



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“ Estabilización de trocha carrozable adicionando cal y ceniza de caña de azúcar  
en el barrio emprendedor Guadalupe, Huaraz-2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Caqui Torre, Maryurith Margoth (ORCID: 0000-0002-1106-4937)

Flores Rivera, William Rosmel (ORCID: 0000-0001-7110-5991)

**ASESOR:**

Mgtr. Marin Cubas, Percy Lethelier (ORCID: 0000-0001-5232-2499)

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

**HUARAZ – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

La presente investigación es dedicada principalmente a nuestros padres, por inspirarnos y motivarnos con su amor, trabajo, y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos hemos logrado llegar hasta aquí.

Asimismo, a nuestros hermanos (as), primos(as) y familiares por estar siempre presentes, y por su apoyo incondicional en cada etapa de nuestras vidas.

Por último, a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que nuestro proyecto se realice con éxito especialmente a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Los Autores

## **Agradecimientos**

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

A nuestros padres, hermanos (as), familiares y amigos por siempre darnos el apoyo incondicional para seguir adelante y crecer como grandes profesionales.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil que cursamos de la Universidad USP, por la dedicación de instruir a los estudiantes para obtener una buena formación.

A nuestro asesor, Ing. Percy Marín Cubas de la Universidad UCV, por el apoyo constante durante la planificación y desarrollo del proyecto de investigación.

Los Autores

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Población, muestra y muestreo.....	13
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.4. Procedimientos.....	14
3.5. Método de análisis de datos .....	20
3.6. Aspectos éticos. ....	20
IV. RESULTADOS. ....	22
V. DISCUSIÓN:.....	30
VI. CONCLUSIONES:.....	34
VII. RECOMENDACIONES. ....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS .....	43

## Índice de tablas

Tabla 1: Ubicación de Muestra .....	14
Tabla 2: Resumen de los ensayos realizados del suelo con Cal + CBCA.....	22
Tabla 3: <i>Resumen de resultados del ensayo granulométrico</i> .....	23
Tabla 4: Resultado del Contenido de humedad. ....	23
Tabla 5: Resultado de límite de Atterberg. ....	24
Tabla 6: Clasificación de la muestra extraída.....	24
Tabla 7: Resumen de resultados del Proctor modificado del suelo patrón.....	25
Tabla 8: Resultado del ensayo de CBR 0.1" al 95 – suelo patrón.....	25
Tabla 9: Resultados del ensayo de límite de Atterberg adición de CAL+ CBCA..	26
Tabla 10: Resumen de resultados del ensayo Proctor modificado suelo patrón + CAL + CBCA. ....	27
Tabla 11: Resultados del ensayo Proctor modificado suelo patrón + Cal + CBCA .....	28

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Secado al Aire del CBCA. ....	15
Figura 2: Quemado de CBCA.....	15

## Resumen

La presente investigación titulada “Estabilización de trocha carrozable adicionando cal y ceniza de caña de azúcar en el barrio emprendedor guadalupe, Huaraz-2021”, tuvo como objetivo determinar la influencia de la cal y ceniza de bagazo de azúcar (CBCA) en la estabilización de suelos arcillosos, con el fin de mejorar la superficie de rodadura de la vía principal del sector Guadalupe, mediante la ejecución de los ensayos de límite de consistencia, proctor modificado y C.B.R. en el laboratorio de mecánica de suelos.

Se determinó que el CBR al 95% en estado natural del suelo fue 4.41%, el CBR del suelo con 3% de cal y 15% de CBCA fue de 15.43% y del suelo con 5 % de cal y 15% de CBCA es de 22.05%, se concluyó que la incorporación de estos dos estabilizantes químicos mejora las propiedades mecánicas del suelo de la vía principal del barrio emprendedor Guadalupe (Pasaje Guadalupe). Siendo la adición optima el 5% cal y 15% de CBCA, debido a que con esta combinación se alcanzó un CBR de 22.05%, con lo que se obtuvo una subrasante muy buena de acuerdo a la definición que establece el Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas del MTC.

**Palabras Claves:** Estabilización, cal, ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M), California Bearing Ratio (CBR).

## **Abstract**

The present investigation entitled "Stabilization of carriageway by adding lime and sugar cane Huaraz-2021", aimed to determine the influence of lime and sugar bagasse ash (CBCA) on the stabilization of clayey soils, in order to improve the running surface of the main road in the Guadalupe sector, through the execution of the consistency limit tests, modified proctor and CBR in the soil mechanics laboratory.

It was determined that the 95% CBR in the natural state of the soil was 4.41%, the CBR of the soil with 3% of lime and 15% of CBCA was 15.43% and of the soil with 5% of lime and 15% of CBCA is of 22.05%, it was concluded that the incorporation of these two chemical stabilizers improves the mechanical properties of the soil of the main road of the entrepreneurial neighborhood Guadalupe. The optimal addition being 5% lime and 15% CBCA, because with this combination a CBR of 22.05% was reached, thus obtaining a very good subgrade according to the definition established in the Manual for the design of unpaved roads of the MTC.

**Keywords:** Stabilization, lime, sugarcane bagasse ash, maximum dry volumetric weight (P.V.S.M), California Bearing Ratio (CBR),

## I. INTRODUCCIÓN

**Realidad problemática.** En la elaboración de carreteras sin el pavimento, con la finalidad de ahorrar los precios se acostumbra hacer un descapote y proporcionar al terreno natural que cumpla la función de la capa de rodadura; el mismo es uno de los más apropiados en el soporte de las cargas, la misma que provoca un incremento del costo a largos plazos. Básicamente se debe a los costos que se requieren por el constante cuidado que se realiza a fin de conservar la carretera en estado aceptable que permita el tránsito vehicular. (Espinoza y Velásquez, 2018, p.18). Alrededor del 80% de las carreteras a nivel de todo el mundo no están con el pavimento, ya que en muchas de estas carreteras el volumen del transporte es bajo. Sin embargo, alrededor del 20% de las carreteras pavimentadas presentan deficiencias a corto plazo, las mismas están compuestas por fisuras, socavones, concavidades, etc., las mismas son dañinas e influyen de forma directa en el periodo de tiempo considerado de la pavimentación. En la mayoría de los países del continente americano estas deficiencias son abundantes y evidentes, esto se debe fundamentalmente al ejercicio defectuoso de todo el proceso de construcción, esto se agrava en aquellos lugares donde se observa un suelo arcilloso (Morales, 2015, p.19). Este tipo de superficie se localiza en cuantiosos estados, es preciso indicar el caso particular de México ya que el 14.2% de su circunscripción territorial lo compone este tipo de suelo de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Del mismo modo en Cúcuta que se encuentra localizado en Colombia, se lograron identificar deterioros consistentes en asentamientos diferenciales y agujeros en las distintas carreteras, las mismas que han sido afectadas por la mínima capacidad portante que produce una superficie arcillosa (Quintero y Gallardo, 2015, p.85). Por lo tanto, la estabilización de superficies se usa por lo general con la finalidad de mejorar las particularidades de la superficie y mejorar la resistencia a los agentes externos que puedan causar daño a la carretera. La mejora de la superficie ha considerado a varios requisitos, la misma que tiene por finalidad mejorar el comportamiento esfuerzo deformación de las superficies y de la estructura que se va a colocar encima de ella, la misma que debe mantenerse a lo largo de su vida útil. La consolidación es el procedimiento que consiste en la mezcla y combinación de materiales con el suelo a fin de lograr la

mejorar de las características de la superficie. El procedimiento incluye la mezcla del suelo con la finalidad de alcanzar la mejora de la granulometría, también se puede añadir aditivos mercantiles que alteran la granulometría, contextura flexibilidad o pueden intervenir como material cementante de la superficie. Por otro lado, en nuestro país de acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos” se encuentran ocho clases de consolidaciones que se recomiendan, las mismas en gran medida obedecen a las particularidades mecánicas y físicas de la superficie; a todo esto hay que sumarle que, recientemente se están haciendo estudios con la finalidad de determinar las ventajas ambientales, técnicas y económicas del uso de distintos materiales considerados como residuos, las mismas que tienden a ser un agente estabilizador, estas brindan otras opciones de resolución y rasgos de maniobra a proseguir en el instante de elegir alguna de las alternativas que permita estabilizar la vía sin pavimento según la localización en el Perú. El incremento de las actividades de la agricultura y la industria, traen en contrapartida el aumento exponencial de residuos, lo cual hace más dificultoso, es mucho más costoso y ambientalmente es complicado el tratamiento o disposición final. Por lo tanto, es mayor el interés en darle uso en las distintas áreas y hacer uso de estos recursos renovables, obteniendo así no solamente provechos para el ambiente sino también económicos. Generalmente en pavimento se procura hacer uso de residuos como estabilizadores de la superficie por el alto contenido de sílice que poseen para la construcción de subrasantes y capas de sub-base y base, actualmente se está promoviendo el uso de cenizas de paja de trigo, ceniza de cáscara de arroz, ceniza del bagazo de la caña de azúcar, entre otros. Según la visita técnica realizada al sector Guadalupe, ubicado en la ciudad de Huaraz, se ha podido evidenciar que en dicho lugar existe suelo arcilloso, la misma que es la responsable de situaciones problemáticas como: declives, huecos y en general es la responsable de las malas condiciones para el servicio de transitabilidad vehicular y peatonal. Hoy en día encontramos distintas opciones o procedimientos que permiten la solución a toda la problemática que es generada por la presencia de suelos arcillosos, como una de las soluciones encontramos la consolidación de las superficies la misma que mejora la capacidad portante de la superficie arcilloso; la misma que varía

dependiendo del nivel y la carga que soporta la carpeta estructural del pavimento como: la compactación que es la consolidación física, la consolidación mecánica con materiales que tienen la condición de prestados, a la química la misma que se realiza con insumos tales como: cal, cemento, ceniza de carbón cascara de arroz, yeso y con geo sintéticos. Optando por el uso de ceniza de bagazo de azúcar y cal, realizándose de esta manera una estabilización química en la zona. Como **Planteamiento del problema se tiene:** El servicio de tránsito de las vías rurales que se encuentran sin pavimentar (trochas carrozables) son deteriorados con las precipitaciones pluviales que por lo general empiezan el mes de noviembre y duran hasta fines de Marzo, esto debido a que los suelos de las vías rurales en estudio son pocos cohesivos o se encuentran mal compactados que con la circulación de vehículos generalmente de carga pesada son afectados continuamente que en las épocas de estiaje ocasionan partículas del suelo se desprendan ocasionando polvo, afectando de esta manera la calidad del aire. Determinadas superficies no satisfacen con los requisitos mínimos para la construcción de una carretera con pavimento, debido a la presencia de una mínima suficiencia de soporte y una deficiente calidad, la cual se debe a su misma naturaleza. La solución es esta situación es el empleo de alguna alternativa de consolidación con la finalidad de mejorar las particularidades mecánicas esquivando los altos costos por el espesor del pavimento en el proyecto, por lo cual se hará uso de estabilizantes de suelos a la cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar. Tratando de reducir la utilización de estabilizantes artificiales, y promover el uso de productos restituibles como es el caso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la consolidación de las superficies. La trocha carrozable del barrio emprendedor Guadalupe cuenta con una superficie de rodadura deteriorada, pese a que la circulación vehicular es mínima en la zona, se van generando continuamente baches y desniveles en la calzada de la vía. De acuerdo a lo evidenciado in situ, los deterioros en la vía son producidos con facilidad debido a que la rasante no cuenta con la resistencia a la abrasión mínima requerida para el tránsito de vehículos ligeros, motivo por el que continuamente se van desprendiendo partículas del suelo que quedan dispersas en la vía. Para mejorar el servicio de tránsito de la vía es necesario realizar la estabilización del suelo en una capa mínima de 15 cm de espesor, siendo para ello necesario realizar la adición de algún material con propiedades cementantes que

ayude a unir las partículas del suelo que se encuentran dispersas. **Nuestra FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**, es la siguiente ¿Cuál será el porcentaje óptimo de cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar para alcanzar la mayor compactación de la superficie arcillosa de la trocha carrozable en el barrio emprendedor de Guadalupe, Huaraz? Como **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: Justificación Teórica:** La presente investigación se proyecta a complementar los conocimientos existentes referidos a la estabilización química de suelos con materias primas renovables como la cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar con las cuales se podría sustituir a los estabilizadores artificiales, reduciendo gastos en la estabilización de suelos para las diferentes obras civiles que se vayan a ejecutar posteriormente. De tal modo que se mejoren las propiedades mecánicas y físicas de la superficie, aumentar la resistencia del suelo, reducir la permeabilidad, obtener una buena capacidad portante del suelo. **Justificación Práctica:** Para la estabilización de suelos es común que se use con mayor frecuencia la estabilización mecánica y la estabilización química utilizando cemento, motivo por el cual realizar este tipo de estabilizaciones resulta un poco costosa. Con esta investigación se pretende reducir los gastos mediante el uso de materias primas como son la cal y la utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, siendo ambos materiales de bajo costo, renovables. Se procura obtener hallazgos beneficiosos con el uso de la cal y la ceniza de bagazo de caña de azúcar, los principales beneficiarios serían: la ciudadanía y las constructoras que realizan las actividades de consolidación de las superficies, debido a que es una de las alternativas factibles ya que es accesible y económicamente rentable, debido a que hoy en día son pocas las organizaciones que realizan este tipo de consolidación de la superficie. Como **Objetivo General:** Determinar el porcentaje óptimo de cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar para alcanzar la mayor compactación de la superficie arcillosa de la trocha carrozable en el barrio emprendedor Guadalupe, Huaraz. **Objetivos Específicos: Primero** Caracterizar el suelo del sector vial del barrio emprendedor Guadalupe (Pasaje Guadalupe), **segundo** evaluar el efecto de la cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar en el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo, **tercero** evaluar las secuelas de la cal y ceniza de bagazo de azúcar en el Proctor modificado para identificar el contenido de agua óptimo con el que se alcanza la máxima compactación de la superficie, **cuarto**

evaluar el efecto de la cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar en el valor relativo de soporte (CBR) del suelo. Nuestra **Hipótesis** es la siguiente: Con la adición de cal en un 3% y 5%, y ceniza de bagazo de caña de azúcar en un 15% se mejorarán las propiedades físico-mecánicas del suelo, mejorando así los servicios de transitabilidad de la trocha carrozable del barrio emprendedor Guadalupe (Pasaje Guadalupe), Huaraz.

## II. MARCO TEÓRICO

**Trabajos previos. - A nivel internacional,** se tiene a Behak, Musso, Piñeiro y Selves (2015) en su investigación titulada “Desempeño de un tramo experimental de pavimento con capa de base de suelo modificado con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal”, en Uruguay. Concluyeron que los máximos valores de la resistencia a la compresión inconfiada (RCI) son de 150KPa para el suelo tratado con 15% de CBCA y 3% de cal y de 240KPa para la mezcla con 15% de CBCA y 5% de cal, lo que representa un incremento de RCI de 11 y 18 veces respecto a la del suelo sin tratar. Sin embargo, estos no alcanzan los valores establecidos por Thompson(345KPa) para considerar un material como estabilizado. Siendo que el suelo es grueso su resistencia al corte depende de la presión de confinamiento por lo que su RCI es relativamente bajo. Pese a la baja reactividad, se verificó un incremento de la RCI cuando la grava limosa de la cantera fue tratada con la CBCA y CAL. Los valores de RCI obtenidos permiten clasificar al material como suelo modificado y su máximo se obtuvo con la mezcla de suelo con 15% de CBCA y 5% de cal. Las deflexiones medidas en el tramo experimental disminuyeron aceleradamente los primeros 20 días, lo cual indico un aumento de rigidez del material de modificado por el desarrollo de productos cementantes resultante de las reacciones entre los iones calcio de la cal y la sílice de la CBCA y los minerales arcillosos del suelo. Por otro lado, Pranav, Anusha y Koteswara (2011) llevaron a cabo una investigación de suelos expansivos mezclándolos con ceniza de cáscara de arroz, cal y yeso. El suelo tenía como límite líquido 50, un índice de plasticidad de 27.5 y un valor de CBR de 2 a condiciones húmedas. Se estudió la influencia de la ceniza de cáscara de arroz, cal y yeso en las propiedades del suelo como límites de Atterberg, resistencia, CBR y prueba de hinchamiento. Se observó que la resistencia a la compresión no confinada aumentó en un 36.6%, cuando se adicionó 20% de ceniza de cáscara de arroz con 5% de cal después de 28 días de curado. Cuando se adicionó 20% de ceniza de cáscara de arroz con 5% de cal y 3% de yeso aumentó en 54.8% después de 28 días de curado. Después de 4 días de curado, cuando el suelo es mezclado con 20% de ceniza de cáscara de arroz con 5% de cal el valor de CBR obtenido bajo condiciones húmedas fue de 14. Cuando es mezclado con 20% de ceniza de cáscara de arroz con 5% de cal y 3% de yeso el valor de CBR obtenido bajo condiciones húmedas fue de 18. En la

investigación se concluyó que la ceniza de cáscara de arroz resulta ser un potencial estabilizador mezclado con cal y yeso; por lo que resultan ser una alternativa para reducir los costos en la construcción de carreteras. **A nivel nacional**, se tiene a Aquino (2018), en su investigación titulada “Estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de azúcar para su uso en subrasantes en el distrito de Laredo-Trujillo, La Libertad 2018”, desarrollada en la universidad Privada de Trujillo. Concluyó que el aumento de resistencia progresivo del suelo a diferentes porcentajes, siendo 15% la adición más óptima con el cual se alcanza una mejora del CBR en hasta un 60%. Las particularidades físicas y mecánicas de la superficie que fueron optimizadas a través de del procedimiento de la consolidación, el índice de plasticidad del suelo estabilizado se reduce en hasta un 15% con el aumento de la capacidad de la ceniza de bagazo de caña de azúcar y el curado tiene también un efecto insignificante en la plasticidad del suelo expansivo. El contenido de humedad óptimo aumentó mientras que los valores máximos de densidad seca disminuyeron con el incremento del contenido de ceniza de bagazo de caña de azúcar. Además, el esponjamiento libre, índice de esponjamiento libre y relación de hinchamiento libre de las muestras estabilizadas disminuyeron en hasta un 25% con el aumento de contenido de ceniza. El diseño estructural de un pavimento típico según normativa AASTHO, aumentó de CBR en hasta un 60%, producido por la estabilización, se disminuye las dimensiones de las capas estructurales necesarias para la construcción de pavimentos en el distrito de Laredo, lo cual conlleva a un ahorro económico significativo. Se verificó que la consolidación de superficies con ceniza de bagazo de caña de azúcar es una de las alternativas potenciales del rehúso de residuos producidos por la industria para la ejecución de carreteras. Por otro lado, se tiene a Terrones (2018), en su investigación titulada “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo-2018”, desarrollada en la universidad Privada del Norte – Trujillo- Perú. Concluyó que la resistencia a la compresión de la muestra patrón se encuentra entre 13.76 kPa y 13.96 kPa, la muestra con añadidura de 5% de CBCA obtiene una resistencia a la compresión entre 33.62 kPa y 33.84 kPa, la muestra con añadidura de 10% de CBCA tiene una resistencia a la compresión de 77.91 kPa a 80.11 kPa, mientras que la muestra con la añadidura del 15% de CBCA obtiene una resistencia a la compresión de 150.56 kPa a 151.23

