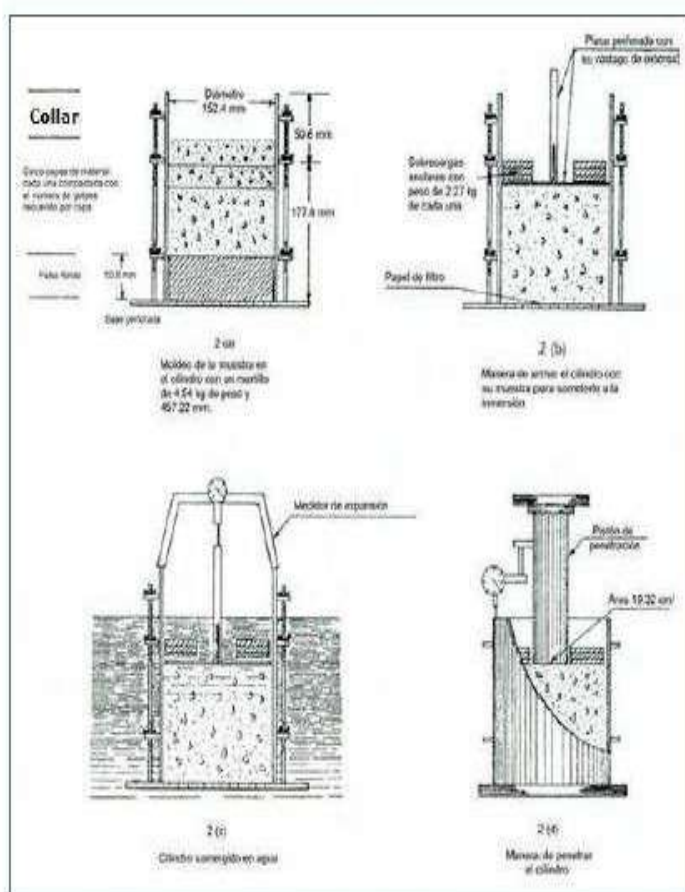


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 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. Llévase 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 0,80 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 MTC 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 parafinan 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 o 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

L₁ = Lectura inicial en mm.

L₂ = 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	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

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 (1000lb/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.

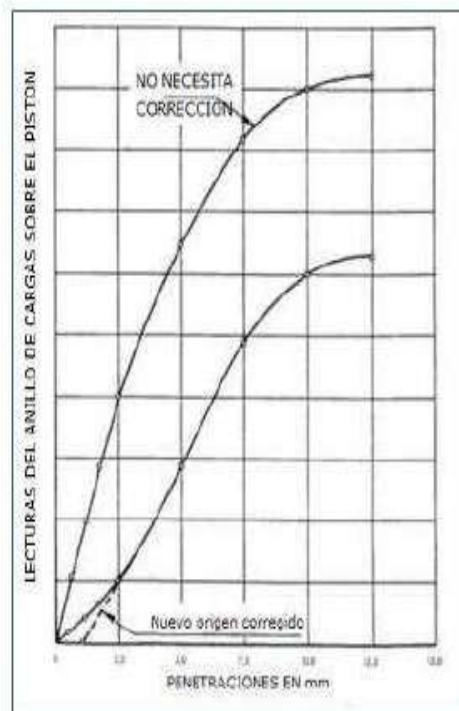


Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR

7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTON

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.).

ANEXO N° 08
PANEL FOTOGRAFÍCO

Imagen N° 1



Imagen N° 2



Exploración de los tipos de plantas que crecen en la zona de estudio en las imágenes N° 1 y 2

Imagen N° 3



Elaboración de calicata N° 1

Imagen N° 4



Elaboración de calicata N° 2

Imagen N° 5



Elaboración de calicata N° 3

Imagen N° 6



Elaboración de calicata N° 4

Imagen N° 7



Imagen N° 8



Recolección de hojas de eucalipto en las imágenes N° 7 y 8

Imagen N° 9



Recolección del raquis de musa paradisiaca en la imagen N° 9

Imagen N° 10



Medición de las separaciones de las progresivas

Imagen N° 11



Imagen N° 12



Colocación de las progresivas en las imágenes N° 11 y 12

Imagen N° 13



Análisis granulométrico de suelo

Imagen N° 14



Tamizado de la muestra para los límites de Atterberg

Imagen N° 15



Imagen N° 16



Elaboración de la muestra de los límites de Atterberg (límite líquido y plástico) en imágenes N° 15 y 16