kPa, identificando que el adición óptima es la muestra que tiene el 15% de CBCA que permite conseguir la estabilización del suelo a nivel de subrasante, ya que logra mejorar las particularidades mecánicas de la superficie, asimismo mejora la capacidad portante del suelo. Estas mejoras se reflejaron en los puntos donde se evaluador: el CBR del Km 0+011 se incrementó de 1.888% a 22.5%, en el Km 1+524 pasó de 1.843% a 22.4% y en el Km 3+529 ascendió de 1.739% a 21.9%, la misma que advierte que el uso de la CBCA incrementó el CBR del suelo en más de 10 veces. Estos hallazgos del estudio muestran que la estabilización del suelo con la CBCA presenta variaciones convenientes, con lo cual se consigue el uso de este material a nivel de la subrasante, además la utilización de CBCA resulta ser de muy bajo costo, es sustentable y presenta un impacto favorable hacia el medio ambiente. También se tiene a Carrasco (2017), con su estudio titulada “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa - 2017”, desarrollada en la universidad Cesar Vallejo Nuevo Chimbote. Quien Concluyó que es posible estabilizar superficies arcillosas añadiendo ceniza de caña de azúcar, siendo el tipo de suelo analizado según su clasificación ASHTO-SC A6(11), ya que mejora las propiedades del suelo. La muestra adicionada con ceniza de caña de azúcar obtiene una mejora en la disminución del índice de plasticidad (IP), siendo el IP de la muestra de suelos sin adición de 15.84, mientras que adicionando ceniza de caña de azúcar en un 35% se obtuvo un IP de 9.8. Obteniendo también la densidad seca máxima y el contenido de agua óptimo que se obtuvo con la adición de ceniza de caña de azúcar el valor de 1.75 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que la densidad seca de la muestra patrón por lo general resulta 1.66 gr/cm<sup>3</sup>, representando así mejoría en las características mecánicas a través de la compactación. Determinando que una superficie arcillosa se consigue consolidar con la añadidura del 35% de ceniza de caña de azúcar. **A nivel local**, se tiene a Lujerio (2018), en su investigación titulada “Efecto de la adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de los suelos en la carretera de Cantú-Huaraz.”, desarrollada en la universidad San Pedro – Huaraz – Perú. Concluyó que la ceniza del Bagazo de caña de azúcar CBCA poseen comportamientos puzolánicos ya que entre sus componentes químicos presenta: silicio, aluminio y fierro que en conjunto representan al 77.14% el cual supera a lo que la Norma C618 indica, por lo tanto,

este valor beneficia a la superficie en su comportamiento. El valor del pH del CBCA es de 10.85, mientras que la mezcla de la muestra con 4% de cemento es de 11.05% el cual es extremadamente alcalina y la mezcla de la muestra con 1% de CBCA es de 7.51 es mismo se denomina como ligeramente alcalina. La amplitud de soporte CBR del suelo patrón C-1 al 100% es 42.49, mientras que el experimental con cemento es 51.73% y el experimental con CBCA es 46.86%, incrementándose en un 21% y 10% respecto a la muestra sin mezcla. La CBR de la muestra patrón C-1 al 95% es de 20, de la muestra experimental con cemento es 25 y de la muestra experimental con CBCA es 22.83, incrementándose en 25% y 14% respecto a la muestra patrón. La muestra patrón recogida de la localidad de Cantu de acuerdo a la clasificación ASSHTO y SUCS resulta ser Arenas Limosas sin plasticidad. También se tiene a Salas y Pinedo (2018), con su investigación titulada “Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de sub rasante para pavimentos flexibles en el Asentamiento Humano los Conquistadores Nuevo Chimbote-2018”, desarrollada en la universidad Cesar Vallejo, Chimbote. Concluyeron que la superficie de la localidad de investigación estuvo compuesta por arena de mala graduación, seguido de una capa de arena granular de forma redondeada a una medida pequeña y posterior con arena mala graduación compactada, el grosor de la arena con mala graduación cuyo color fue beige claro sus granos fueron redondeados y sub redondeados, también se observó la presencia de finos que resultaron ser no plásticos, algunos plásticos condición in situ: No saturado y en estado compacto. Asimismo, no contaron con mapa freático. El perfil geotécnico descrita en los párrafos anteriores resulta que la muestra es de buena calidad en general, la tierra que presenta mala gradación cuyos granos son redondeados y sub redondeado que no cuentan con la presencia de finos plásticos, localizados en el área de la investigación al estar sumergidos son propensos a proclives a experimentar asientos diferenciales importantes, además de ser muy recelosos a los sismos que provocan la densidad y pueden reducirse incluso a cero su resistencia al corte a lo que se llama la licuefacción.

**MARCO REFERENCIAL; CAL,** Como el termino común la cal es un producto constituido por óxidos e hidróxidos de magnesio y calcio que se origina del calcinamiento de minerales dolomíticos y calizos. En el procesamiento de calcinamiento, aquellos minerales mezclados por carbonatos magnésicos y

cálcicos, en una relación variante de acuerdo a la tipología y calidad del mineral base dan lugar, por efectos de las altas temperaturas, al establecimiento de óxidos de magnesio y cal, lo cual es el producto conocido como la cal, con la separación del dióxido de carbono. (Velarde, 2015) como resultado de la reacción se obtiene lo que comúnmente llamamos la cal viva. Para obtener un producto de alta calidad es indispensable que el material base tenga gran pureza en relación al contenido de los carbonatos. Sin embargo, en el procedimiento de calcinamiento los agentes físicos de los minerales influyen, por lo que se deben tener los cuidados necesarios en la obtención de un material base de buena calidad. Estos agentes son, primordialmente los referidos a la distribución de los granos y a la extensión del mineral expuesto a calcinamiento, su densidad y la porosidad respectivamente.

**Funciones de la cal:** El principal uso de la cal, se concentra en la combinación con el agua formándose una pasta para mejorar sus particularidades en las utilidades de los materiales a los que se aplica y a mayor plazo aumenta su resistencia y consistencia. El primer efecto contribuye a la trabajabilidad de los materiales, suelos y morteros, según la transformación de su capacidad de retención de agua, propiedades de plasticidad e impregnación. El siguiente efecto, toma en cuenta los procedimientos químicos diferenciados y complicados según el tipo de cal a emplear y el material a aplicar. La articulación básica se fundamenta

en la carbonatación de los hidratos de carbono en roce con el dióxido de carbono atmosférico, la misma que conlleva a incrementar la durabilidad y resistencia de los productos. **CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA)** debido a su constitución química la CBCA cuenta con elevado volumen de productos de puzolana, como por ejemplo el dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) u otros óxidos que realizan la función puzolánica, la misma que posibilita el trabajo como producto cementante en la consolidación de las superficies o en morteros. La puzolana es un material que no es capaz de realizar alguna acción hidráulica por ella misma, entonces es necesario combinar con algún activador alcalina a fin de originar combinaciones con características de aglomerante, resultando como un material cementante hidráulico como es el caso de la cal (Salas, 2018). Investigaciones recientes mencionan que la cal, el cemento y la CBCA, son capaces de cambiar las características mecánicas y la penetración de la humedad hacia los concretos. (Hernández, 2011). **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS:** la estabilización es el

procedimiento donde se imponen las superficies en estado natural a cierto procedimiento con la finalidad de poder sacar provecho de las buenas propiedades, consiguiendo un capote con características de durable y estable, con capacidad de soporte de condiciones de clima severas y efectos del tránsito. **TIPOS DE ESTABILIZACIÓN: consolidación física:** utilizado con la finalidad mejorar la superficie debido a que produce variación física en la misma, **mezclas de suelos:** esta forma de consolidación es utilizado ampliamente, sin embargo, así mismo no produce las consecuencias deseadas, es necesario e indispensable una consolidación a modo de suplemento. Las superficies de granulometría gruesa como es el caso de las arenas-gravas poseen elevados niveles de fricción interior que les permite el soporte de esfuerzos considerables, sin embargo, esta particularidad no garantiza la estabilidad como capote de asiento del firme de una determinada vía de comunicación debido a que, por falta de adherencia de las partículas se desplazan con libertad y a través de la circulación vehicular tienden a separarse e inclusive pueden desbordarse de la vía. En cambio, las arcillas tienen bajos niveles de fricción y mucha adhesión, que ocasiona a perder la perdurabilidad en caso de que haya presencia de la humedad. Por lo tanto, la combinación apropiada de las dos clases de superficie descritas suele producir como hallazgo un producto duradero, por lo que es posible sacar provecho de los altos niveles de la fricción interior de uno de ellos y la adhesión del otro con la finalidad de mantener en unión todas las partículas. **Consolidación química:** alude al uso de determinadas patentes de algunos elementos químicos, cuya utilización implica el reemplazo de iones metálicos y variaciones en la estructura de las superficies implicadas en los procedimientos. En esta fracción de consolidación, los elementos químicos frecuentes como la CAL: es muy económica y disminuye la plasticidad de las superficies arcillosas, CEMENTO PORTLAND: incrementa la capacidad de carga de las superficies y es utilizado en el caso de gravas y/o arenas. Entre algunos de los productos utilizados encontramos a: los productos asfálticos, al cloruro de calcio, a las escorias de fundición, el cloruro de sodio y caucho que se produce a través de los neumáticos. **Compactación mecánica:** se refiere a lo que se consigue la mejora de la superficie sin la producción de alguna reacción química que genera gran importancia debida a la compactación.

### III. METODOLOGÍA

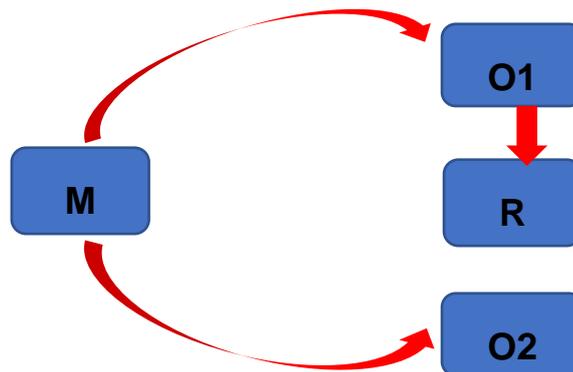
#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Aplicada.

**Diseño de Investigación:** Experimental.

Se realizó ensayos de laboratorio a nuestra muestra, para mejorar las propiedades físico-mecánico de los suelos para su posterior construcción.

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



**Dónde:**

**M** = Muestra de suelo arcilloso de la trocha carrozable del barrio emprendedor Guadalupe

**O<sub>1</sub>** = Primera combinación CAL 3% - CBCA 15%

**O<sub>2</sub>** = Segunda combinación CAL 5% - CBCA 15%

**R** = Estabilización de suelos en la trocha carrozable del barrio emprendedor Guadalupe.

### 3.2. Población, muestra y muestreo.

**Población:** Trocha carrozable del barrio emprendedor Guadalupe. Del Pasaje Guadalupe, cuenta con 430 m. de longitud y un ancho de 4m. (Km 0+00 – Km 0+430), donde el suelo requiere de una estabilización por ser un suelo arcilloso.

- **Criterios de inclusión:** Se consideró para la inclusión de la población la identificación del estado físico de la calzada de la trocha carrozable, se consideró como población el tramo más deteriorado de la vía, aquella que presenta malas condiciones del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal.
- **Criterios de exclusión:** Los criterios considerados para la exclusión de la población también se basó en la identificación del estado físico de la calzada de la trocha carrozable, se excluyó de la población los tramos de la vía que se encuentran en buen estado, aquellos que presentan buenas condiciones del servicio de transitabilidad y vehicular.

**Muestra:** La muestra analizada es la subrasante de la trocha carrozable del pasaje Guadalupe, del sector Guadalupe – Huaraz, la longitud de la trocha es de 430 m. de largo, por 4m. de ancho, teniendo un área total de  $1,720 m^2$ , progresiva (Km 0+000 - Km 0+430). La calicata realizada se encuentra en la Progresiva (Km 0+225), para la toma de la muestra se consideró 1.50m. de profundidad, 1m de ancho y 1 m de largo.

Luego de realizarse las pruebas de mecánica de suelos correspondiente, se determinó que la muestra de la superficie según la lista AASHTO es A-6 (9), y de acuerdo al procedimiento SUCS es una superficie CL, por lo tanto, corresponde a una arcilla inorgánica de niveles bajos de plasticidad.

**Muestreo:** El proyecto se realizó siguiendo un proceso no probabilístico, más conocido como muestreo intencional, debido a que la población fue espontánea e intencionalmente seleccionada por parte de los responsables de la investigación.

CALICATA	COORDENADAS UTM	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD
01	ESTE	223597.4100	1.50 Mts
	NORTE	8946300.5000	

**Tabla 1:** Ubicación de Muestra.

### 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnica:** La técnica empleada en el recojo de la data fue la percepción directa, lo que nos permitió visualizar cada ensayo y de esta manera poder registrar todos los resultados obtenidos en los formatos normalizados para cada prueba a través de normas ASTM, NTP y MTC, las muestras estudiadas fueron llevados a las instalaciones del laboratorio MATHLAB ingeniería sismorresistente E.I.R.L, con la finalidad de poder identificar las particularidades mecánicas y físicas de la superficie en estudio.

**Instrumentos:** Fichas y formatos técnicos establecidos para las pruebas realizadas en los ambientes del laboratorio. Los ensayos de laboratorio realizados según la norma técnica peruana y ASTM fueron los siguientes: determinación del peso volumétrico ASTM BS1377 – NTP 339.139, características de compactación Proctor ASTM D 1557 – MTC E 115, el estudio de la granulometría a través de los tamices ASTM D422 – NTP 339.128, el contenido de humedad a través de ASTM D 2216 – NTP 339.127, limite liquido ASTM D4318 – NTP 339.129, el límite plástico según la ASTM D4318 – NTP 339.129, relación de soporte california - CBR (ASTM D1883 – MTC E132).

### 3.4. Procedimientos.

**Procedimientos de la Investigación:** Recolección de Materias Primas

- **BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR:** Se recolectó el bagazo de caña de azúcar de los diferentes puntos de venta de jugo de caña de azúcar de la ciudad, los cuales son desechados a diario en gran cantidad, creando así gran contaminación, para su posterior proceso de secado y así después sea más fácil el quemado del bagazo.



**Figura 1:** Secado al Aire del CBCA.

- Quemado de Bagazo de Caña de Azúcar.



**Figura 2:** Quemado de CBCA.

- Tamizado de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.
- Obtención de la Cal.
- Realización de Calicata.

## **ENSAYOS DE LABORATORIO.**

- a) **GRANULOMETRÍA:** cuyo fin es determinar la repartición de las dimensiones de las porciones presentes en la muestra de la superficie. De esta manera es factible clasificar a través del sistema AASHTO o SUCS. Esta prueba es de gran importancia debido a que la mayor parte

de las reglas de aprobación de las superficies a ser usados en bases o subbases de carretera, presas, diques, etc., obedece a esos análisis. En la obtención de la partición de los granos se usan tamices con números las mismas se encuentran normalizados, cuya ordenación es de forma decreciente. En caso de muestras cuyo tamaño de partículas es mayor a 0.074mm. se usa el procedimiento de estudio mecánico a través de los tamices de numeración y abertura indicados. En el caso de las superficies de menor tamaño, se emplea el procedimiento del hidrómetro, que se basa en ley de Stokes. El estudio de la granulometría se expresa a través de la gráfica y el análisis.

#### **EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS:**

**MUESTRA DE SUELO:** Sirve para desarrollar realizar la prueba para ser pasado por los diversos tamices.

**TAMICES:** los tamices sirven para realizar el ensayo en los ambientes del laboratorio y así determinar los porcentajes de la muestra que son retenidos por los tamices.

**BALANZA ELECTRÓNICA:** Se calcula el peso de suelo retenido en cada tamiz.

**PROCEDIMIENTOS:** Se tienen muestras uniformes obtenidas a través del procedimiento del cuarteo, el cual se procede a pesar y colocar en el horno durante 1 día a fin de tener una masa constante. Cuando la muestra se encuentre seca, previamente enfriada se realiza el pesado de la muestra secada en horno y se procede a lavar haciendo uso del matiz N°200 y esta muestra retenida se seca en el horno por 1 día. Luego separar una porción del material retenido en el tamiz N° 4 en una secuencia de partes usando los tamices necesarios según el tipo de muestra, o de las distinciones del material, esta operación se realiza manualmente realizando movimientos de los tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de manera que la muestra se sostenga en circulación en cada una de las mallas. Luego se identifica el peso de cada parte en una balanza de sensibilidad de 0.1%. Finalmente, la suma de los pesos de todas las porciones y el peso inicial del material no debe ser diferente en más de 1%.

## **b) LÍMITES DE CONSISTENCIA.**

**LÍMITE LÍQUIDO:** al pasar el suelo de condición de semi líquido a condición plástica y es posible su moldeo. En determinar este límite se usa la famosa cuchara de Casa grande. El contenido de agua que se expresa a través de porcentajes del peso del suelo seco. El cual se fija de forma arbitraria como la cantidad de agua necesaria para que las dos porciones de una pasta de suelo de 1cm. de espesor tengan fluidez y se reúnan en una extensión de 12 mm., aproximadamente en la base de la muestra se independiza las dos porciones, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1cm., a la velocidad de 2 golpes por cada segundo.

### **EQUIPO EMPLEADOS.**

- ✓ Copa de Casagrande.
- ✓ Ranurador.
- ✓ Espátula.
- ✓ Balanza Eléctrica.
- ✓ Tamices.

### **PREPARACIÓN DE MUESTRA.**

La muestra de suelo arcilloso, se debe secar por completo en el horno a una temperatura que no sea superior a los 100C° a lo largo de 1 día. Luego de realizar esto se procede a cuartear la muestra, y después de la homogenización se procede a pesar. Después se procede a tamizar de la muestra y se almacenará las porciones a partir del tamiz número 40 hacia abajo.

**PROCEDIMIENTO LÍMITE LÍQUIDO:** en primer lugar, calibramos la cuchara Casagrande hasta colocar su contador en cero. En un contenedor aparte elegiremos una parte de la muestra y con un gotero se procede a humedecer hasta conseguir la estabilidad deseada, ya humedecida se combinará constantemente hasta conseguir que la muestra esta planchada y la colocaremos en la cuchara Casagrande uniformemente. Enseguida con el acanalador, se pasará por la mitad de la muestra y se sacará una parte. Se procede a dar vueltas la manija de Casagrande y se cuenta los golpes hasta lograr que se cierre a 12 – 13

mm. Terminado esto se procede a retirar una porción de la muestra que se localiza dentro de la cuchara Casagrande de la zona derecha y se procede a elaborar los famosos churritos, después de realizará el pesado a través de la balanza eléctrica. Hecho los churritos se colocarán en el horno por 24 horas, para luego ser retirados del horno y ser pesados.

**LÍMITE PLÁSTICO:** Es cuando la muestra de la superficie cambia de condición plástica a condición semisólida y se quiebra. Es la cantidad de agua, la misma que se expresa en términos porcentuales en relación al peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado semi-sólido y el estado plástico. El límite se precisa de manera arbitraria como el menor contenido de agua con el cual la muestra, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas comienzan a tener 3mm. de diámetro.

**PROCEDIMIENTO.** Para realizar este ensayo se toma la parte del lado izquierdo y se procederá a confeccionar los churritos para ser pesados en la balanza. Una vez realizado el pesado se colocarán en el horno por 1 día. Luego se retirará del horno y se realizada el pesado de nuevo.

### c) **CONTENIDO DE HUMEDAD.**

#### **EQUIPO Y MATERIALES.**

- ✓ Horno de Secado.
- ✓ Balanza.
- ✓ Charola o Bandeja de Aluminio.
- ✓ Espátula.
- ✓ Determinador de Humedad.