Imagen N° 17



Preparación de la arena para elaborar el CBR y Proctor modificado

Imagen N° 18



Preparación de la arena para el Proctor modificado

Imagen N° 19



Elaboración del Proctor modificado patrón

Imagen N° 25



Elaboración del Proctor modificado más la adición de 5%, 10% y 15% de fibras y cenizas

Imagen N° 26



Imagen N° 27



Adición a de las fibras y cenizas a la muestra para el CBR al 5%, 10% y 15% en las imágenes N° 27 y 28

Imagen N° 28



Imagen N° 29



Elaboración del CBR más la adición de 5%, 10% y 15% de fibras y cenizas y saturación en agua de los moldes del CBR

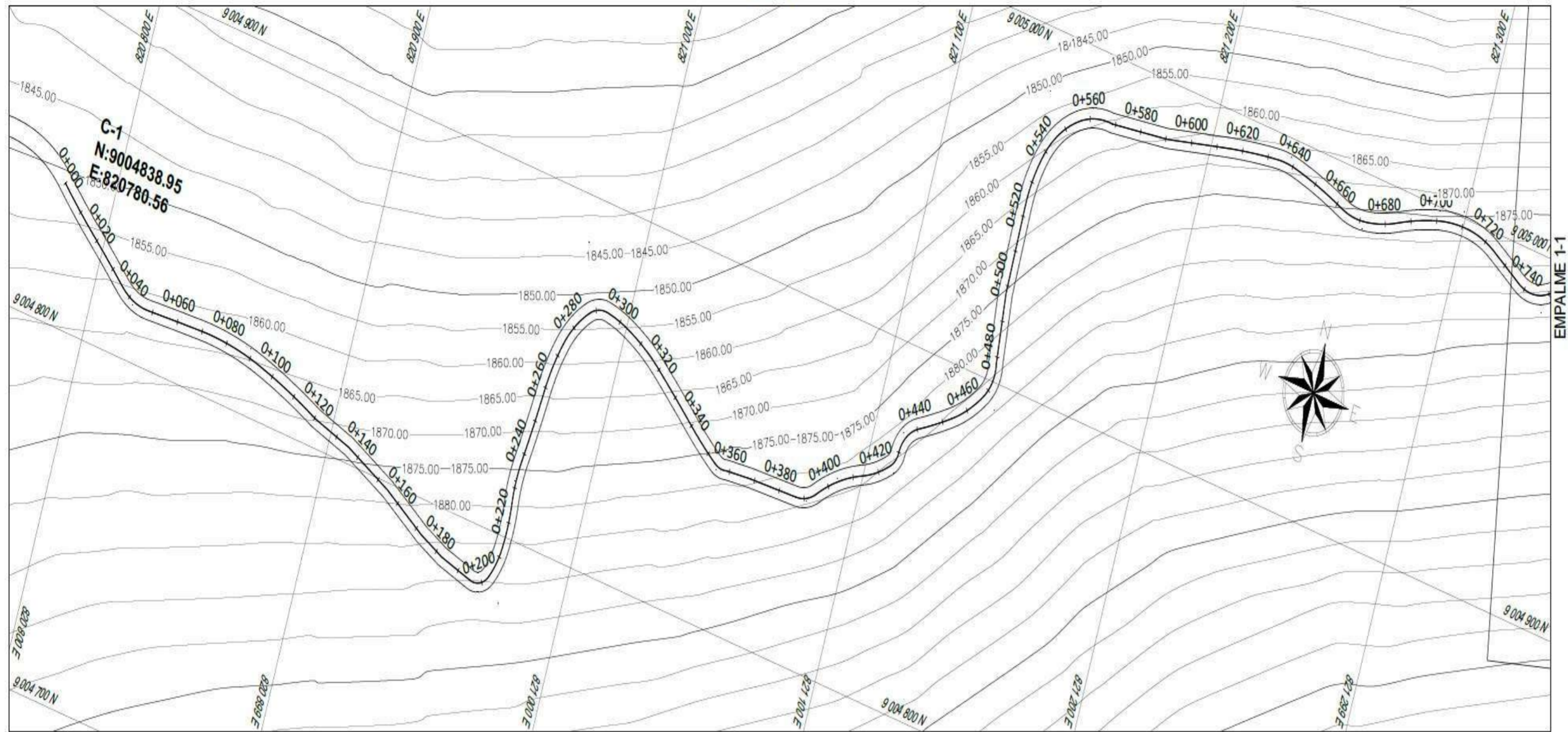
Imagen N° 30



Lectura del CBR más la adición de 5%, 10% y 15% de fibras y cenizas