#### **PROCEDIMIENTO.**

Hay que anotar el N° de recipiente o tarro y medir su peso, anotándolo como el peso del recipiente. Se coloca la muestra húmeda en el recipiente y se procede al pesado, registrándolo como el peso del recipiente más la muestra húmeda, clasificándolo como W1, lo cual se realiza para las muestras que se tendrá de cada calicata. Se lleva al horno el grupo de recipientes ya pesados conteniendo suelos húmedos dentro del horno a temperatura sin variación de 100 – 110 °C, durante 24

horas. Cuando se cumple el tiempo establecido de secado en horno se saca el recipiente conteniendo las muestras teniendo los cuidados necesarios, para posteriormente ser dejados enfriando. Se procede a pesar el suelo seco más el recipiente, obteniéndose como resultado un W2. Se procede a realizar los cálculos para la obtención del contenido de agua

$$\text{FÓRMULA: } W = \frac{W_w}{W_s}$$

**d) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR.)**

**EQUIPOS.**

- ✓ Máquina de compresión.
- ✓ Molde cilíndrico de compactación.
- ✓ Martillo de compactación.
- ✓ Placa de metal perforada
- ✓ Sobrecargas metálicas
- ✓ Cilindro de penetración
- ✓ Deformímetro
- ✓ Tamices
- ✓ Horno de secado
- ✓ Recipientes de muestreo
- ✓ Balanza
- ✓ Espátula

**PROCEDIMIENTO:**

El suelo a probar debe contar con tamaños máximos de sus granos de 19 mm. se prepara una porción de masa superior a 5,0 kg cuya presencia de agua sea la establecida como óptima en prueba de consolidación. Tener en cuenta el peso del recipiente que la contiene, debido a que es un dato que permitirá corroborar, sin embargo, cada uno de los moldes tienen expresa sus datos como el peso, el volumen y la altura. Se prepara el equipo de consolidación, es decir la base, el molde en sí, la camisa superior y ajuste de adecuados de los tornillos.

Es preciso mencionar que el terreno donde se colocara la base del molde sea uniforme, sin deformaciones y plano. Enseguida se penetra el disco espaciador sobre la base perforada y sobre este un papel de filtro y de esta forma se asegura que la muestra no presente adhesión con el disco durante la consolidación. Se lleva a cabo la etapa de consolidación, que para el caso serán cinco capas, por tratarse del molde utilizado en Proctor modificado. A continuación, se saca la camisa superior del molde y se enrasa la muestra, asegurando que los espacios que hayan quedado sean rellenos con material más fino que los espacios producidos en el enrase. Del material sobrante se debe apartar una muestra representativa con la finalidad de identificar los porcentajes de agua.

Con la finalidad de identificar el peso unitario de la muestra, se procede retirar el disco espaciador y se pesa el conjunto molde más la muestra consolidada. Luego sobre la base se sitúa un papel de filtro y el molde se coloca sobre este, pero esta vez de forma invertida, de forma que el papel de filtro quede en contacto con la superficie enrasada de la muestra.

### **3.5. Método de análisis de datos**

Lo primero que se realizó fueron los ensayos a la muestra patrón, luego se realizó la combinación de suelo-ceniza-cal, la CBCA fue previamente tamizada por la malla N°200, para obtener una muestra de consistencia similar a la del cemento. Seguido se procedió a estabilizar químicamente la muestra del suelo arcilloso con la ceniza y la cal en los diferentes porcentajes establecidos, con el fin de disminuir el índice de plasticidad, mejorar la capacidad de resistencia (CBR), evaluar el óptimo contenido de humedad, la densidad máxima seca y para que el suelo pueda ser mejorado y posteriormente sea usado como subrasante.

### **3.6. Aspectos éticos.**

Todas las fuentes mencionadas fueron correctamente referenciadas. Los resultados presentados están detallados según los conocimientos obtenidos en el transcurso de nuestra vida universitaria, son datos reales, los cuales se

obtuvieron no fueron manipulados o alterados, se detalla la autenticidad de los autores.

Los autores se comprometen en la responsabilidad de la autenticidad y veracidad de los resultados obtenidos, confiando en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

#### IV. RESULTADOS.

Resultados según el **Objetivo General: Determinar el porcentaje óptimo de cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar para alcanzar la mayor compactación del suelo arcilloso de la trocha carrozable en el barrio emprendedor Guadalupe, Huaraz.**

En la tabla N° 2 se presentan los valores de mejora Proctor modificado, CBR, los límites de atterberg– Cal + CBCA según el suelo patrón.

**Tabla 2:** Resumen de los ensayos realizados del suelo con Cal + CBCA.

MUESTRA	% DE ADICIÓN	COMPACTACIÓN		CBR (100%)	CBR (95%)	L.L	L.P	I.P
		P.V.M.S	C.H.O (%)					
SUELO ARCILLOSO + CAL Y CBCA	0	1.97	7.09	6.17	4.41	36.10	21.99	14.11
	3% Cal + 15% CBCA	2.01	5.80	21.61	15.43	26.15	15.43	10.72
	3% Cal + 15% CBCA	2.07	8.30	30.87	22.05	23.90	14.64	9.26

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 2, después de haber efectuado los ensayos de Proctor modificado, límite de consistencia y CBR con la adición del suelo patrón + 3%CAL + 15%CBCA y suelo patrón + 5%CAL + 15%CBCA, se puede considerar como adición óptima la combinación de 5% CAL + 15% CBCA, ya que se logró decrementar el índice de plasticidad del suelo patrón de 14.11% a 8.26%, así mismo, se logró incrementar el peso volumétrico seco de 1.97 T/m<sup>3</sup> a 2.07 T/m<sup>3</sup> y finalmente incrementar la capacidad de soporte (CBR) al 95% de 4.41% a 22.05%.

Resultados respecto a los **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 1. CARACTERIZAR EL SUELO DEL SECTOR VIAL DEL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE DEL PASAJE GUADALUPE.**
  - ✓ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107-ASTM D422)

Mediante dicho ensayo se realizó la clasificación de las partículas del suelo según su tamaño. En la siguiente tabla se muestra el resumen del ensayo de análisis granulométrico:

**Tabla 3:** Resumen de resultados del ensayo granulométrico.

MALLA		% Acumulado que pasa
TAMIZ	Abertura (mm)	C-01
3"	76.200	100
2 1/2"	63.500	100
2"	50.800	100
1 1/2"	38.100	100
1"	25.400	100
3/4"	19.050	99.6
3/8"	9.525	99.07
N° 4	4.780	95.96
N° 10	2.000	93.01
N° 40	0.426	86.52
N° 60	0.260	82.17
N° 140	0.106	78.76
N° 200	0.074	76.62
> N° 200	0.000	76.14

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 3, se puede apreciar que la calicata C-01 muestra que pasa la Malla N° 200 es el 76.62%, evidenciando la presencia del material arcilloso. De acuerdo a los datos se pudo graficar la curva granulométrica para determinar el porcentaje de cada material.

✓ **CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E108 – ASTM D2216)**

Con este ensayo, se puede identificar si el suelo en análisis, contiene mayor o menor cantidad de agua para alcanzar el contenido de humedad óptimo para poder alcanzar el máximo peso volumétrico seco., se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4:** Resultado del Contenido de humedad.

CALICATA	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD (m)	W (%)
C-01	0+225.00	1.50	12.53

Fuente: elaboración propia.

Del resultado obtenido se concluye que el contenido de humedad natural promedio es de un 12.53 %.

✓ LÍMITES DE ATTERBERG

**Tabla 5:** Resultado de límite de Atterberg.

CALICATA	LIMITE LIQUIDO (LL)	LIMITE PLASTICO (LP)	INDICE DE PLASTICIDAD (IP)
C-01	36.1	21.99	14.11

Fuente: elaboración propia.

La muestra analizada presenta una plasticidad alta, la muestra alcanzó un I.P. = 14.11%, con lo que se deduce que la calicata muestra un suelo arcilloso, el resultado de este ensayo fue clave para realizar la clasificación del tipo de suelo, así como para determinar la necesidad de emplear un tipo de estabilizador químico del suelo.

✓ CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO SUCS (ASTM D-2487) Y MÉTODO AASHTO (ASTM D-3282).

En referencia a los resultados alcanzados en los ensayos, respecto a las características físicas del suelo de la trocha carrozable, se realizó la clasificación del suelo por medio de los métodos AASHTO y SUCS. Para la clasificación del suelo por el método SUCS, se consideró el análisis granulométrico, teniendo en cuenta los porcentajes que lograron pasar la malla N° 4 y N° 200, así como sus propiedades plásticas. Por otra parte, para la clasificación por el sistema AASHTO, se asumió la granulometría, los porcentajes que pasaron la malla N° 10, N° 40, N° 200, así como el índice de grupo y las características plásticas, en la tabla 6, se muestra la clasificación SUCS y AASHTO del suelo patrón.

**Tabla 6:** Clasificación de la muestra extraída.

CALICATA	AASHTO	SUCS
C-01	A-6 (10)	CL (ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD)

Fuente: elaboración propia.

De los resultados alcanzados se puede concluir que la muestra presenta un material arcilloso la cual nos indica que el material presenta baja capacidad de soporte CBR.

✓ PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

**Tabla 7:** Resumen de resultados del Proctor modificado del suelo patrón.

CALICATA	MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO	PESO VOLUMÉTRICO SECO MAXIMO
<b>C-01</b>	Mab. 01	7.09%	1.97 T/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

Mediante este ensayo se alcanzó la relación de la máxima densidad seca y el contenido de humedad, obteniendo así la curva de compactación del suelo, en la tabla 7 se muestran los resultados alcanzados del ensayo de Proctor modificado de la calicata ubicada en la progresiva 0+225.00 de la trocha carrozable.

CBR A 0.1" DE PENETRACIÓN (ASTM D-1883)

En la siguiente tabla 8 se muestra el resultado del ensayo de CBR, sumergido a 4 días (96 horas) por tratarse de suelos que presentan arcilla con una sobre carga de 4.5 Kg. Se alcanzó el valor de CBR al 95% y 100% del peso volumétrico seco (P.V.S) a una penetración de 0.1", los resultados obtenidos son muy importantes ya que a partir de ello se puede comparar con los resultados obtenidos con la adición del estabilizante químico con Cal y CBCA aplicado al suelo de la subrasante de la trocha carrozable en estudio.

**Tabla 8:** Resultado del ensayo de CBR 0.1" al 95 – suelo patrón.

CALICATA	MUESTRA	CBR 0.1" al	
		95% DE P.V.S.	100% DE P.V.S.
<b>C-01</b>	Mab. 01	4.41	6.17

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC), Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor, se procederá a colocar un material granular con CBR mayor a 6% y eliminar esa capa de material inadecuado, para la estabilización.

## 2. EVALUAR EL EFECTO DE LA CAL Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO.

De acuerdo a los ensayos realizados, se puede afirmar que los límites de consistencia se han visto modificados con la adición de la CAL y CBCA, es así que para la adición del 3% CAL + 15% CBCA al suelo, se ha visto que disminuyó el índice de plasticidad de 14.11% a 10.72%, lo que indica que se ha mejorado las propiedades de compresibilidad del suelo, algo mejor sucedió para la adición del 5% CAL + 15% CBCA al suelo, en donde se vio que el índice de plasticidad disminuyó de 14.11% a 8.26%, en la tabla 9 se muestran los resultados de los ensayos efectuados:

**Tabla 9:** Resultados del ensayo de límite de Atterberg adición de CAL+ CBCA.

CALICATA	MUESTRA	COMBINACIÓN DE ESTABILIZANTES	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
C-01	Mab. 01	S. PATRON	36.1	21.99	14.11
		S. PATRON + 3% CAL + 15% CBCA	26.15	15.43	10.72
		S. PATRON + 5% CAL + 15% CBCA	22.9	14.64	8.26

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que; habiéndose verificado la disminución del índice de plasticidad con la adición de CAL + CBCA, se puede afirmar que se han mejorado las propiedades de compresibilidad del suelo, la cual ayuda a la conservación de la calzada ante el tránsito de vehículos.

**3. EVALUAR EL EFECTO DE LA CAL Y CENIZA DE BAGAZO DE AZÚCAR EN EL PROCTOR MODIFICADO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO CON EL QUE SE ALCANZA LA MÁXIMA COMPACTACIÓN DEL SUELO.**

En base a los resultados obtenidos en el laboratorio:

**Tabla 10:** Resumen de resultados del ensayo Proctor modificado suelo patrón + CAL + CBCA.

CALICATA	MUESTRA	COMBINACIÓN DE ESTABILIZANTES	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO %	PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO (T/m <sup>3</sup> )
C-01	Mab. 01	S. PATRON	7.09	1.97
		S. PATRON + 3% CAL + 15% CBCA	5.8	2.01
		S. PATRON + 5% CAL + 15% CBCA	8.3	2.07

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla 10 se puede afirmar que mediante la adición de CAL + CBCA, se ha podido obtener mayores pesos volumétricos secos del suelo patrón, hecho que se interpreta como una mejora en las propiedades físicas del suelo, mediante la adición de 3% CAL + 15% CBCA, se ha logrado obtener un peso volumétrico seco de 2.01 T/m<sup>3</sup>, que en comparación al suelo patrón, se ha visto mejorado en +0.04 T/m<sup>3</sup>. Por otra parte, con la adición de 5% CAL + 15% CBCA se ha logrado obtener un peso volumétrico seco de 2.07 T/m<sup>3</sup>, que en comparación al suelo patrón, se ha visto mejorado en +0.10 T/m<sup>3</sup>, en ambas adiciones se ha visto mejoras en las propiedades físicas del suelo patrón, pero con fines de la presente investigación, la combinación optima de los estabilizantes químicos será 3% CAL + 15% CBCA.

Otra propiedad física que se ha visto modificado al igual que el peso volumétrico seco, es el contenido de humedad optimo, la variación detectada no sigue un patrón descendente o ascendente, pero se puede indicar que el contenido de humedad óptimo para la presente investigación es de 8.3% para la adición de 3% CAL + 15% CBCA, con la cual se alcanza un peso volumétrico seco máximo de 2.07 T/m<sup>3</sup>.

**4. EVALUAR EL EFECTO DE LA CAL Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR) DEL SUELO.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, se puede afirmar que la muestra que contiene un 5% de cal + 15% de CBCA, es aquella que muestra mejores valores del CBR, alcanzando un porcentaje del 22.05% al 95% del peso volumétrico seco y un 30.87% al 100% del peso volumétrico seco, en la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio:

**Tabla 11:** Resultados del ensayo Proctor modificado suelo patrón + Cal + CBCA

CALICATA	MUESTRA	COMBINACION DE ESTABILIZANTES	CBR 0.1" al	
			95% (P.V.S.)	100% (P.V.S.)
C-01	Mab. 01	S. PATRON	4.41	6.17
		S. PATRON + 3% CAL + 15% CBCA	15.43	21.61
		S. PATRON + 5% CAL + 15% CBCA	22.05	30.87

Fuente: Elaboración Propia

El manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del MTC, establece lo siguiente:

**Tabla 12:** Valor del CBR según MTC.

CLASIFICACION DE SUBRASANTE	VALOR DE CBR
Subrasante muy pobre	< 3%
Subrasante pobre	3% - 5%
Subrasante regular	6% - 10%
Subrasante buena	11% - 19%
Subrasante muy buena	> 20%

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en consideración la tabla 12, se puede indicar lo siguiente:

- ✓ La subrasante del terreno natural clasifica como una subrasante pobre, debido a que el valor del CBR al 95% del peso volumétrico seco (P.V.S.) es de 4.41%, con el nuevo valor obtenido del CBR con un 5% de cal + 15% de CBCA, la subrasante clasifica como una subrasante muy buena, debido a que el valor del CBR al 95% es de 22.05%.

## V. DISCUSIÓN:

- 1. En la investigación que realizaron, Pranav, Anusha y Koteswara (2011)** realizaron un estudio sobre superficies expansivas las mismas fueron combinadas con ceniza de cascara de arroz, cal y yeso. De resultado encontraron que el límite líquido del suelo fue 50, un IP de 27.5 y el CBR fue de 2 a condiciones húmedas. Estudiaron como los ceniza cal, yeso y cáscara de arroz inciden en las características de la superficie como son los límites de consistencia, resistencia, CBR y ensayos de hinchamiento. Como hallazgo pudieron determinar que la resistencia a la compresión no confinada se incrementó en un 36.6%, al adicionar el 20% de ceniza de cascara de arroz, cal en un 5% después de los 28 días de curado. Al aumentar ceniza de cáscara de arroz en un 20%, con la cal al 5% y yeso en un 3% resultó en 54.8% a los 28 días de curado. Luego de 4 días de curado, cuando el suelo fue mezclado con 20% de ceniza de cáscara de arroz con 5% de cal el valor de CBR obtenido bajo condiciones húmedas fue de 14. Cuando fue combinado con 20% de ceniza de cáscara de arroz con 5% de cal y 3% de yeso el valor de CBR bajo condiciones húmedas fue de 18. En la **investigación se concluyó** que la ceniza de cáscara de arroz resulta ser un potencial estabilizador mezclado con yeso y cal; por lo que resultan ser una alternativa para disminuir los costos en la construcción de carreteras; **en la presente investigación** no se pudo evaluar la efectividad de la adición de la ceniza de cascara de arroz y yeso, debido a que no se consideró la evaluación de esos estabilizantes químicos, pero lo que sí se puede reforzar, es la efectividad de la cal en la mejora de la capacidad de soporte de los suelos (CBR), debido a que se comprobó la efectividad de la adición de la CBCA en la capacidad de soporte (CBR), ya que para el caso de la adición de 3% CAL + 15% CBCA, se evidencio una mejora del (CBR) al 95%, ya que se incrementó de 4.41% (Suelo patrón) a 15.43% y para el caso de adición del 5% CAL + 15% CBCA se incrementó de 4.41% a 22.05%.
- 2. En la investigación que realizo Aquino (2018)**, en su investigación, desarrollada en la universidad Privada de Trujillo. Concluyó que el aumento de resistencia progresivo del suelo a diferentes porcentajes,

siendo 15% la adición más óptima con el cual se alcanza una mejora del CBR en hasta un 60%. Las particularidades físicas y mecánicas de la superficie que fueron optimizadas a través de del procedimiento de la consolidación, el índice de plasticidad del suelo estabilizado se reduce en hasta un 15% con el aumento de la capacidad de la ceniza de bagazo de caña de azúcar y el curado tiene también un efecto insignificante en la plasticidad del suelo expansivo. El contenido de humedad óptimo aumentó mientras que los valores máximos de densidad seca disminuyeron con el incremento del contenido de ceniza de bagazo de caña de azúcar. Además, el esponjamiento libre, índice de esponjamiento libre y relación de hinchamiento libre de las muestras estabilizadas disminuyeron en hasta un 25% con el aumento de contenido de ceniza. El diseño estructural de un pavimento típico según normativa AASTHO, aumentó de CBR en hasta un 60%, producido por la estabilización, se disminuye las dimensiones de las capas estructurales necesarias para la construcción de pavimentos en el distrito de Laredo, lo cual conlleva a un ahorro económico significativo. Se verificó que la consolidación de superficies con ceniza de bagazo de caña de azúcar es una de las alternativas potenciales del rehúso de residuos producidos por la industria para la ejecución de carreteras; siendo así, **en la presente investigación**, se ratifica la efectividad de la adición de la CBCA en los suelos, ya que para el caso de la adición de 3% CAL + 15% CBCA, se ha visto una mejora muy notoria en la capacidad de soporte (CBR) al 95%, ya que se incrementó de 4.41% (Suelo patrón) a 15.43% y para el caso de adición del 5% CAL + 15% CBCA se incrementó de 4.41% a 22.05%, se tuvo también una mejora en el aumento del peso volumétrico seco con la adición del 3% CAL + 15% CBCA incrementándose de 1.97 T/m<sup>3</sup> (Suelo patrón) a 2.01 T/m<sup>3</sup>, y con la adición del 5% CAL + 15% incrementándose de 1.97 T/m<sup>3</sup> a 2.07 T/m<sup>3</sup>.

- 3. En la investigación que realizó Terrones (2018)**, en su investigación, desarrollada en la universidad Privada del Norte – Trujillo- Perú. Concluyó que la resistencia a la compresión de la muestra patrón se encuentra entre 13.76 kPa y 13.96 kPa, la muestra con añadidura de 5% de CBCA

obtiene una resistencia a la compresión entre 33.62 kPa y 33.84 kPa, la muestra con añadidura de 10% de CBCA tiene una resistencia a la compresión de 77.91 kPa a 80.11 kPa, mientras que la muestra con la añadidura del 15% de CBCA obtiene una resistencia a la compresión de 150.56 kPa a 151.23 kPa, identificando que el adición optima es la muestra que tiene el 15% de CBCA que permite conseguir la estabilización del suelo a nivel de subrasante, ya que logra mejorar las particularidades mecánicas de la superficie, asimismo mejora la capacidad portante del suelo. Estas mejoras se reflejaron en los puntos donde se evaluador: el CBR del Km 0+011 se incrementó de 1.888% a 22.5%. en la presente investigación, no se puede poner en tela de juicio el comportamiento mecánico del suelo con la adición de CBCA, en cuanto a la resistencia a la compresión, debido a que la presente investigación no evaluó ese parámetro, pero se puede ratificar fehacientemente la efectividad de la adición de la CBCA en la capacidad de soporte (CBR), ya que para el caso de la adición de 3% CAL + 15% CBCA, se ha visto una mejora muy notoria del (CBR) al 95%, ya que se incrementó de 4.41% (Suelo patrón) a 15.43% y para el caso de adición del 5% CAL + 15% CBCA se incrementó de 4.41% a 22.05%.

- 4. En la investigación que realizo Carrasco (2017),** con su estudio, desarrollada en la universidad Cesar Vallejo Nuevo Chimbote. Quien Concluyó que es posible estabilizar superficies arcillosas añadiendo ceniza de caña de azúcar, siendo el tipo de suelo analizado según su clasificación ASHTO-SC A6(11), ya que mejora las propiedades del suelo. La muestra adicionada con ceniza de caña de azúcar obtiene una mejora en la disminución del índice de plasticidad (IP), siendo el IP de la muestra de suelos sin adición de 15.84, mientras que adicionando ceniza de caña de azúcar en un 35% se obtuvo un IP de 9.8. Obteniendo también la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo que se obtuvo con la adición de ceniza de caña de azúcar el valor de 1.75 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que la densidad seca de la muestra patrón por lo general resulta 1.66 gr/cm<sup>3</sup>, representando así mejoría en las características mecánicas a través de la compactación. Determinando

que una superficie arcillosa se consigue consolidar con la añadidura del 35% de ceniza de caña de azúcar. en la presente investigación, se puede ratificar la efectividad de la adición de la CBCA, debido a que, al igual que en la investigación en discusión, se ha obtenido una disminución del índice de plasticidad con la adición del 3% CAL + 15% CBCA disminuyendo de 14.11% (Suelo patrón) a 10.72%, y con la adición del 5% CAL + 15% CBCA la disminución fue de 14.11% a 8.26%.

- 5. En la investigación que realizo Lujerio (2018),** en su investigación, desarrollada en la universidad San Pedro – Huaraz – Perú. Concluyó que los ceniza del Bagazo de caña de azúcar CBCA poseen comportamientos puzolánicos ya que entre sus componentes químicos presenta: silicio, aluminio y fierro que en conjunto representan al 77.14% el cual supera a lo que la Norma C618 indica, por lo tanto este valor beneficia a la superficie en su comportamiento. El valor del pH del CBCA es de 10.85, mientras que la mezcla del suelo con 4% de cemento es de 11.05% el cual es extremadamente alcalina y la mezcla del suelo con 1% de CBCA es de 7.51 es mismo se denomina como ligeramente alcalina. La amplitud de soporte CBR del suelo patrón C-1 al 100% es 42.49, mientras que el experimental con cemento es 51.73% y el experimental con CBCA es 46.86%, incrementándose en un 21% y 10% respecto al suelo sin mezcla. La CBR del suelo patrón C-1 al 95% es de 20, de la muestra experimental con cemento es 25 y de la muestra experimental con CBCA es 22.83, incrementándose en 25% y 14% respecto a la muestra patrón. La muestra patrón recogida de la localidad de Cantu de acuerdo a la clasificación ASSHTO y SUCS resulta ser Arenas Limosas sin plasticidad siendo así, en la presente investigación, se ratifica la efectividad de la adición de la CBCA en los suelos arcillosos, ya que para el caso de la adición de 3% CAL + 15% CBCA, se ha visto una mejora muy notoria en la capacidad de soporte (CBR) al 95%, ya que se incrementó de 4.41% (Suelo patrón) a 15.43% y para el caso de adición del 5% CAL + 15% CBCA se incrementó de 4.41% a 22.05%.

## VI. CONCLUSIONES:

En la presente investigación, después de realizarse las pruebas de Proctor modificado, límite de consistencia y CBR con la combinación del suelo patrón + CAL + CBCA, se determinó la estabilización del suelo arcilloso existente en la vía principal del barrio emprendedor Guadalupe, encontrando hallazgos favorables en los que se evidenció mejoras en las propiedades mecánicas y físicas del suelo, se puede considerar como adición óptima la combinación de 5% CAL + 15% CBCA, ya que se logró disminuir el índice de plasticidad del suelo patrón de 14.11% a 8.26%, así mismo, se logró incrementar el peso volumétrico seco de 1.97 T/m<sup>3</sup> a 2.07 T/m<sup>3</sup> y finalmente incrementar la capacidad de soporte (CBR) al 95% de 4.41% a 22.05%, asimismo se ha llegado a las siguientes: **Conclusiones según los objetivos específicos:**

1. Según las pruebas obtenidas en el laboratorio de suelos, se obtuvieron las características mecánicas y físicas del suelo estudiado, concluyéndose que el tipo de suelo de la muestra que fue evaluada a través de las pruebas de límites de consistencia y análisis granulométrico por tamizado, dio como resultado un suelo A-6 (10) según la clasificación del método AASHTO y según SUCS un suelo CL (arcilla de baja plasticidad), el contenido de humedad natural fue de 12.53%, límite líquido 36.10%, límite plástico 21.99%, el índice de plasticidad 14.11%, el peso volumétrico seco máximo 1.97 T/m<sup>3</sup> con contenido de humedad óptimo de 7.09% y una capacidad de soporte (CBR) a una lectura al 95% de 4.41%.
2. En base a los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos, se puede afirmar que los límites de consistencia se han visto modificados para la adición del 3% CAL + 15% CBCA, verificándose la disminución del índice de plasticidad de 14.11% a 10.72%, así mismo, para la adición del 5% CAL + 15% CBCA, el índice de plasticidad disminuyó de 14.11% a 8.26%, de acuerdo a lo indicado se puede afirmar que se han mejorado las propiedades de compresibilidad del suelo, la cual ayuda a la conservación de la calzada ante el tránsito de vehículos.

3. De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, se puede afirmar que mediante la adición de 3% CAL + 15% CBCA, se ha logrado obtener un peso volumétrico seco de 2.01 T/m<sup>3</sup>, que en comparación al suelo patrón, se ha visto mejorado en +0.04 T/m<sup>3</sup>. Asimismo, con la adición de 5% CAL + 15% CBCA se ha logrado obtener un peso volumétrico seco de 2.07 T/m<sup>3</sup>, que en comparación al suelo patrón, se ha visto mejorado en +0.10 T/m<sup>3</sup>, en ambas adiciones se ha visto mejoras en las características físicas del suelo patrón.
4. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, se puede afirmar las mejoras en los valores del CBR al 95%, mediante la adición del 3% de cal + 15% de CBCA, se ha incrementado el valor del CBR de 4.41% a 15.43%, así mismo mediante la adición del 5% de cal + 15% de CBCA se ha incrementado de 4.41% a 22.05%, en cuanto a los valores del CBR al 100%, mediante la adición del 3% de cal + 15% de CBCA, se ha incrementado el valor del CBR de 6.17% a 21.61%, así mismo mediante la adición del 5% de cal + 15% de CBCA se ha incrementado de 6.17% a 30.87%.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

1. Se recomienda a los gobiernos locales, regionales y nacionales, considerar en los proyectos de inversión pública, la estabilización química de la sub rasante de las trochas carrozables con CAL + CBCA, debido a que es una alternativa económica, amigable con el medio ambiente y podría mostrar un buen comportamiento físico mecánico de los suelos, este último está garantizado por la presente investigación y por todas las investigaciones que se han citado y puesto en discusión en la presente.
2. Es aconsejable el uso de la CAL + CBCA en suelos que cuentan con estratos de textura fina como las arcillas y los limos, presentan una baja relación de soporte CBR, al adicionar este material consolidante incrementa los parámetros de Proctor modificado, CBR y disminuye el índice de plasticidad logrando obtener una subrasante con los requerimientos mínimos de la norma del MTC.
3. A las futuras investigaciones, se recomienda evaluar el comportamiento físico mecánico de los suelos mediante la adición de cal en mayores porcentajes a los establecidos en la presente investigación, teniendo en cuenta, mantener constante el porcentaje de la CBCA y variando únicamente el porcentaje de CAL, esto debido a que en la presente se ha evidenciado mejoras en el comportamiento del suelo conforme se incrementa el porcentaje de CAL, verificándose que los valores del CBR, peso volumétrico seco y el índice de plasticidad, tienen una tendencia creciente y no se ha alcanzado el pico máximo de los valores.

## REFERENCIAS

Acosta H.A., EDIL, T.B., Benson, C.H. *Soil stabilization and drying using fly ash* (2003). Geo Engineering Report No. 03-03 Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison

ADVANCED ENGINEERING GEOLOGY & GEOTECHNICS. Various aspects of expansive soils relevant to geoenvironmental practice. (2004)

Aparna Roy. *Soil Stabilization using Rice Husk Ash and Cement*(2014). International Journal of Civil Engineering Research

AQUINO Mendoza, Marco. Estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de azúcar para su uso en subrasantes en el distrito de Laredo. Trujillo, La Libertad 2018. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada de Trujillo, facultad de Ingeniería Civil, 2020. 173pp.

ALTAMIRANO Navarro, Genaro y DIAZ Sandino, Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, facultad de Ingeniería Civil, 2015. 113pp.

ARJUNAN, P., SILSBEE, M., y ROY, D. Chemical Activation of Low Calcium Fly Ash Part II: Effect of Mineralogical Composition on Alkali Activation. Center for Applied Energy, (2001). 1-8pp.

ASTM D422-63.(2007). ASTM. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, <https://www.astm.org/Standards/D422.htm>

ASTM D4318. (2013). ASTM Standard test methods for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils. <https://www.astm.org/Standards/D4318.htm>

ASTM D4767-11. (2011). ASTM International. Recuperado el 27 de 12 de 2016, de Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi.htm>

BEHAK Leonardo, MUSSO Marcos, PIÑEIRO Gustavo y SELVES Federica. "Desempeño de un tramo experimental de pavimento con capa de base de suelo

modificado con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal” (2015). XVII congreso argentino de vialidad y tránsito. Novena expovial Argentina.

BELTRÁN Parra, Mario y COPADO Beltrán, José. Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia de San Juan Capistrano de Ciudad Obregón. Tesis (Doctorado en Ingeniería Civil). España: UNIVERSIDAD DE SONORA, Departamento de la facultad de Ingeniería Civil, 2011. 93pp.

BRAJA, M. Das. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Thomson International: USA, 2001. 608 pp.

ISBN: 9706860614

CABANA Valverde, Marco. Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico cal a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria – Wilcahuain, Huaraz, 2017. Tesis (obtención del título de ingeniero civil) Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, facultad de Ingeniería Civil, 2017. 173pp.

CABRERA Nole, José y PAREDES Minaya, Jerry. Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal Izquierdo, Provincia del Santa – Ancash – 2018. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, 2018. 156 pp.

CAÑAR Tiviano Edwin. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. Tesis (obtención del título de ingeniero civil) Ambato-Ecuador: Universidad técnica de Ambato, 2017. 167pp.

CARRASCO Mejía, Danny. Estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa - 2017. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Nuevo Chimbote: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 195 pp.

CASTRO Cuadra, Axel. *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. Tesis (Obtención del título de

ingeniero civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil ,2017. 211 pp.

CRESPO Villalaz, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5. a ed. Limusa: México, 2004. 650 pp.

ISBN: 9681864891

CUIPAL Chávez, Betty. Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018”. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, 2018.

DELGADO López, Carol y MENDOZA Meléndez, Ivette. Influencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la tensión efectiva en suelos susceptibles a licuación. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Civil ,2017. 128 pp.

ESPINOZA Chuquino, Alexis y VELASQUEZ Pérez, Jhonatan. Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia 2018. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, 2018. 238pp.

GARCIA Huaranca, Juan. Estabilización de suelos arcillosos con Cal aplicación a la carretera Tingo María - Pucallpa sector III Neshuya - Pucallpa. Tesis (obtención del título de ingeniero civil) Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2011. 215pp.

GONZALEZ Guerra, Angel. *Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de cal – ceniza volante*. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala, 2014. 117pp.

HERNÁNDEZ Jaén, Uriel. *Comportamiento Mecánico y Físico del mortero a base del CBCA como árido en aplanado de muros*. Tesis (Obtención del título de especialista en construcción). Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil ,2011. 100 pp.

JUAREZ Badillo, Eulalio y RICO Rodríguez, Alfonso. *Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa, 2005. 644 pp.

ISBN: 9681800699

LUJERIO Urbano, Lisbeth. Efecto de la adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de los suelos en la carretera de Cantú- Huaraz. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Huaraz: Universidad San Pedro, 2018. 103pp.

LLIQUE Mondragon, Robinson. *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. 110pp.

MAMANI Barriga Lux, YATACO Quispe Alejandro. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho. Tesis (obtención del título de ingeniero). Lima: Universidad San Martín de Porres, facultad de ingeniería civil, 2017. 198pp.

MATAMORROS V. Olga. *Análisis de la amenaza de licuefacción, lavas, lahares y caída de cenizas volcánicas en la región caribe norte de Costa Rica*. Tesis (Licenciatura en Geografía física). Costa Rica: Universidad Nacional de Costa Rica, Departamento de la facultad de Tierra y Mar, 1994. 70pp

MEJIA de Gutiérrez, Ruby y VICENTE Amigó Borrás, VALORACIÓN *puzolánica de la hoja de la caña de azúcar por Mejía de Gutiérrez*. Colombia: 2011. 13 pp.

ISSN: 0465-2746

MINISTERIO de Transportes y comunicaciones. MTC. Manual de ensayo de materiales. [En línea] 2016. 1269pp.

<https://es.slideshare.net/castilloaroni/manual-de-carreteras-ensayos-de-materiales-aprobado-con-rd-n-182016mtc14-vigente-desde-el-27jun16>

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. MTC. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. [En línea] 2008. 159pp.

<http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>

MINISTERIO de Agricultura y Riego (Perú). Producción de caña de azúcar en el Perú, perspectivas. Lima, 2017. 7 pp.

MORALES Güeto, Juan. *Tecnología de los materiales cerámicos*. Díaz de Santos: Madrid, 2005.349 pp.

MORALES Zuluaga, Daniel. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Colombia: Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería Civil,2015. 80pp.

NORABUENA Sandoval, Fergie. *Resistencia de un suelo arcilloso sustituido al 6% por ceniza de bagazo de caña de azúcar en Huanroc-Macate*. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Chimbote: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Civil ,2017. 85 pp.

Niyazi, U. K. & Turan, O. Effects of lightweight fly ash aggregate properties on the behavior of lightweight concretes. *Journal of Hazardous Materials*, 2010(179), 954-965.

NORABUENA Sandoval, Fergie. *Resistencia de un suelo arcilloso sustituido al 6% por ceniza de bagazo de caña de azúcar en Huanroc-Macate*. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Chimbote: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Civil ,2017. 85 pp.

NORMA TECNICA PERUANA. NTP 339-145(1999). Comisión de reglamentos técnicos y comerciales. Apartado 145. 1-22pp.

PALLI Apaza, Edwin. Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, facultad de ingeniería civil, 2015. 184pp.

PRANAV P.R.T, ANUSHA M. y KOTESWARA Rao. D. “*Stabilization Of Expansive Soil With Rice Husk Ash, Lime And Gypsum – An Experimental Study*” (2011). International Journal of Engineering Science and Technology.

QUINTERO, Lemusa Leidy y GALLARDO, Amaya Romel. *Caracterización mineralógica de arcillas expansivas con fines de estabilización*. Investigación en Geotecnia y Medio Ambiente GIGMA. Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 2015.10 pp.

SALAS Solorzano, Elmer y PINEDO Infantes, Adrián. Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de sub rasante para pavimentos flexibles en el asentamiento Humano los Conquistadores, Nuevo Chimbote-2018. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, facultad de Ingeniería Civil, 2018. 132pp.

TERRONES Cruz, Andrea. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, facultad de ingeniería civil, 2018. 385 pp.

VALLE Áreas, Wilfredo Alonso. *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yasíferos*. Tesis (Master en Caminos, Canales y Puertos). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería, 2010. 68 pp.

VELARDE Del Castillo, Abel. Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento. Tesis (obtención del título de ingeniero civil). Puno: Universidad nacional del Altiplano, facultad de Ingeniería Civil, 2015. 109pp.