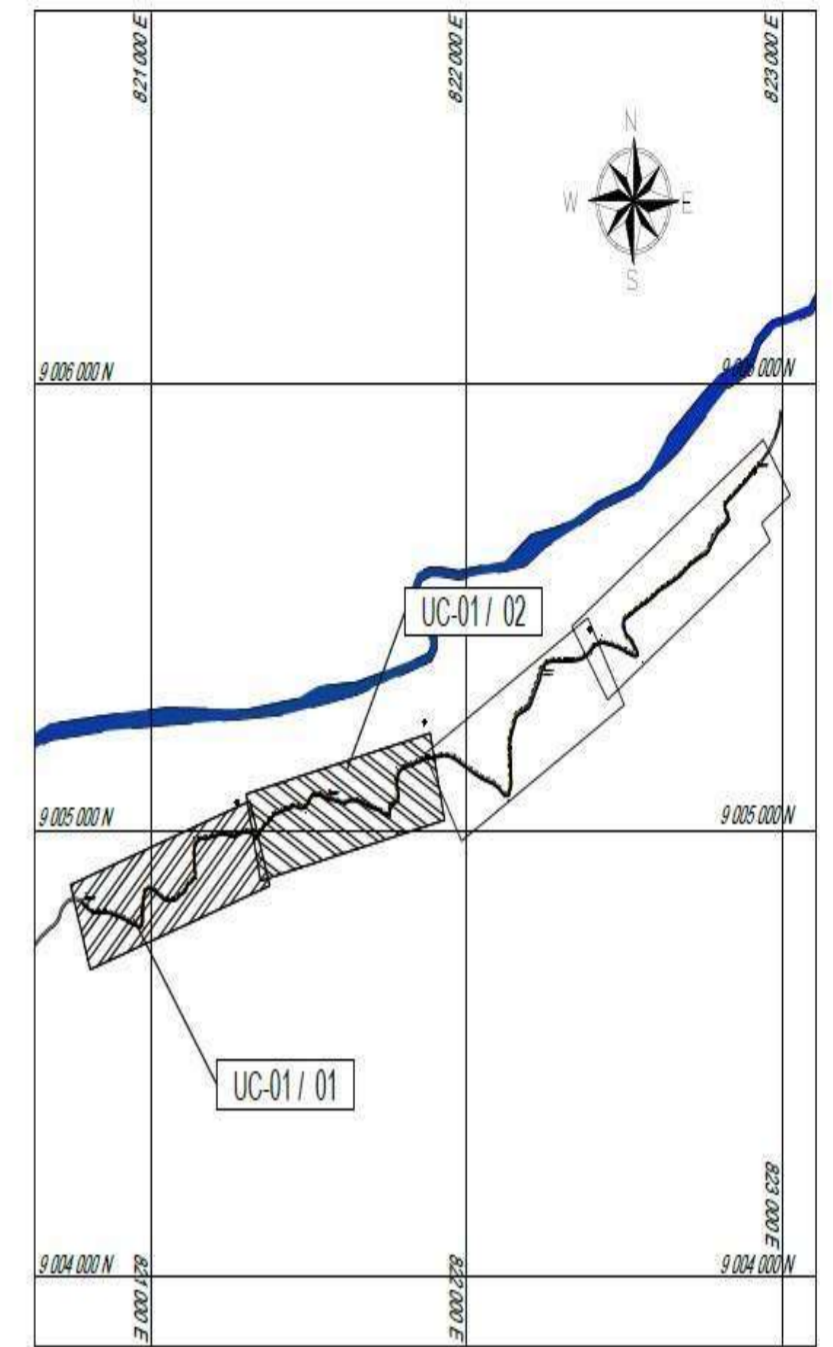
ANEXO N° 09
PLANOS

UC-01/01



PLANO PLANTA

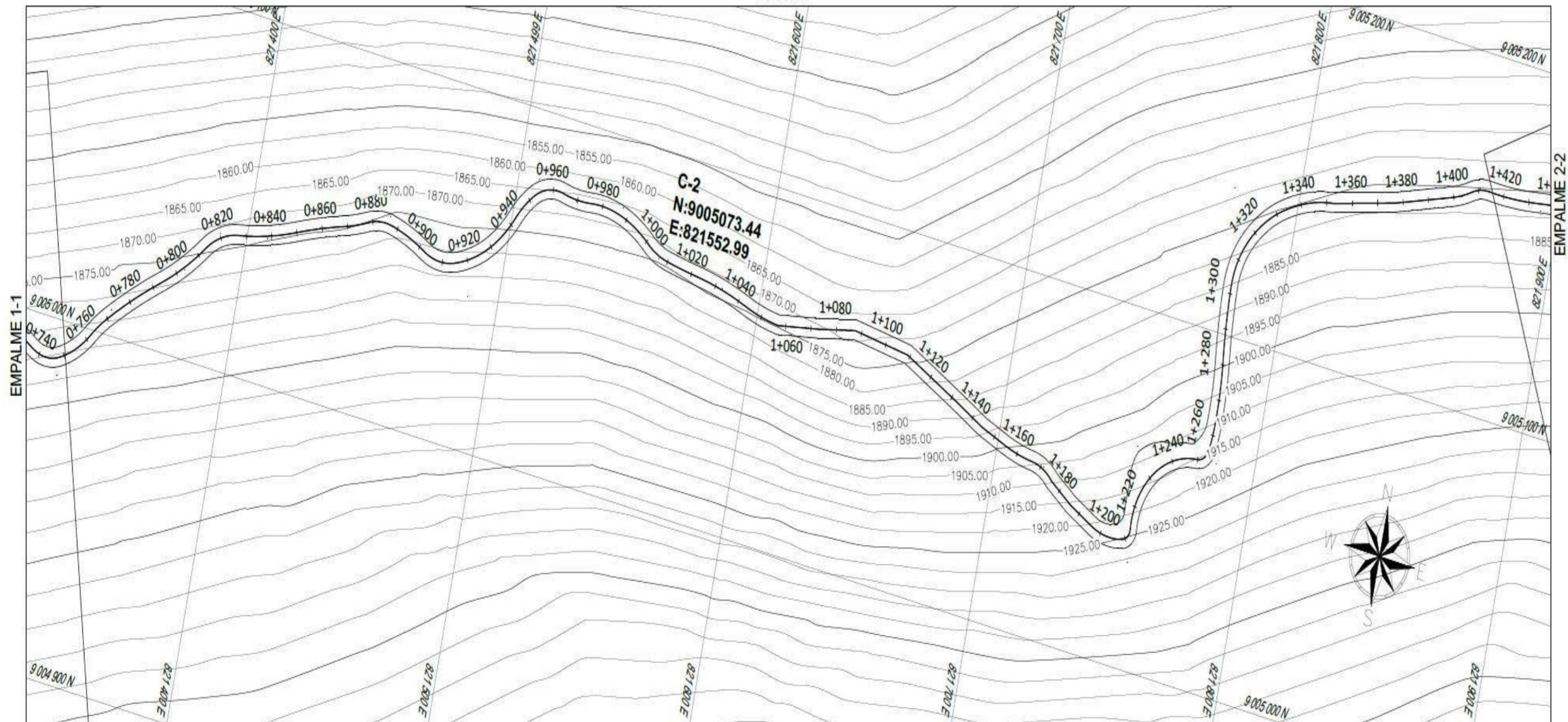
ESC 1:100



PLANO UBICACION

ESC 1:1000

UC-01/02



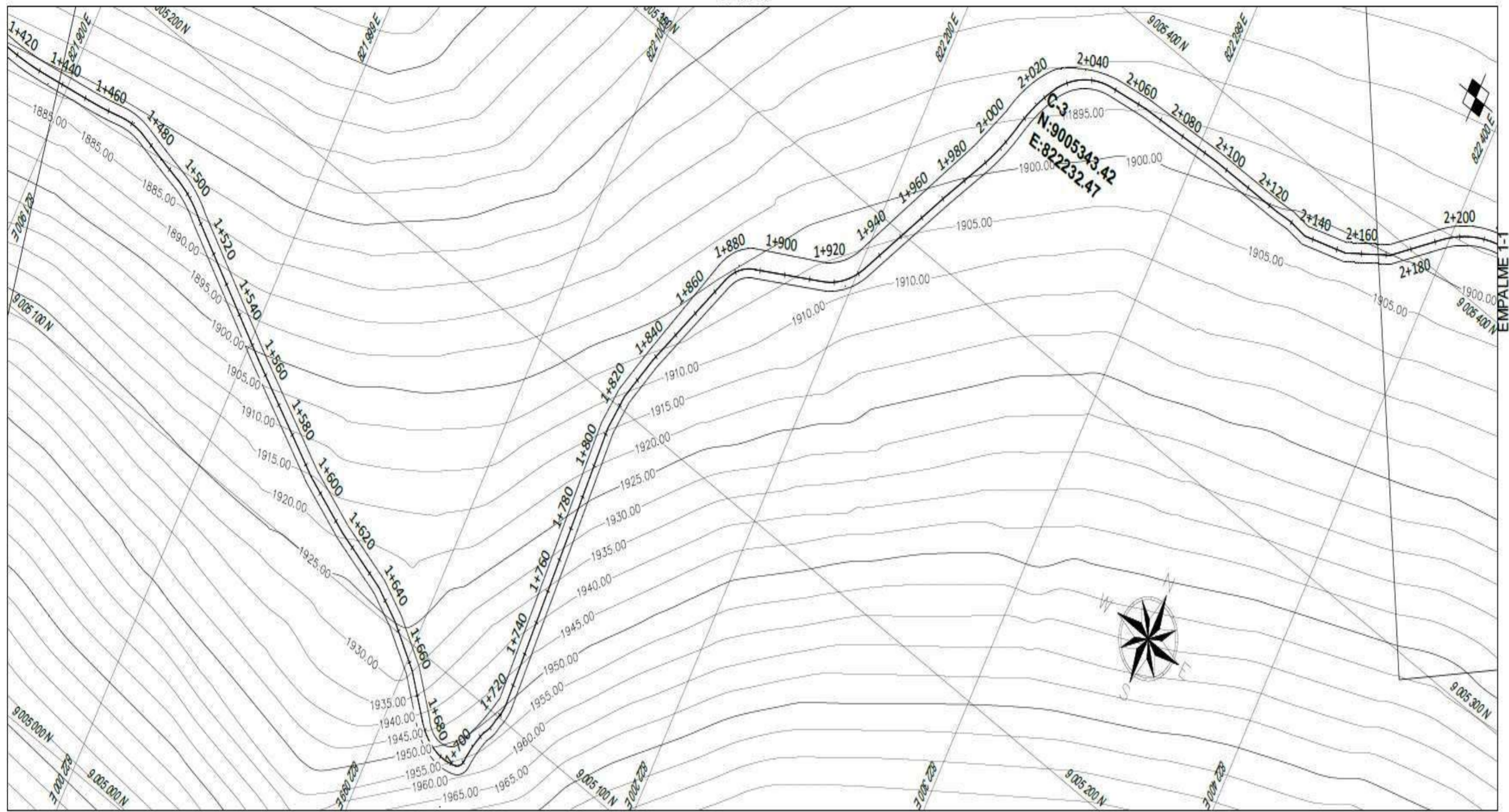
PLANO PLANTA

ESC 1:100

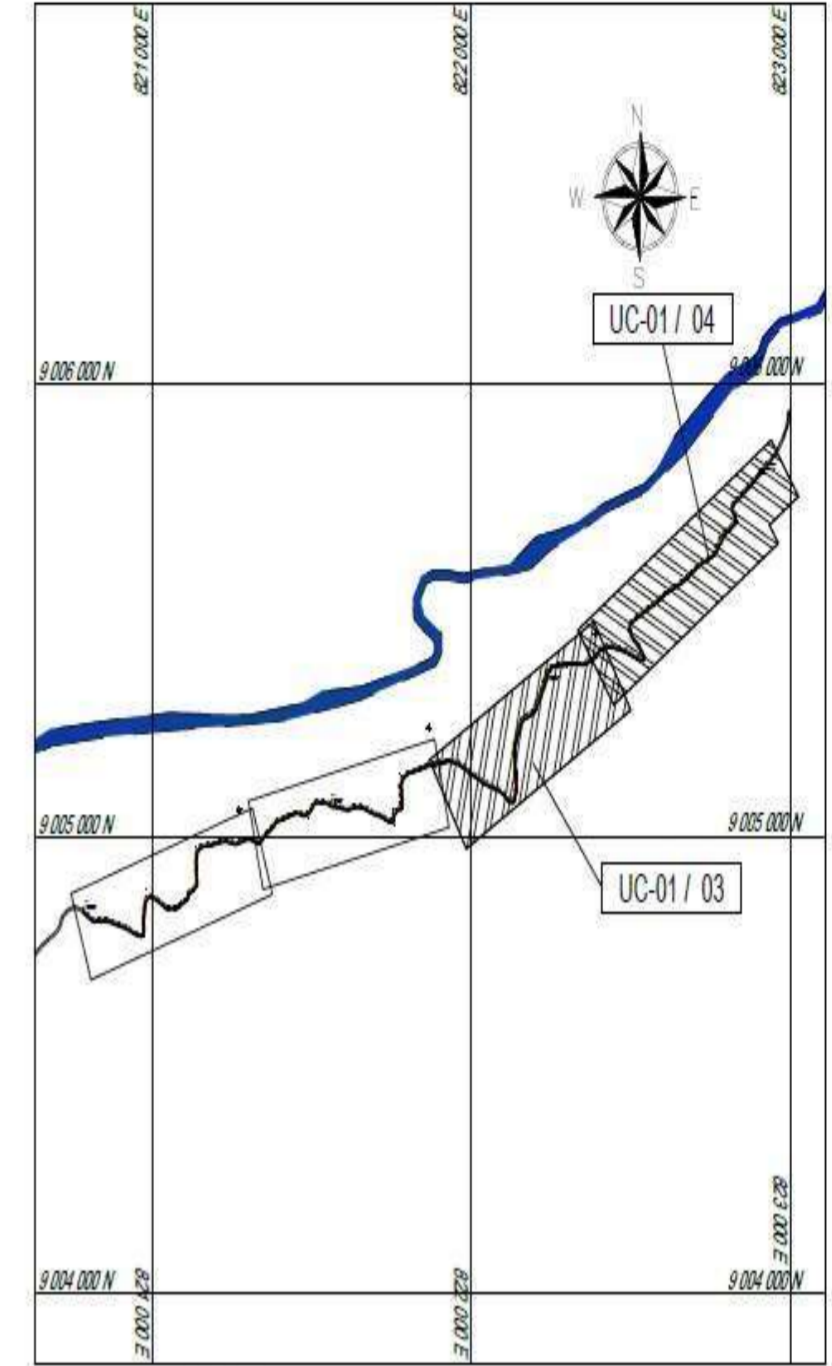
CUADRO DE CORDENADAS DE CALICATAS				
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
01	9004838.95	820780.56	1851.01	C-1
02	9005073.44	821552.99	1871.28	C-2
03	9005343.42	822232.47	1897.08	C-3
04	9005807.30	822911.10	1942.54	C-4

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TROCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALYPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP - JIMBE SANTA, ANCASH - 2019"			
PLANO: TOPOGRAFICO - PLANTA Y PERFIL Prog. 0+000 a 1+420			
AUTOR: Hoyle Vega, Priscila Maria Rodriguez Lopez, Carlos Alberto		DPTO: ANCASH PROV: SANTA	
ASESOR: Mgr. Jenisse Del Rocio Ferrandiz Manilla		DPTO: CACERES DEL PERU	
DISEÑO: OFICINA @mancash@gmail.com		ESCALA: INDICADA FECHA: Setiembre - 2019	
		CURSO: TESIS II	
			LAMINA : 1 de 2 UC-01