VIDAL V. Diana, Mejía de G. Ruby, Torres A. Janneth y Gonzales S. Luis. (2013). Estudio comparativo de cenizas de bagazo de caña como adición puzolánica, revista colombiana de materiales revista N<sup>o</sup>5, 13-18pp. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/download/19329/1654>

# **ANEXOS**

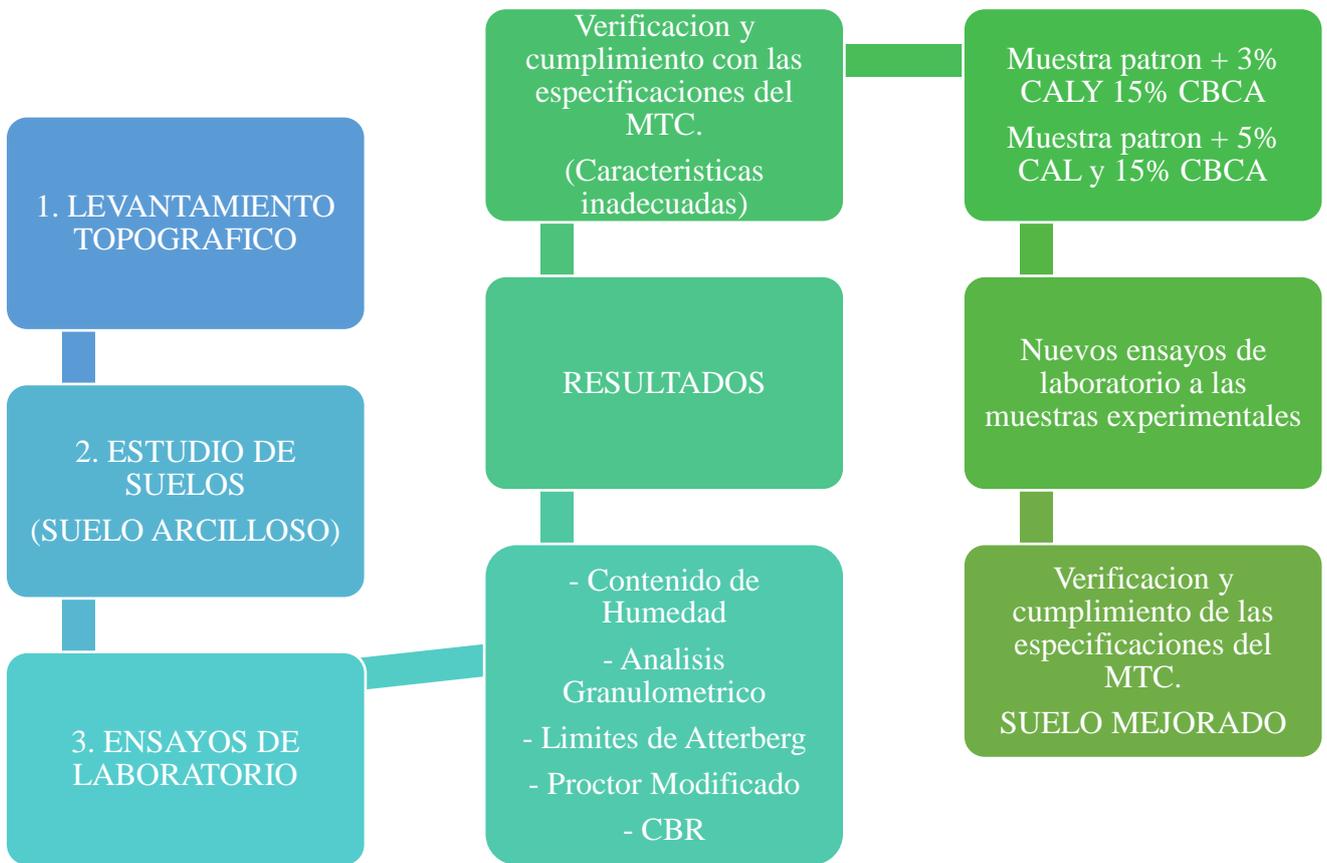
**Tabla 13: Matriz de Consistencia.**

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES
<p style="text-align: center;"><b>GENERAL:</b></p> <p>¿Cuál será el porcentaje óptimo de cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar para alcanzar la mayor compactación del suelo arcilloso de la trocha carrozable en el barrio emprendedor de Guadalupe, Huaraz?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Determinar el porcentaje óptimo de Cal y Ceniza de Bagazo de Caña de azúcar para alcanzar la mayor compactación del suelo arcilloso de la trocha carrozable en el barrio emprendedor Guadalupe.</p>	<p>Con la adición de cal en un 3% y 5%, y ceniza de bagazo de caña de azúcar en un 15% se mejorarán las propiedades Físico-Mecánicas del suelo, mejorando así los servicios de transitabilidad de la trocha carrozable del barrio emprendedor Guadalupe (Pasaje Guadalupe), Huaraz.</p>	<p style="text-align: center;"><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> :</p> <p style="text-align: center;">Experimental</p>	<p style="text-align: center;"><b>V.I:</b> Cal viva, ceniza de bagazo de caña de azúcar.</p>
	<p><b>ESPECIFICOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Caracterizar el suelo del sector vial del barrio emprendedor Guadalupe (Pasaje Guadalupe).</li> <li>2.- Evaluar el efecto de la cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar en el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.</li> <li>3.- Evaluar el efecto de la cal y ceniza de bagazo de azúcar en el Proctor modificado para determinar el contenido de humedad óptimo con el que se alcanza la máxima compactación del suelo.</li> <li>4.- Evaluar el efecto de la cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar en el valor relativo de soporte (CBR) del suelo.</li> </ol>		<p style="text-align: center;"><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p style="text-align: center;">Experimental</p>	<p style="text-align: center;"><b>V.D:</b> Estabilización de suelos</p>

**Tabla 14:** Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLES DE ESUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	DIMENSIONES
<b>(V.I)</b> <b>% DE ADICIÓN</b>  <b>CAL (3%-5%) -</b> <b>CENIZA DE</b> <b>BAGAZO DE</b> <b>CAÑA DE</b> <b>AZÚCAR 15%</b>	<p>*La cal es el producto de la calcinación de rocas calizas a temperaturas entre 880 y 900°C. La adicción de cal en materiales arcillosos genera diferentes reacciones, en mayor y menor grado, produce aumento en su límite líquido y mayor incremento en su límite plástico para generar así una disminución en su índice plástico</p> <p>*Las CBCA son un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se utiliza como combustible que sirve para calentar las calderas para obtener el azúcar.</p>	<p>*La cal es un producto de la calcinación de la calcita con lo que se obtiene un material de color blanco que es muy usado para para distintas actividades, teniendo mayor apogeo en la estabilización de suelos actualmente, siendo también un material barato y fácil de obtener.</p> <p>*CBCA está siendo utilizado actualmente en el campo de la ingeniería para la estabilización de suelos.</p>	Suelo compactado sin estabilizantes químicos	NOMINAL
			Suelo estabilizado adicionando CAL 3% y CBCA 15%	NOMINAL
			Suelo estabilizado adicionando CAL 5% y CBCA 15%	NOMINAL
<b>(V.D)</b> <b>ESTABILIZACIÓ</b> <b>N DE SUELOS</b>	<p>La estabilización de un suelo es el proceso mediante el cual, se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose una capa de asiento del firme estable y durable.</p>	<p>La estabilización de suelos consiste en realizar una mejora ya sea adicionando productos físicos o químicos, o realizando la compactación. Para así alcanzar mejoras en el suelo y que este tenga un mejor comportamiento cuando es sometido a cargas.</p>	Contenido de Humedad	NOMINAL
			Granulometría	NOMINAL
			Límite Líquido	NOMINAL
			Límite Plástico	NOMINAL
			Relación de soporte califórnica - CBR	NOMINAL

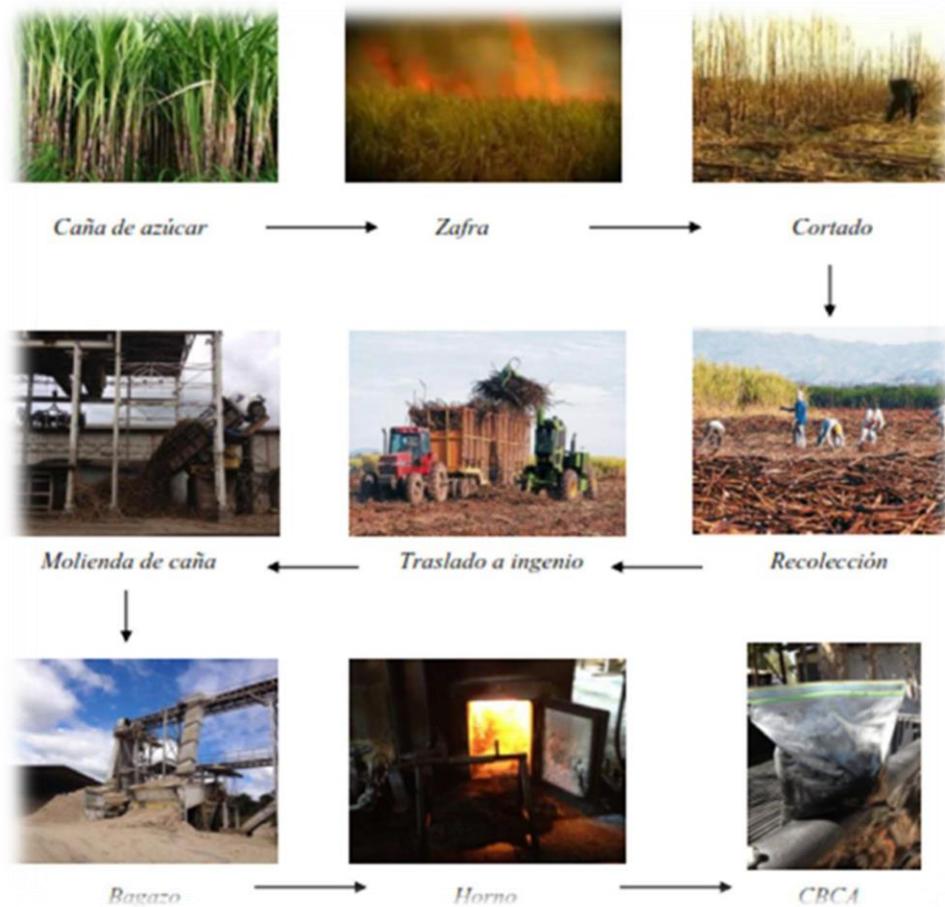
FLUJO GRAMA CON LA EXPLICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



**Tabla 15:** Ficha técnica de CBCA.

<b>CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	La CBCA se define como un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Su propiedad como cementante permite usarlo como un material puzolánico, que mejora las propiedades de los productos con los que se reemplaza o combina.
<b>NOMENCLATURA</b>	CBCA
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por su composición química la CBCA tiene altos contenidos de materiales puzolánicos como el dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) lo que permite que pueda ser trabajado como material cementante.</li> <li>- Las puzolanas se deben de mezclar con activadores alcalinos.</li> </ul>
<b>INDICACIONES</b>	Las cenizas deben ser tamizado por la malla N°200 ya que este material tiene mejores resultados cuando más fino sea, el porcentaje óptimo de adición de CBCA para un suelo CL es el 20% del peso del material
<b>PRECAUCIONES PERSONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar el contacto con la piel y los ojos.</li> <li>- Llevar equipo de protección adecuado.</li> </ul>
<b>PRECAUCIONES AMBIENTALES</b>	- Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas
<b>ESTABILIZACIÓN CON USO DE CAL + CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR(CBCA)</b>	Los estudios indican que el cemento o cal y la CBCA, pueden modificar las propiedades mecánicas y puede mejorar otras como la penetración de la humedad hacia los concretos, además en el caso de suelos susceptibles a fallas estos mismos activados con materiales químicos formar geopolímeros que le añadan resistencia al suelo (Hernández, 2011).

Fuente: *elaboración propia*



**Figura 3:** Producción de la CBCA.

	A 100°C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.
	A 350°C Inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema del bagazo.
	Entre 400° a 500°C el carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa, después de esta etapa la ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice.
	El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuarzos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas.
	Encima de los 800°C, el sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

**Figura 4:** Proceso de modificación en la quema de ceniza de bagazo.

**Tabla 16:** Composición química del bagazo de caña de azúcar

CENIZA	SiO2	Al2O3	CaO	MgO	Fe2	K2O	Na2O	P2O5	SO3
PAJA DE CAÑA	64.7	4.21	13.8	6.22	1.4	6.87	1	0.27	0
BAGAZO	67.5	3.5	7.6	3.5	9	3.75	2.17	1.7	0

**Tabla 17:** Requisitos químicos de las puzolanas. ASTM-C618,2012

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CLASE		
		F	C	N
SiO2+Al2O3+Fe2O3	min%	70	50	70
SO3	max%	5	5	4
Contenido de humedad	max%	3	3	3
Pérdida por calcinación	max%	6*	6	10

**Tabla 18:** Ficha técnica de CAL.

<b>CAL</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<p>Sustancia alcalina blanca, ligera y cáustica, que en contacto con el agua se hidrata y desprende calor; se emplea en la fabricación de abonos, cementos y materiales refractarios.</p> <p>Como término genérico la cal es un producto compuesto de óxidos e hidróxidos de calcio y magnesio que procede de la calcinación de minerales calizos y dolomíticos.</p>
<b>FORMULA QUIMICA</b>	CaO
<b>CARACTERISTICAS</b>	<p>La cal es un material aglomerante, igual que el cemento y el yeso, que posee una alta alcalinidad. Proviene de la piedra caliza o carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), que por calcinación se convierte en cal viva u óxido de calcio (CaO), producto químicamente inestable.</p>
<b>USO EN LA CONSTRUCCION</b>	<p>Es aplicado en el suelo para estabilizarlo, para la mezcla con cemento, como también para la fabricación de ladrillos, carreteras y obras públicas.</p>
<b>APORTES AMBIENTALES</b>	<p>Se emplea para ablandar, purificar, eliminar turbiedad, neutralizar la acidez y eliminar la sílice (en parte arena) y otras impurezas con el fin de mejorar la calidad del agua que consumen las personas.</p>
<b>ESTABILIZACION CON USO DE CAL + CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR(CBCA)</b>	<p>Los estudios indican que el cemento o cal y la CBCA, pueden modificar las propiedades mecánicas y puede mejorar otras como la penetración de la humedad hacia los concretos, además en el caso de suelos susceptibles a fallas estos mismos activados con materiales químicos formar geopolímeros que le añadan resistencia al suelo (Hernández, 2011).</p>

Fuente: *elaboración propia*

CLASIFICACIÓN DE SUELOS TAMAÑO DE LAS PARTICULAS, SEGÚN LOS  
SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

**Tabla 19:** Clasificación de partículas según S.U.C.S.

<b>S.U.C. S</b>		
	Tamaño mínimo(mm)	Tamaño máximo (mm)
Bloques	300	-
Bolos	75	300
Grava	4.76	75
Arena	0.075	4.76
Limo	0.002	0.075
Arcilla	-	0.002

**Tabla 20:** Nomenclaturas según S.U.C.S. o clasificación modificada de Casagrande

<b>PRIMERA Y/O SEGUNDA LETRA</b>	
<b>LETRA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico

**Tabla 21:** Clasificación S.U.C.S

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRE DEL GRUPO
<b>SUELOS GRANULARES GRUESOS</b> Más del 50% retenido en el tamiz N°200(0.075 mm)	<b>GRAVA &gt; 50%</b> de la fracción gruesa retenida en el tamiz N°4 (4.75mm)	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz N°200	<b>GW</b> Grava bien gradada, grava fina a gruesa
			<b>GP</b> Grava pobremente gradada
		Grava con más de 12% pasa el tamiz N°200	<b>GM</b> Grava limosa
			<b>GC</b> Grava arcillosa
	<b>ARENA ≥ 50%</b> de fracción gruesa que pasa el tamiz N°4 (4.75mm)	Arena limpia	<b>SW</b> Arena bien gradada, arena fina a gruesa
			<b>SP</b> Arena pobremente gradada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz N°200	<b>SM</b> Arena limosa
			<b>SC</b> Arena arcillosa
<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más del 50% pasa el tamiz N°200(0.075 mm)	<b>LIMO Y ARCILLAS</b> límite líquido < 50	Inorgánico	<b>ML</b> Limo
			<b>CL</b> Arcilla
		Orgánico	<b>OL</b> Limo orgánico, arcilla orgánica
	<b>LIMO Y ARCILLAS</b> límite líquido ≥ 50	Inorgánico	<b>MH</b> Limo de alta plasticidad, limo elástico
			<b>CH</b> Arcilla de alta plasticidad
		Orgánico	<b>OH</b> Arcilla orgánica, Limo orgánico
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>		<b>PT</b>	Turba

**Tabla 22:** Clasificación de partículas según NORMAS AASHTO

<b>NORMAS AASHTO</b>		
	Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo (mm)
Bloques	75	-
Grava	2	75
Arena	0.075	2
Limo	0.005	0.075
Arcilla	0.001	0.005

**Tabla 23:** Clasificación de partículas según NORMAS A.S.T.M.

<b>NORMAS ASTM</b>		
	Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo (mm)
Grava	4.76	75
Arena Gruesa	2	4.73
Arena Media	0.42	2
Arena Fina	0.075	0.42
Limo	0.005	0.075
Arcilla	0.001	0.005
Coloides	-	0.001

**Tabla 24:** Clasificación Europea de partículas

<b>DIAMETRO DE PARTICULAS "d" (mm)</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
$d < 0.002$	Arcilla
$0.002 < d < 0.006$	Limo Fino
$0.006 < d < 0.02$	Limo Medio
$0.02 < d < 0.06$	Limo Grueso
$0.06 < d < 0.2$	Arena Fina
$0.2 < d < 0.6$	Arena Media
$0.6 < d < 2$	Arena Gruesa
$2 < d < 6$	Grava Fina
$6 < d < 20$	Grava Media
$20 < d < 60$	Grava Grueso
$d > 60$	Piedras

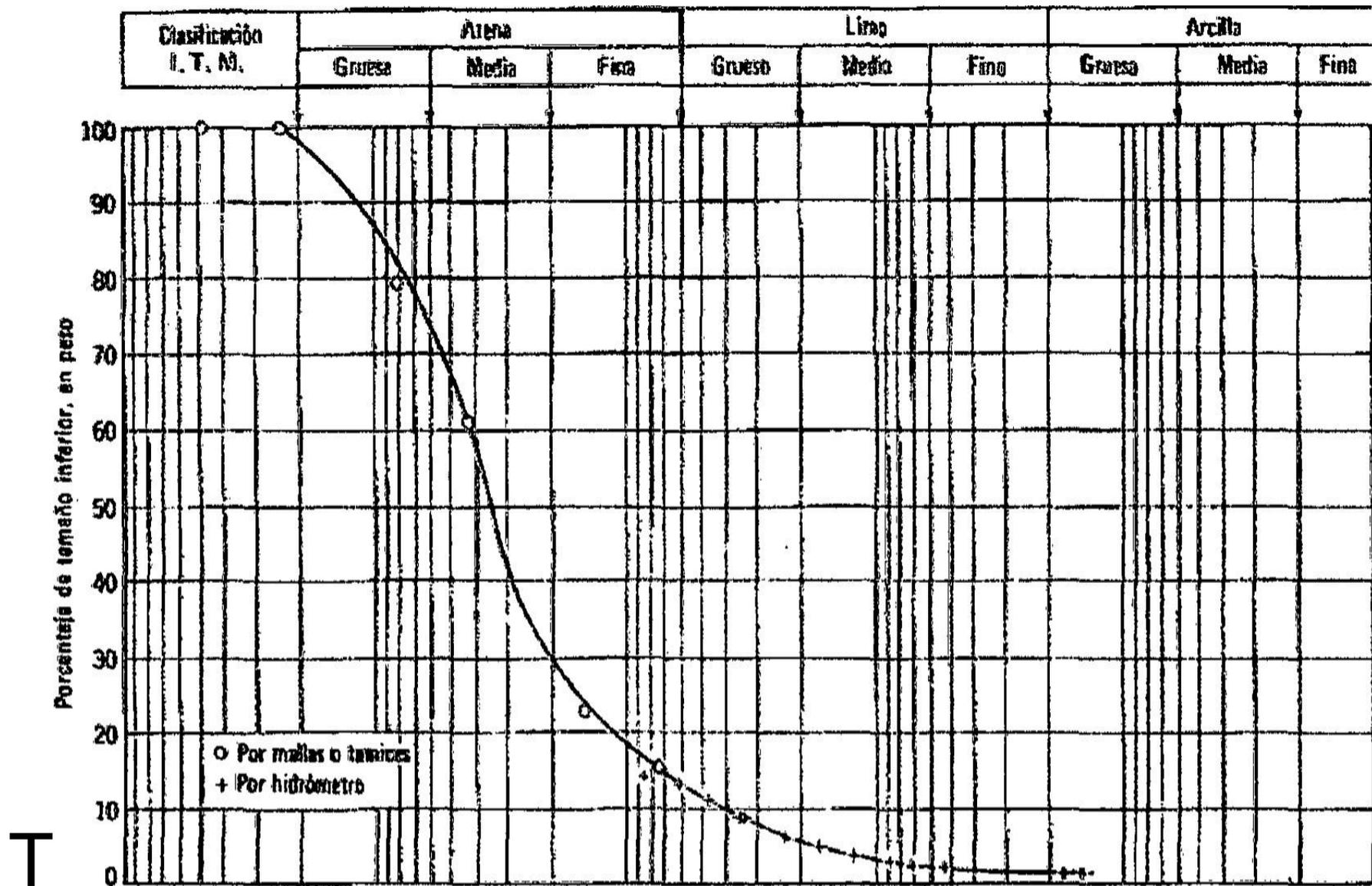


Figura 5: Curva granulométrica de un suelo según (Lambe, 1951).