UC-01/03

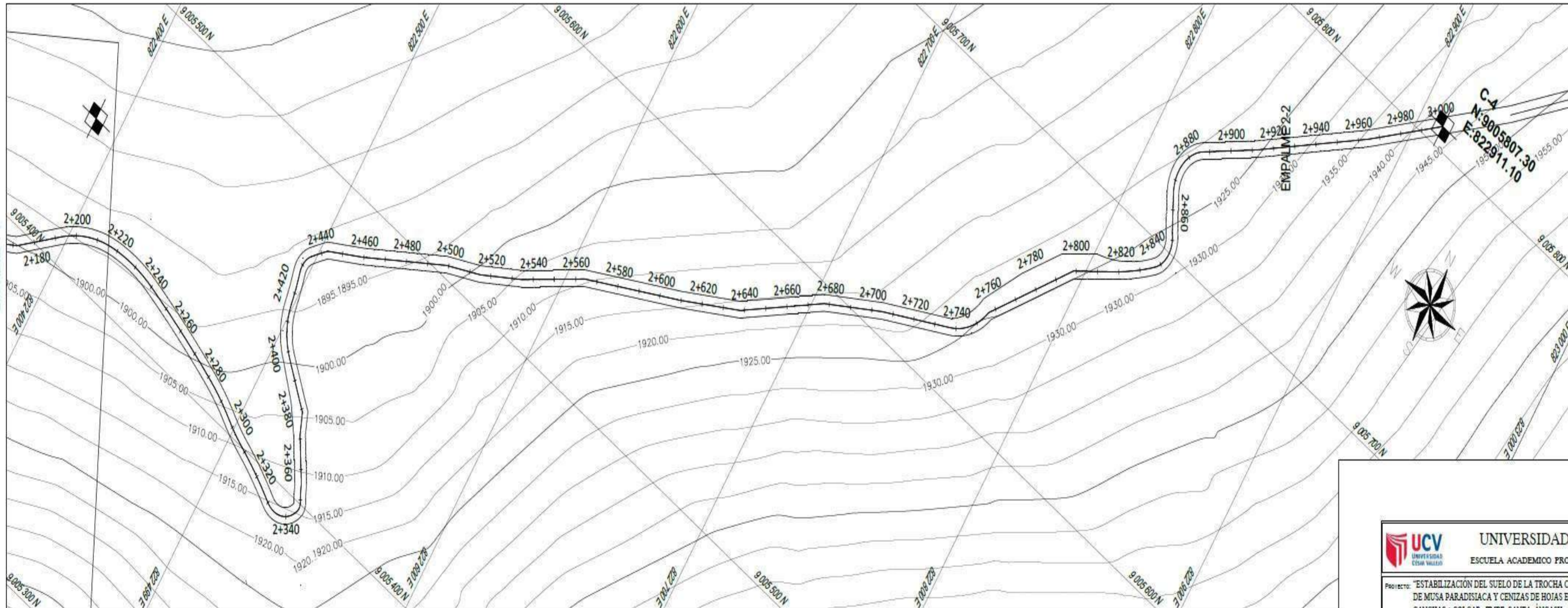


PLANO PLANTA
ESC 1:100



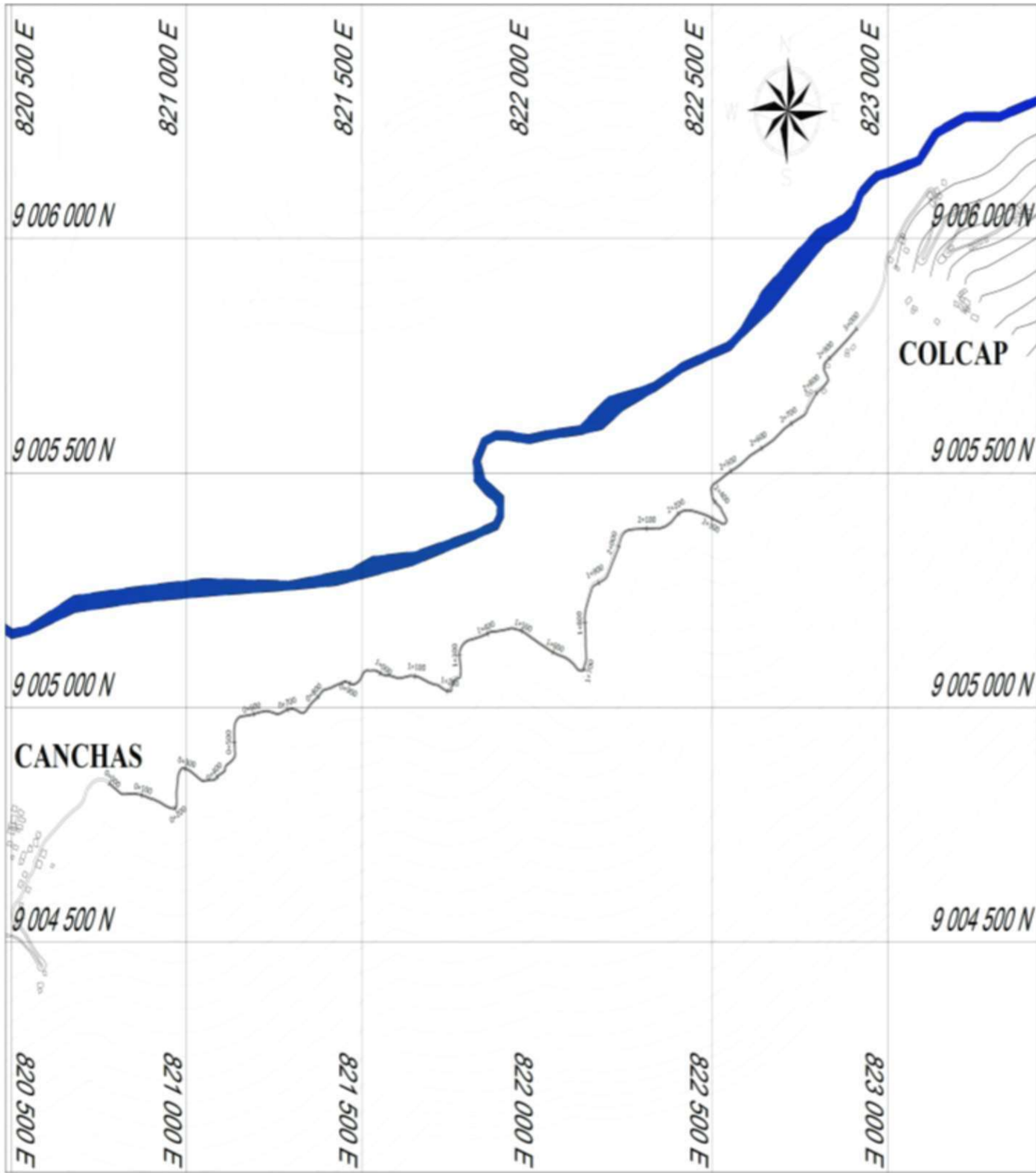
PLANO UBICACION
ESC 1:1000

UC-01/04



PLANO PLANTA
ESC 1:100

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DE LA TRONCHA CARROZABLE CON FIBRAS DE RAQUIS DE MUSA PARADISIACA Y CENIZAS DE HOJAS EUCALIPTUS DE LOS CASERIOS CANCHAS A COLCAP, DMBE, SANTA, ANCASH - 2019"		
PLANO: TOPOGRÁFICO - PLANTA Y PERFIL Prog. 1+420 a 3+000		
Autor:	Hojla Vega, Pierla María Rodríguez López, Carlos Alberto	Dpto: ANCASSH Provi: SANTA
Área:	Mgr. Jemine Del Rocío, Fernández: Manilla	Ciudad: CÁNCERES DEL PERU
Correo:	o21arzon hucanlan@gmail.com	Fecha: Septiembre - 2019 Curso: TUSSE II
		UC-02



PLANO LOCALIZACIÓN
ESC 1:5000



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL "ANCASH"



UBICACIÓN PROVINCIAL "SANTA"



UBICACIÓN DISTRITAL "CACERES DEL PERU"

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO INSTITUTO ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
<small>INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEL SISTEMA DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO AV. CHIMBOTE Y CALLE DE SAN JUAN DE LOS RIOS, S/N. CHIMBOTE - PERÚ TEL: 051-945-310000</small>	
TÍTULO Y LOCALIZACIÓN	
Autor: Diego Vega, Francisco Mena, Rodrigo Lopez, Carlos Olvera	Año: 2022 Sem: 1
Asignatura: Ing. EN INGENIERÍA CIVIL	Ciclo: CATERES DEL PERU
Tema: OPERA	Fecha: 2022
U-01	