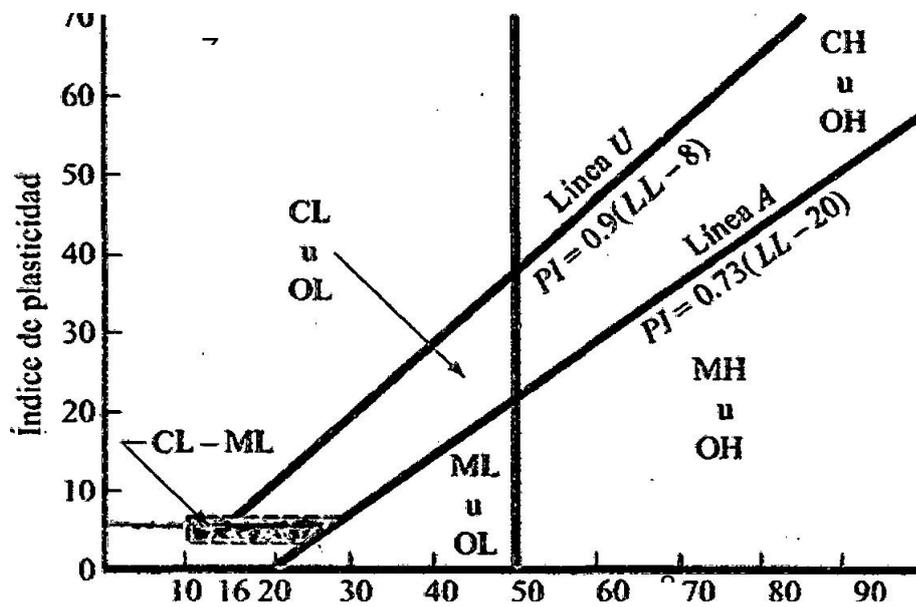


Figura 6: Carta de plasticidad Casagrande

Tabla 25: Denominación de suelos granulares según densidad relativa.

DENSIDAD RELATIVA (%)	DENOMINACIÓN
0-15	Muy suelto
15-35	Suelto
35-65	Medio
65-85	Denso
85-100	Muy denso

## PROCEDIMIENTO DESCRIPTIVO.

- a) Obtención de las características físicas y mecánicas del suelo patrón y con adición de cenizas de caña de azúcar.

### CONTENIDO DE HUMEDAD.

#### Procedimientos y Cálculos.

Para la realización de este ensayo de contenido de humedad de las muestras patrón se siguió de acuerdo al procedimiento establecido por la siguiente Norma técnica peruana NTP 339.127. El ensayo se realizó a las muestras inalteradas aproximadamente 600 gr extraídas de la calicata, esta muestra inmediatamente se trasladó al laboratorio de suelos MATHLAB Ingeniería Sismorresistente E.I.R.L, donde se determinó la cantidad de agua presente en la muestra de suelo, por medio de los siguientes cálculos:

Primero se determinó el peso del agua contenida ( $W_w$ ).

$$W_w = \text{Peso total del suelo húmedo} - \text{Peso total del suelo seco}$$

Segundo se determinó el peso del agua contenida ( $W_s$ ).

$$W_s = \text{Peso total del suelo seco} - \text{Peso del recipiente (tara)}$$

Tercero se procedió calcular el contenido de humedad de cada una de las muestras representativas del suelo ( $W\%$ )

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Finalmente se calculó el promedio de los porcentajes de humedad. Tal como se especifica en las siguientes tablas.

Humedad	MUESTRA N° 01	
FRASCO N°	1	2
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	231.00	225.15
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	222.15	216.92
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	8.85	8.23
(4) Pfr (gr)	150.26	152.35
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	71.89	64.57
(6) C. Humedad ((3) / (5)	12.31	12.75
CONTENIDO DE HUMEDAD	<b>12.53</b>	

**Tabla 26:** Determinación de contenido de Humedad.

Nota: Pfr = Peso del frasco.

P.S:H = Peso del suelo Húmedo.

P.S.S = Peso del Suelo Seco.

Pagua = Peso del Agua.

**b) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.**

**- PROCEDIMIENTO Y CÁLCULOS:**

Este ensayo se realizó solamente para la muestra patrón de la trocha carrozable en estudio de acuerdo a la NTP 339.128 y MTC E 107-2000, el cual consiste en el análisis granulométrico por tamizado. Para la ejecución de este ensayo inicialmente se realizó el cuarteo del material y luego el secado de la muestra en el horno por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110 ° centígrados, se pesó aproximadamente 3000 gr de muestra. Posteriormente se procedió a lavar el material por el tamiz N° 200. El material retenido por la malla N° 200 se retiró en una vasija para posteriormente ser secada, luego se dejó pasar la muestra ya seca por el juego de tamices normados, lo cual fue agitado manualmente durante un tiempo de 10 minutos. Finalmente se determinaron los porcentajes pasantes de cada tamiz

y se graficó la curva granulométrica. Por medio de los siguientes cálculos.

Primero se procedió a calcular el porcentaje retenido (%P.ret.) en cada uno de los tamices.

$$\%retenido = \frac{Pret\ tamiz}{P1} * 100$$

*Pret tamiz*: Peso del material retenido en cada tamiz

*P1*: Peso total de la muestra secada al horno

Cálculo del porcentaje retenido acumulado.

$$\%Ret\ acu =$$

*Suma de porcentajes retenidos en los tamices de mayor abertura.*

Luego se calculó el porcentaje pasante de cada uno de los tamices.

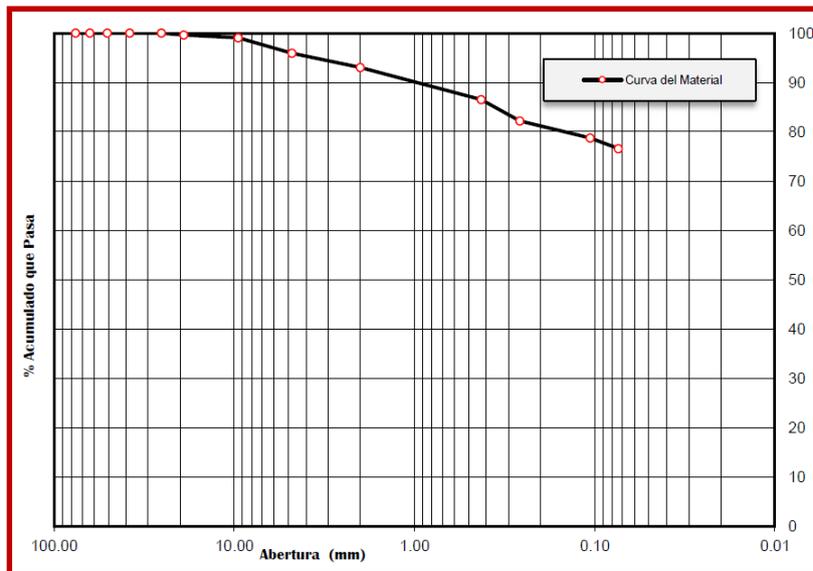
$$\% Pasa = 100 - \% ret\ acu$$

Finalmente se grafica la curva granulométrica, Para graficar la curva granulométrica, se consideraron los porcentajes del material que pasa y la abertura de las mallas.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	99.60
3/8"	9.525	99.07
No 4	4.780	95.96
No 10	2.000	93.01

No 40	0.426	86.52
No 60	0.260	82.17
No 140	0.106	78.76
No 200	0.074	76.62
> No 200	0.000	76.14

**Tabla 27:** Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM - 422)



**Figura 7:** Curva Granulométrica de suelo (C-01)

**e) LÍMITE DE CONSISTENCIA.**

**PROCEDIMIENTO Y CÁLCULOS:**

Estos ensayos se realizaron para las muestras patrón y con adición de cenizas de caña de azúcar, de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.129

**LÍMITE LÍQUIDO:** Antes de la ejecución de este ensayo se obtuvo 150 gr aproximadamente de la muestra pasante por el tamiz N° 40, seguidamente en un recipiente se mezcló el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta suave y uniforme, para posteriormente colocar una porción de esta pasta en la copa de casa grande con espesor de 1cm. En el centro se realizó una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes. A continuación, se ejecutó la copa de casa grande a razón de 2 golpes/seg. Contando el número de golpes necesarios para que la parte inferior del talud de la ranura se cierre 1.27cm, luego se tomó 10 gr de

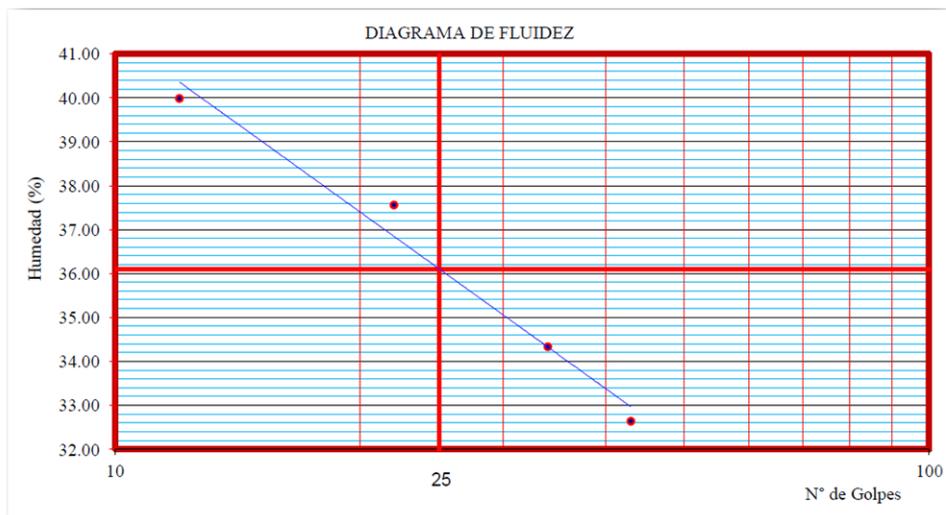
suelo aproximadamente de la ranura cerrada y se determinó el contenido de humedad de esta.

Finalmente se realizó la gráfica de fluidez determinando la ordenada correspondiente a los 25 golpes, este valor que se obtuvo fue el límite líquido del suelo. Este ensayo se realizó para cada una de las calicatas.

**LÍMITE PLÁSTICO:** Con la misma muestra del ensayo anterior, se mezcló perfectamente alrededor de 30 gr de suelo húmedo. Para posteriormente este ser rolado de manera uniforme sobre una placa de vidrio hasta alcanzar un diámetro de 3 mm. Se repitió el roleo constante reduciéndole el contenido de humedad. Se pudo decir que llegamos al límite plástico cuando este bastoncillo rolado se cuarteo. Una vez terminado el ensayo, la muestra cuarteada fue llevada a una vasija para luego se haga la medición del contenido de humedad.

**Tabla 28:** Granulometría del Suelo (C-01)

LÍMITE DE CONSISTENCIA ASTM-D4318 (MUESTRA PATRON)								
Ensayo	LIMITE				LIMITE			
Datos	LIQUIDO				PLASTICO			
Frasco N°								
N. De golpes	12	22	34	43	1	2	3	3
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	34.70	30.85	37.62	36.02	23.31	23.71	23.74	23.94
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	30.17	27.26	33.04	31.84	22.40	22.84	22.88	22.94
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	4.53	3.59	4.58	4.18	0.91	0.87	0.86	1.00
(4) Pfr (gr)	18.84	17.70	19.70	19.03	18.39	18.94	18.77	18.40
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	11.33	9.56	13.34	12.81	4.01	3.90	4.11	4.54
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	39.98	37.55	34.33	32.63	22.69	22.31	20.92	22.03



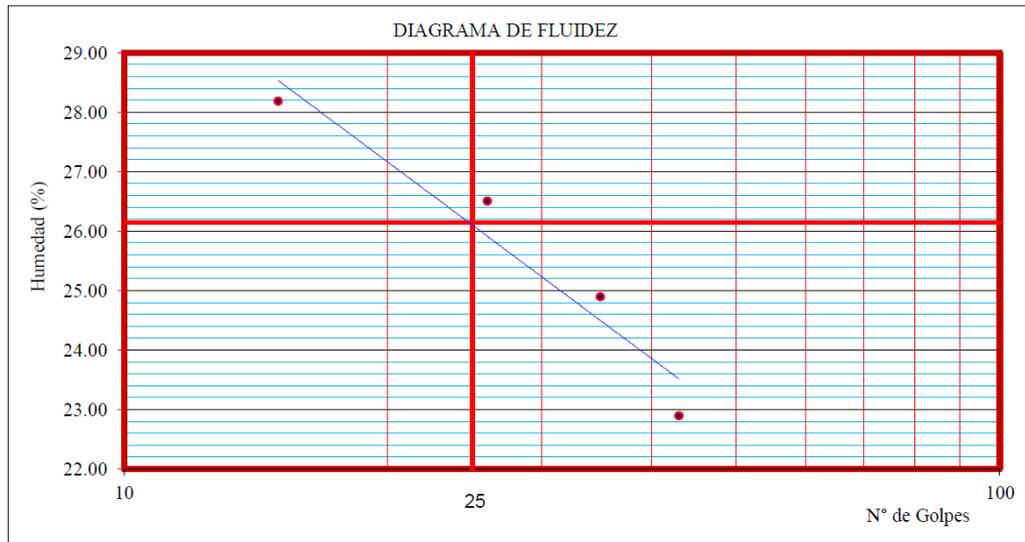
**Figura 8:** Diagrama de fluidez de la calicata (C-01)

**Tabla 29:** Resumen de resultados de Consistencia (C-01)

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	36.10
Limite Plástico (L.P.) =	21.99
Índice Plasticidad (I.P.) =	14.11

**Tabla 30:** Limite de Consistencia ASTM-D4318 (Mstra. Patrón + 3% cal y 15% CBCA)

LÍMITE DE CONSISTENCIA ASTM-D4318 (Mstra. Patrón + 3% cal y 15% CBCA)								
Ensayo	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	Datos				Datos			
Frasco N°								
N. De golpes	15	26	35	43	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	34.64	32.64	33.84	33.10	21.98	23.88	23.94	23.64
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	31.40	29.59	30.92	30.52	21.42	23.32	23.24	22.84
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	3.24	3.05	2.92	2.58	0.56	0.56	0.70	0.80
(4) Pfr (gr)	19.90	18.08	19.19	19.25	17.54	19.57	18.80	18.02
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	11.50	11.5	11.73	11.27	3.88	3.75	4.44	4.82
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	28.17	26.50	24.89	22.89	14.43	14.93	15.77	16.60



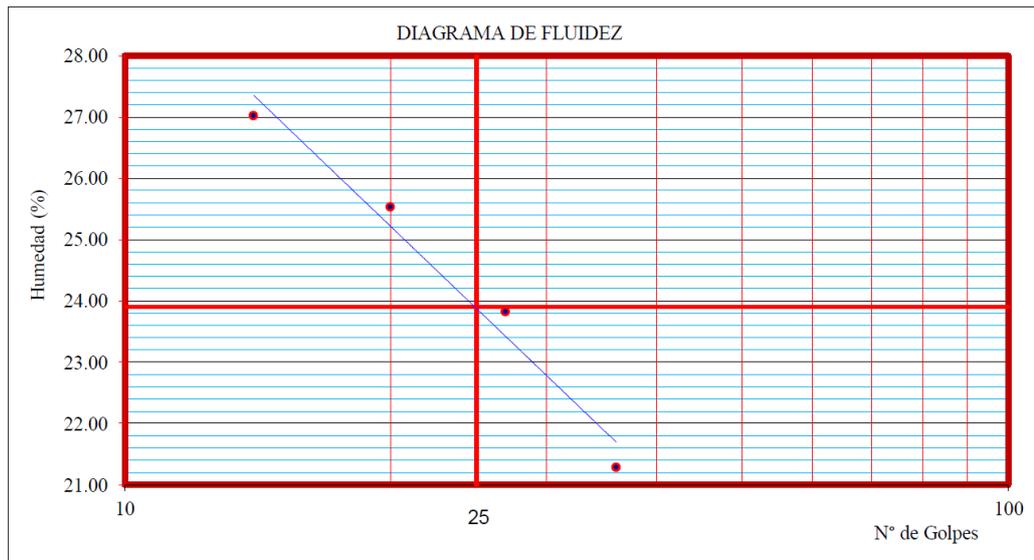
**Figura 9:** Diagrama de fluidez de C-01 + 3% cal + 15 CBCA.

**Tabla 31:** Resumen de resultados de Consistencia C-01 + 3% Cal + 15% CBCA.

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	26.15
Limite Plástico (L.P.) =	15.43
Índice Plasticidad (I.P.) =	10.72

**Tabla 32:** Límite de Consistencia ASTM-D4318 (Mstra. Patrón + 5% cal y 15% CBCA)

Límite de Consistencia ASTM-D4318 (Mstra. Patrón + 5% cal y 15% CBCA)								
Ensayo	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Datos	LIQUIDO				PLASTICO			
Frasco N°								
N. De golpes	14	20	27	36	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	53.15	53.45	54.81	49.35	28.16	29.26	28.40	29.35
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	47.65	48.70	49.75	45.85	25.40	26.45	25.70	26.40
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	5.50	4.75	5.06	3.50	2.76	2.81	2.70	2.95
(4) Pfr (gr)	27.30	30.10	28.51	29.41	6.35	7.15	6.88	6.94
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	20.35	18.6	21.24	16.44	19.0	19.3	18.8	19.46
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	27.03	25.54	23.82	21.29	14.49	14.56	14.35	15.16



**Figura 10:** Diagrama de fluidez de C-01 + 5% cal + 15 CBCA

**Tabla 33:** Resumen de resultados de Consistencia C-01 + 5% Cal + 15% CBCA.

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	23.90
Limite Plástico (L.P.) =	14.64
Índice Plasticidad (I.P.) =	9.26

**DESCRIPCIÓN:** En esta distribución destacaremos el Límite de Atterberg de la calicata patrón (C-01) con 14.11% de I.P., A esta se le adiciono 3% de CAL y 15% de CBCA, obteniéndose 10.72% de I.P., suelo patrón + 5% de CAL y 15% de CBCA, se obtuvo 9.26% de I.P. Se observa en la tabla 11 que con las combinaciones 5% de CAL y 15% de CBCA se obtiene una mayor disminución favorable en el I.P obteniendo el 9.26%, seguido por la combinación de suelo + 3% de CAL y 15% de CBCA con un I.P de 10.72% y por último el suelo sin ninguna adición con un I.P. de 14.11%.

**INTERPRETACIÓN:** Se evidencio que la muestra patrón obtuvo un índice de plasticidad elevado con lo cual se puede afirmar que los límites de consistencia se han visto modificados con la adición de la CAL y CBCA, es así que para la adición del 3% CAL + 15% CBCA al suelo, se ha visto que disminuyo el índice de plasticidad de 14.11% a 10.72%, lo que indica que se ha mejorado las propiedades de compresibilidad del suelo, algo mejor

sucedió para la adición del 5% CAL + 15% CBCA al suelo, en donde se vio que el índice de plasticidad disminuyó de 14.11% a 9.26%.

**f) PROCTOR MODIFICADO.**

**PROCEDIMIENTOS Y CÁLCULOS.**

El ensayo de Proctor modificado se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.141, la ejecución de este ensayo se aplicó tanto a la muestra patrón, como las muestra con los respectivos porcentajes de los estabilizadores utilizados, CAL Y CBCA.

Para el inicio de este ensayo primero tuvimos que definir el método de compactación, lo cual se basó en tamizar una muestra representativa por los tamices N° 4, 3/8" y 3/4" respectivamente, de manera que por porcentaje de participación de los pesos retenidos en dichas mallas se obtenga el método a ser usado (A, B o C), para esta investigación se obtuvo el método A. de acuerdo a lo seleccionado en la siguiente tabla.

**Tabla 34:** Guía para definición del método para Proctor.

MÉTODO	MOLDE	PESO DEL PISON	N° DE CAPAS	N° DE GOLPE POR CAPAS	USO DEL MÉTODO DE COMPACTACIÓN
(A) P. Estándar	4"	5 Lb	3	25	Si 20% o menos del material es retenido en el tamiz N°4
(B) P. Estándar	4"	5 Lb		25	Si más del 20% del material es retenido en el tamiz n° 4 y 20% o menos es retenido en el tamiz de 3/8"
(B) P. Estándar	6"	5 Lb	3	56	Si más del 20 % del material es retenido en el tamiz 3/8 " y 30% es retenido en el tamiz 3/4"
(A) P. Modificado	4"	10 Lb		25	Si 20% o menos del material es retenido en el tamiz N°4
(B) P. Modificado	4"	10 Lb	3	25	Si más del 20% del material es retenido en el tamiz n° 4 y 20% o menos es retenido en el tamiz de 3/8"
(C) P. Modificado	6"	10 Lb	5	56	Si más del 20 % del material es retenido en el tamiz 3/8 " y 30% es retenido en el tamiz 3/4"

Una vez seleccionado el método, se pasó a preparar 4 muestras de 6 kilos cada una con un determinado contenido de humedad, tres de las muestras con el estabilizador cenizas de caña de azúcar y una muestra patrón.

Preparada ya las muestras antes mencionados se procedió a colocarlas en el molde del Proctor, para seguidamente compactar cada una de ellas en 5 capas y cada una de las capas con 25 golpes de acuerdo a lo indicado en la tabla 38 método "A" este proceso se repite agregando el 2 % al 4% de agua a la muestra, hasta que este llegue o se aproxime a su óptimo contenido de humedad, al finalizar el proceso de compactación de la última capa, se retiró el collarín del molde, y se procedió a nivelar con una regla metálica, para poder determinar la densidad húmeda, además del ensayo también se pudo determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada.

Finalmente se grafica la curva de compactación, con los datos de contenido de humedad y los datos de densidad seca. Con la gráfica ya culminada se pudo determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, dichos datos nos van a servir para el desarrollo del ensayo del CBR. Datos que fueron obtenidos mediante los siguientes cálculos.

- Primero se realizó el cálculo la densidad húmeda:

$$\% \rho_{hum} = \frac{\text{Peso de la muestra humeda}}{\text{volumen del molde}} * 100$$

- Cálculo de Humedad:

$$\%W = \frac{(P. \text{del suelo humedo} + \text{tara}) - (P. \text{del suelo seco} + \text{tara})}{(P. \text{del suelo seco} + \text{tara}) - (\text{tara})} * 100$$

- Finalmente se hizo el cálculo de la densidad seca:

$$\% \rho_s = \frac{\text{Densidad humeda}(\rho_{hum})}{1 + (\text{contenido de humedad})(w)/100}$$

**Tabla 35:** Determinación del contenido de Humedad (Mstra Patrón)

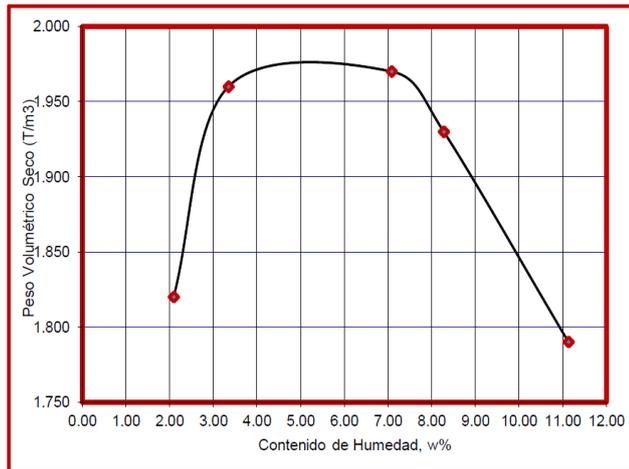
Nº GOLPES = 25      Nº CAPAS = 5      W <sub>mart</sub> = 4,540.0      W <sub>molde</sub> = 3.663.0											
Dimensiones del Molde: Diámetro = 10.20 cm.    H = 11.45 cm.    Volumen = 935.61 cm <sup>3</sup>											
<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>											
Recipiente N°	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5		
W suelo Húm. +	119.	119.	118.	118.	102.	102.	144.	144.	117.2	117.2	
W suelo Sec. + Rec.	117.	117.	116.	116.	99.	99.	137.	137.		111.4	
Peso del agua	1.7	1.6	2.6	2.	3.5	3.1	6.8	6.6	5.40	5.80	
Peso del Recip.	35.6	35.	40.	40.	51.	52.	56.	56.		61.45	
Peso suelo seco	82.1	82.	76.	76.	47.	47.	81.	81.		50.00	
Cont. Hum. W%	2.1	2.0	3.4	3.	7.3	6.7	8.4	8.1		11.60	

**Tabla 36:** DETERMINACION DEL PESO VOLMETRICO (Mstra. Patrón)

<b>DETERMINACION DEL PESO VOLMETRICO</b>					
Cont. Hum.	2.	3.3	7.0	8.2	11.14
Prom.	09	5	9	8	
W suelo + molde	5,402.0 0	5,562.0 0	5,640.0 0	5,621.0 0	5,521.00
W molde	3,663.0 0	3,663.0 0	3,663.0 0	3,663.0 0	3,663.00
W suelo	1,739.0 0	1,899.0 0	1,977.0 0	1,958.0 0	1,958.00
PesoVol. Húmedo	1. 86	2.0 3	2.1 1	2.0 9	1.99
PesoVol. seco(T/m <sup>3</sup> )	1. 82	1.9 6	1.9 7	1.9 3	1.79

**Tabla 37:** Resumen de Resultados

<b>Resumen de Resultados</b>	
Contenido de Humedad Optimo:	<b>8.30 %</b>
Peso Volumétrico Seco Máximo:	<b>2.07 T/m<sup>3</sup></b>



**Figura 11:** Contenido de Humedad Óptimo vs Peso Volumétrico Seco Máximo.

### **g) PROCTOR MODIFICADO.**

#### **PROCEDIMIENTO Y CÁLCULOS**

El ensayo de CBR se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145, la ejecución de este ensayo se realizó a la muestra patrón de la calicata uno y luego con la mezcla suelo-cenizas para la muestra obtenida de la calicata realizada.

Debido a que en la carretera en estudio encontramos suelos que contienen arcilla y teniendo en cuenta que a ello les afecta la humedad de compactación y la densidad obtenida, el ensayo de penetración se realizó luego que este haya sido saturado por 4 días, este ensayo se desarrolló en 3 partes las cuales son mencionadas a continuación ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR, para la ejecución de este ensayo se hizo uso del molde de 6" de diámetro con un pisón de 10lb, la muestra previamente secada lo pasamos a mezclar con el óptimo contenido de humedad del proctor para luego dividirla en 5 porciones iguales, la primera capa se agrega al molde y esta es compactada con el pisón por medio de 56 golpes, así sucesivamente con las demás capas. Este proceso se repetirá para ensayos con 25 golpes y 10 golpes, con la misma cantidad de capas a compactar y el mismo óptimo contenido de humedad.

Luego de ese proceso se pasó a medir la expansión por medio del Ensayo de hinchamiento para la ejecución de este ensayo se pasó a sumergir por 96 horas dichos moldes en un depósito y controladas cada 24 horas tomando lectura en un extensómetro para ver el hinchamiento de cada muestra compactada las de 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Finalmente se retira los moldes del balde para realizar el Ensayo de carga - penetración en la máquina del CBR y así poder medir su resistencia, luego de obtener esos datos, los moldes son retirados para extraer una porción del medio de cada muestra para medir su contenido de humedad saturada. Posterior a ellos es la obtención de resultados a base de los siguientes cálculos:

- Primero se calculó la densidad húmeda (% phum)

$$\%phum = \frac{\text{Peso de la muestra humeda}}{\text{Volumen del molde}} \times 100$$

- Segundo se calculó el contenido de humedad (%W)

$$\%ps = \frac{\text{Densidad Humeda}(phum)}{1 + (\text{Contenido de Humedad}(w)/100)}$$

- Tercero se hizo cálculo de la densidad seca (ps)

$$\%E = \frac{\text{Expansion}}{H(\text{altura de la muestra})} \times 100$$

- Finalmente se calculó el CBR

$$CBR = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patron}} \times 100$$

**Tabla 38:** Ensayo de relación de soporte (CBR) Suelo Patrón.

Molde	1				2				3			
Capas	5				5				5			
Golpes por capa	56				25				12			
Condición de la muestra	Sin Mojar		Mojado		Sin Mojar		Mojado		Sin Mojar		Mojado	
Peso Molde + Suelo Hum.	8710.00		13545.00		8784.00		13545.00		8740.00		13452.00	
Peso Molde(gr.)	4650.00		9500.00		4770.00		9550.00		4750.00		9574.00	
Peso del Suelo Húmedo	4060.00		4045.00		4014.00		3995.00		3990.00		3878.00	
Volumen del Molde(cm3)	1894.00				1894.00				1894.00			
Peso Vol. Húmedo(gr/cc)	2.14		2.14		2.12		2.11		2.11		2.05	
% de humedad	7.09		7.52		8.18		10.08		11.11		11.51	
Peso Vol. Seco(gr/cc)	2.00		1.99		1.96		1.92		1.90		1.84	
Tarro N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarro + suelo húmedo	97.15	97.15	101.44	101.44	97.45	97.45	100.02	100.02	98.30	98.30	96.35	96.35
tarro + suelo seco	92.78	92.85	96.20	96.45	92.10	92.45	93.45	93.45	91.45	91.24	89.25	89.25
Peso del Agua	4.37	4.30	5.24	4.99	5.35	5.00	6.57	6.57	6.85	7.06	7.10	7.10
Peso del tarro	32.02	31.38	28.20	28.48	28.44	29.58	28.72	27.86	28.33	29.18	27.85	27.29
Peso del suelo seco	60.76	61.47	68.00	67.97	63.66	62.87	64.73	65.59	63.12	62.06	61.40	61.96
% humedad	7.19	7.00	7.71	7.34	8.40	7.95	10.15	10.02	10.85	11.38	11.56	11.46
Promedio de Humedad	7.09		7.52		8.18		1008.00		11.11		11.51	

PENETRACION C.B.R.										
Penetración (Pulg)	Carga Tipo(kg/cm2)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		Carga Ensayo		CBR (%)	Carga Ensayo		CBR (%)	Carga Ensayo		CBR (%)
		(kg)	(kg/cm2)		(kg)	(kg/cm2)		(kg)	(kg/cm2)	
0.025		28.00	1.45		24.00	1.24		18.00	0.93	
0.050		54.00	2.79		44.00	2.27		32.00	1.65	
0.075		66.00	3.41		58.00	3.00		40.00	2.07	
0.100	70.300	84.00	4.34	6.17	74.00	3.82	5.44	60.00	3.10	4.41
0.200	105.450	130.00	6.72	6.37	114.00	5.89	5.59	96.00	4.96	4.70

EXPANSION											
Molde n°			1			2			3		
Fecha	Tiempo	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
Ene-21	0.0 hrs	8.00 a.m.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ene-21	24.0 hrs	8.00 a.m.	19.000	0.185	0.122	20.000	0.195	0.129	22.000	0.215	0.142
Ene-21	48.0 hrs	8.00 a.m.	21.000	0.205	0.135	23.000	0.224	0.148	26.000	0.254	0.167
Ene-21	72.0 hrs	8.00 a.m.	22.000	0.215	0.142	25.000	0.224	0.161	28.000	0.273	0.180
Ene-21	96.0 hrs	8.00 a.m.	25.000	0.244	0.161	28.000	0.273	0.180	31.000	0.302	0.200

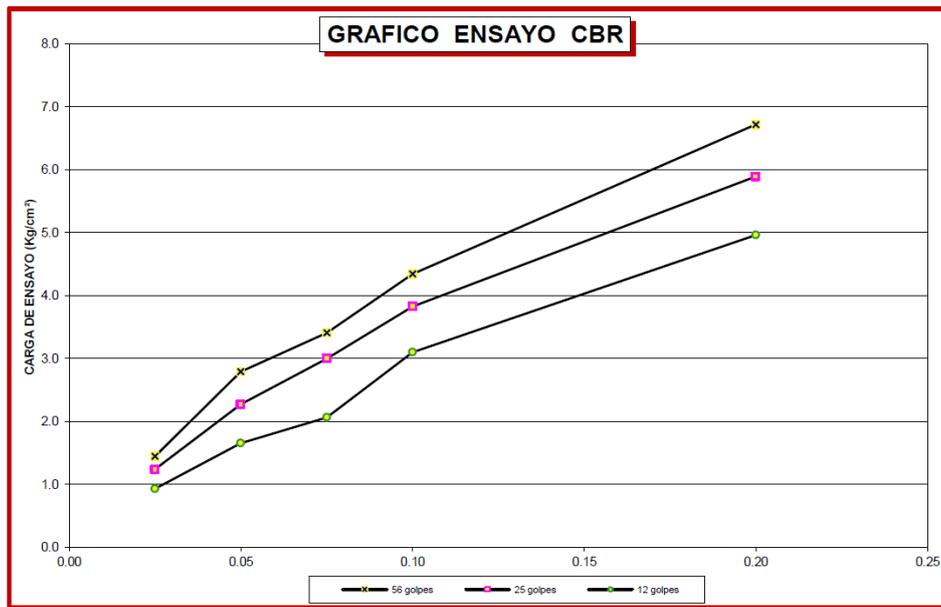


Figura 12: Grafico Ensayo CBR (Suelo Patrón)

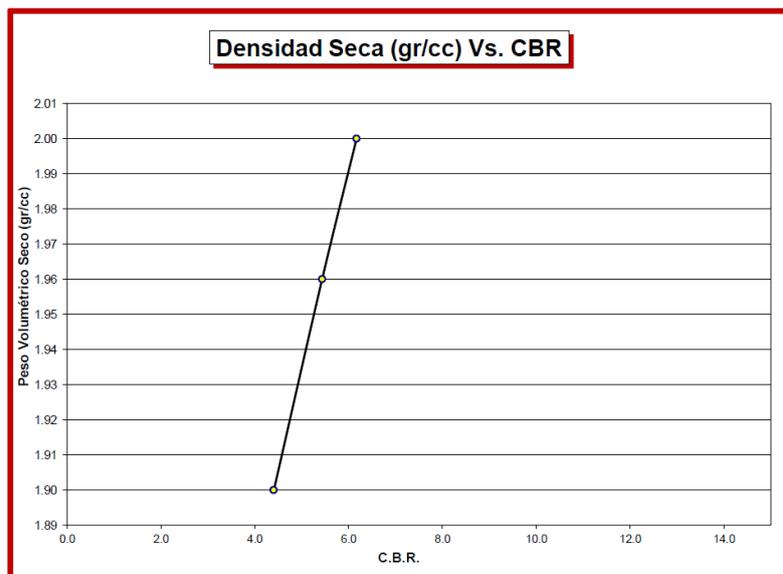


Figura 13: Densidad Seca (gr/cc) Vs CBR (Suelo Patrón)

Tabla 39: Ensayo C.B.R Suelo Patrón + 3% CAL + 15 % CBCA.

Molde	1				2				3			
Capas	5				5				5			
Golpes por capa	56				25				12			
Condición de la muestra	Sin Mojar		Mojado		Sin Mojar		Mojado		Sin Mojar		Mojado	
Peso Molde + Suelo Hum.	8713.00		13566.00		8745.00		13545.00		8740.00		13452.00	
Peso Molde(gr.)	4700.00		9500.00		4710.00		9450.00		4750.00		9574.00	
Peso del Suelo húmedo	4013.00		4066.00		4035.00		4085.00		3990.00		3878.00	
Volumen del Molde(cm3)	1894.00				1894.00				1894.00			
Peso Vol. húmedo(gr/cc)	2.12		2.15		2.13		2.16		2.11		2.05	
% de humedad	5.48		7.21		8.22		9.71		11.11		11.51	
Peso Vol. Seco(gr/cc)	2.01		2.00		1.97		1.97		1.90		1.84	
Tarro N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarro + suelo húmedo	130.16	132.05	83.89	83.89	80.15	81.36	88.55	88.55	90.32	90.45	95.03	95.03
tarro + suelo seco	125.85	128.60	80.22	80.22	76.32	77.25	83.30	83.30	84.50	84.59	87.46	87.46
Peso del Agua	4.31	3.45	3.67	3.67	3.83	4.11	5.25	5.25	5.82	5.86	7.57	7.57
Peso del tarro	52.61	60.51	29.34	29.34	29.32	27.70	29.22	29.22	29.48	27.28	27.42	27.42
Peso del suelo seco	73.24	68.09	50.88	50.88	47.00	49.55	54.08	54.08	55.02	57.31	60.04	60.04
% humedad	5.88	5.07	7.21	7.21	8.15	8.29	9.71	9.71	10.58	10.23	12.60	12.60
Promedio de Humedad	5.48		7.21		8.22		9.71		10.40		12.60	

PENETRACION C.B.R.										
Penetración (Pulg)	Carga Tipo(kg/cm2)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		Carga Ensayo		CBR (%)	Carga Ensayo		CBR (%)	Carga Ensayo		CBR (%)
		(kg)	(kg/cm2)		(kg)	(kg/cm2)		(kg)	(kg/cm2)	
0.025		98.00	5.06		84.00	4.34		63.00	3.26	
0.050		189.00	9.77		154.00	7.96		112.00	5.79	
0.075		231.00	11.94		203.00	10.49		140.00	7.23	
0.100	70.300	294.00	15.19	21.61	259.00	13.38	19.04	210.00	10.85	15.43
0.200	105.450	455.00	23.51	22.29	399.00	20.62	19.55	336.00	17.36	16.46

EXPANSION											
Molde N°			1			2			3		
Fecha	Tiempo	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
Ene-21	0.0 hrs	8.00 a.m.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ene-21	24.0 hrs	8.00 a.m.	14.000	0.137	0.090	16.000	0.156	0.103	15.000	0.146	0.097
Ene-21	48.0 hrs	8.00 a.m.	16.000	0.156	0.103	19.000	0.185	0.122	18.000	0.176	0.116
Ene-21	72.0 hrs	8.00 a.m.	18.000	0.176	0.116	21.000	0.205	0.135	20.000	0.195	0.129
Ene-21	96.0 hrs	8.00 a.m.	22.000	0.215	0.142	23.000	0.224	0.148	26.000	0.254	0.167

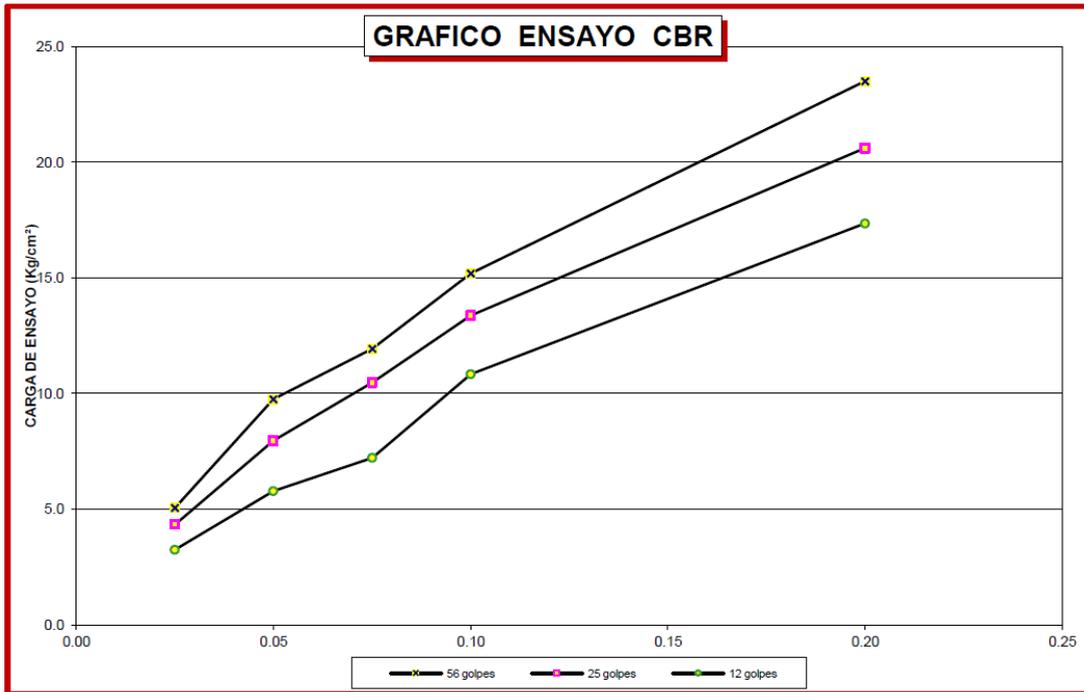
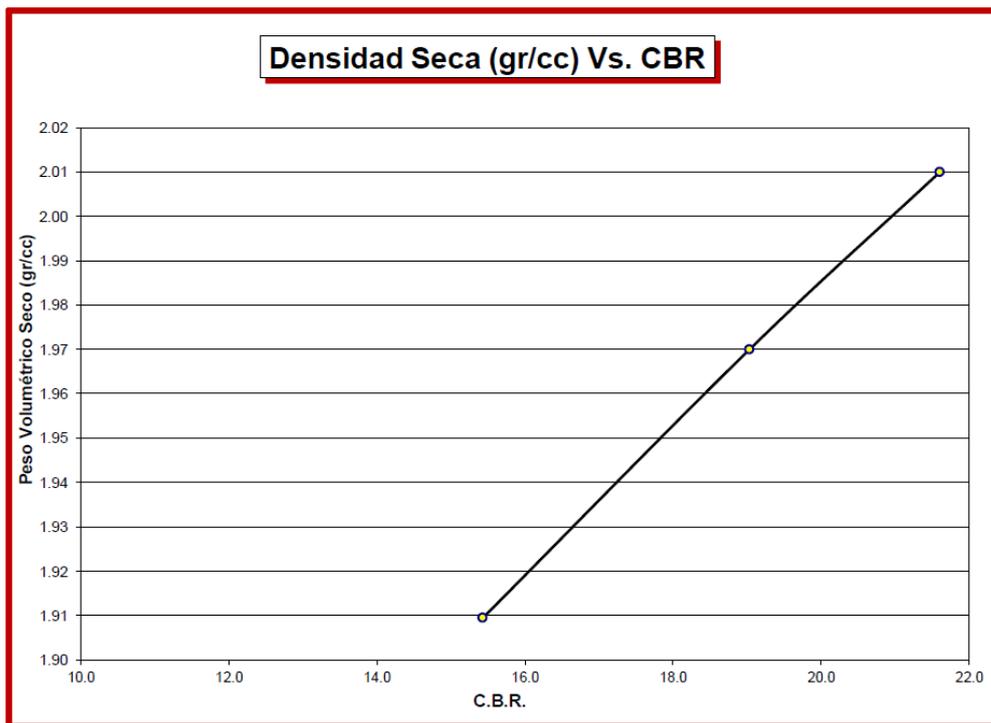


Figura 14: Grafico C.B.R de Suelo Patrón + 3% CAL + 15% CBCA.



Resumen de Resultados	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	21.61	%
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	15.43	%

Figura 15: Densidad Seca (gr/cc) Vs CBR (3% CAL + 15% CBCA.)

**Tabla 40: C.B.R de suelo patrón + 5% CAL + 15% CBCA.**

Molde	1				2				3			
Capas	5				5				5			
Golpes por capa	56				25				12			
Condición de la muestra	Sin Mojar		Mojado		Sin Mojar		Mojado		Sin Mojar		Mojado	
Peso Molde + Suelo Hum.	8713.00		13566.00		8745.00		13545.00		8740.00		13452.00	
Peso Molde(gr.)	4700.00		9500.00		4710.00		9450.00		4750.00		9574.00	
Peso del Suelo Húmedo	4013.00		4066.00		4035.00		4085.00		3990.00		3878.00	
Volumen del Molde(cm3)	1894.00				1894.00				1894.00			
Peso Vol. Húmedo(gr/cc)	2.12		2.15		2.13		2.16		2.11		2.05	
% de humedad	5.48		7.21		8.22		9.71		11.11		11.51	
Peso Vol. Seco(gr/cc)	2.01		2.00		1.97		1.97		1.90		1.84	
Tarro N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarro + suelo húmedo	140.00	143.02	84.20	84.20	80.20	81.26	88.20	88.20	90.35	90.36	95.20	95.20
tarro + suelo seco	133.25	136.22	79.51	79.51	75.35	75.86	82.15	82.15	83.45	83.25	87.50	87.50
Peso del Agua	6.75	6.80	4.69	4.69	4.85	5.41	6.05	6.05	6.90	7.11	7.70	7.70
Peso del tarro	50.16	53.15	29.34	29.34	29.32	27.70	29.22	29.22	29.48	27.28	27.42	27.42
Peso del suelo seco	83.09	83.07	50.17	50.17	46.03	48.15	52.93	52.93	53.97	55.97	60.08	60.08
% humedad	8.12	8.19	9.35	9.35	10.54	11.24	11.43	11.43	12.78	12.70	12.82	12.82
Promedio de Humedad	8.15		9.35		10.89		11.43		12.74		12.82	

Penetración (pulg)	Carga Tipo(kg/cm2)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		Carga Ensayo		CBR (%)	Carga Ensayo		CBR (%)	Carga Ensayo		CBR (%)
		(kg)	(kg/cm2)		(kg)	(kg/cm2)		(kg)	(kg/cm2)	
0.025		98.00	5.06		84.00	4.34		63.00	3.26	
0.050		189.00	9.77		154.00	7.96		112.00	5.79	
0.075		231.00	11.94		203.00	10.49		140.00	7.23	
0.100	70.300	294.00	15.19	21.61	259.00	13.38	19.04	210.00	10.85	15.43
0.200	105.450	455.00	23.51	22.29	399.00	20.62	19.55	336.00	17.36	16.46

EXPANSION											
Molde n°			1			2			3		
Fecha	Tiempo	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
Ene-21	0.0 hrs	10.00 a.m.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ene-21	24.0 hrs	10.00 a.m.	14.000	0.137	0.090	16.000	0.156	0.103	15.000	0.146	0.097
Ene-21	48.0 hrs	10.00 a.m.	16.000	0.156	0.103	19.000	0.185	0.122	18.000	0.176	0.116
Ene-21	72.0 hrs	10.00 a.m.	18.000	0.176	0.116	21.000	0.205	0.135	20.000	0.195	0.129
Ene-21	96.0 hrs	10.00 a.m.	22.000	0.215	0.142	23.000	0.224	0.148	26.000	0.254	0.167

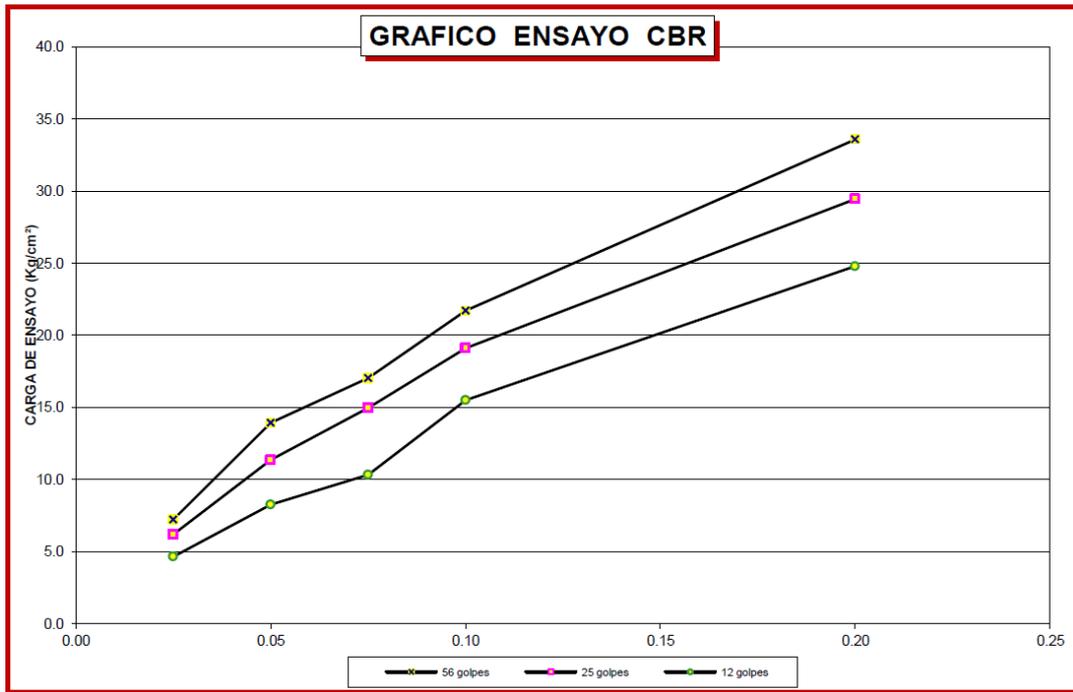
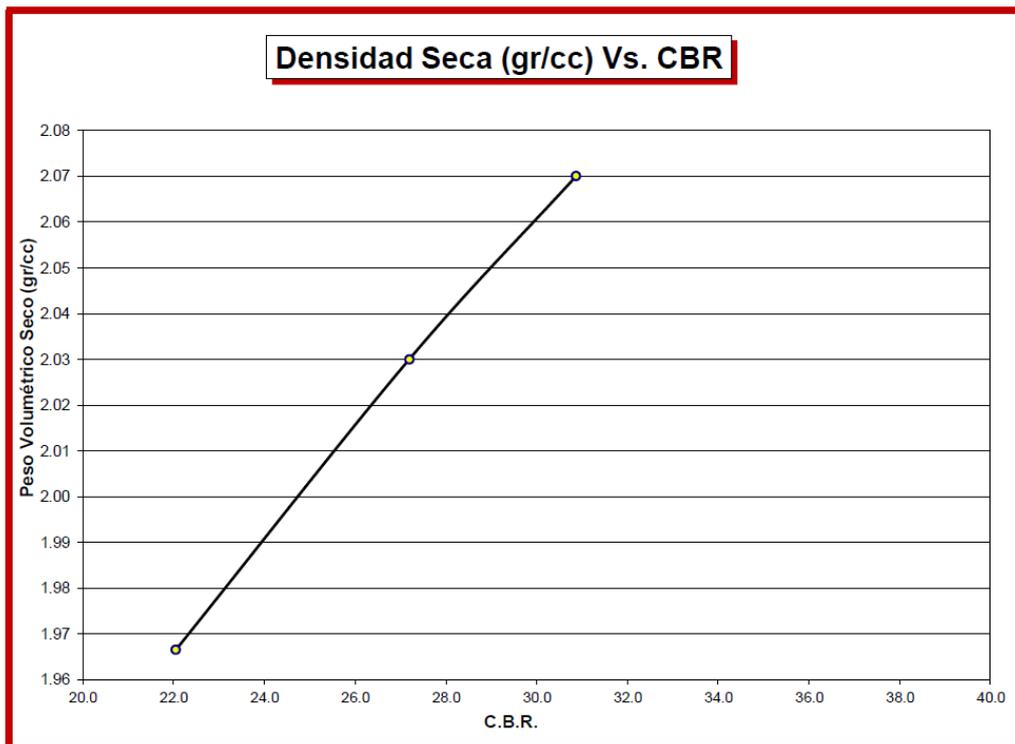


Figura 16: Grafico C.B.R de Suelo Patrón + 5% CAL + 15% CBCA.



Resumen de Resultados	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. = 30.87 %	
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. = 22.05 %	

Figura 17: Densidad Seca (gr/cc) Vs CBR (5% CAL + 15% CBCA.)

# **INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS:**

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

SOLICITA :

:

PROYECTO :

CALICATA :

PROFUNDIDAD :

MUESTRA :

FECHA :

PESO INICIAL SECO :

grs

% QUE PASA MALLA No 200 :

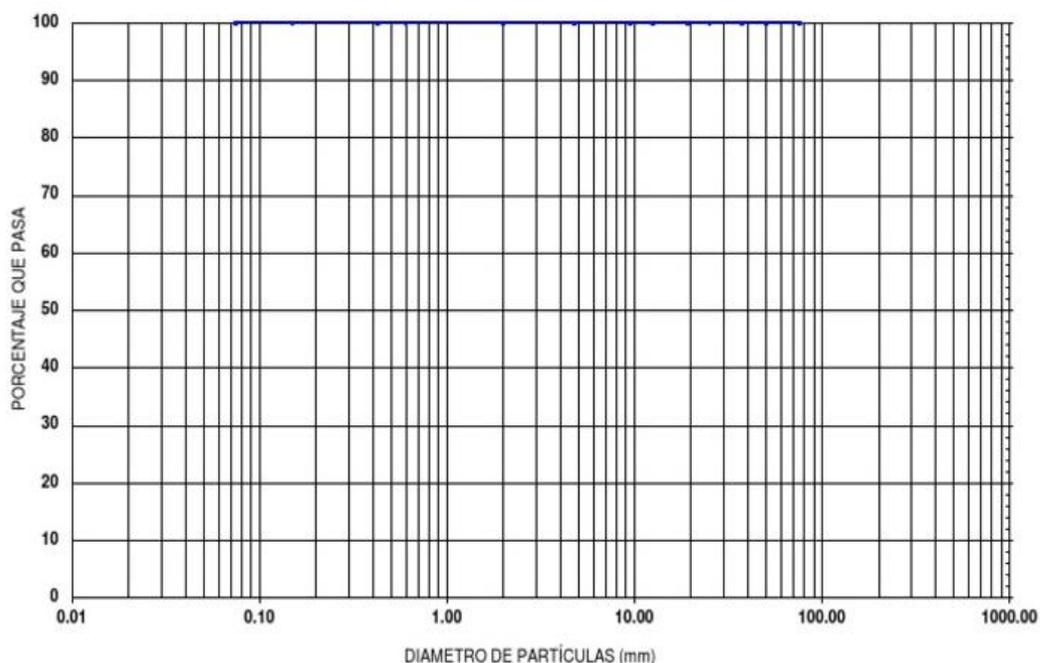
PESO LAVADO SECO :

grs

% RETENIDO MALLA 3" :

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
3/8"	9.525				
No 4	4.780				
No 10	2.000				
No 40	0.426				
No 60	0.260				
No 140	0.106				
No 200	0.074				
> No 200	0.000				
TOTAL					

Resumen de Datos	
% que pasa N°	
% que pasa N°	
% que pasa	
L.L.	
L.P.	
I.P.	
D10	
D30	
D60	
Cu	
Cc	
w (%)	
GRAVA (%)	
ARENA (%)	
FINOS (%)	



**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**ASTM D-2216**

SOLICITA :

PROYECTO :

CALICATA :	PROFUNDIDAD:
MUESTRA :	FECHA :

Humedad	MUESTRA N° 01	
FRASCO N°		
(1) Pfr + P.S.H. (gr)		
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)		
(3) Pagua (gr) (1) - (2)		
(4) Pfr (gr)		
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)		
(6) C. Humedad ((3) / (5))		
CONTENIDO DE HUMEDAD PROME		

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

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

SOLICITA :

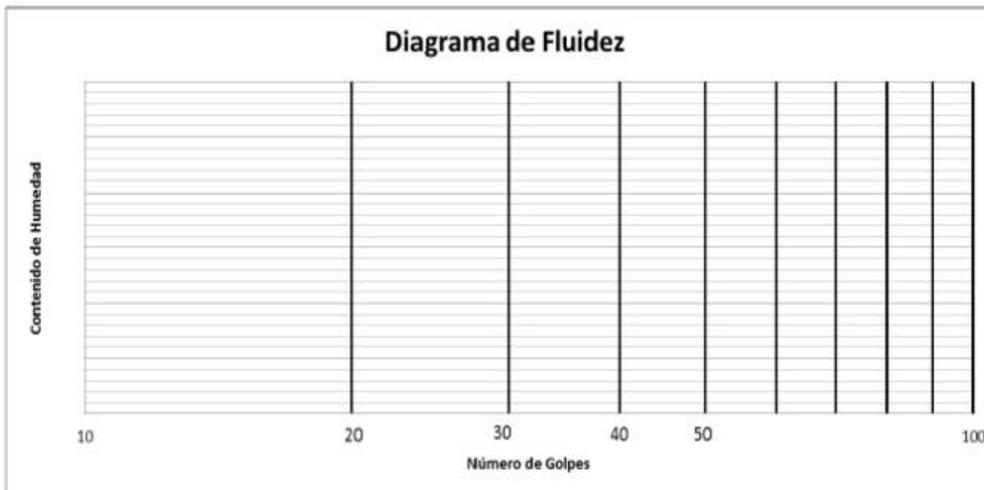
PROYECTO :

CALICATA :	PROFUNDIDAD :
MUESTRA :	FECHA :

Ensayo	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Datos								
Frasco N°								
N. De golpes								
(1) Pfr + P.S.H. (gr)								
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)								
(3) Pagua (gr)           (1) - (2)								
(4) Pfr (gr)								
(5) P.S.S. (gr)           (2) - (4)								
(6) C. Humedad (%)       (3) / (5)								

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

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	
Limite Plástico (L.P.) =	
Índice Plasticidad (I.P.) =	



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

SOLICITA :

PROYECTO :

CALICATA :	PROFUN :
MUESTRA :	FECHA :

Golpes/Capa :                      N° de Capas :                      Wmart. :                      Wmolde :  
Dimens. del molde :                      H =                      Volúmen :

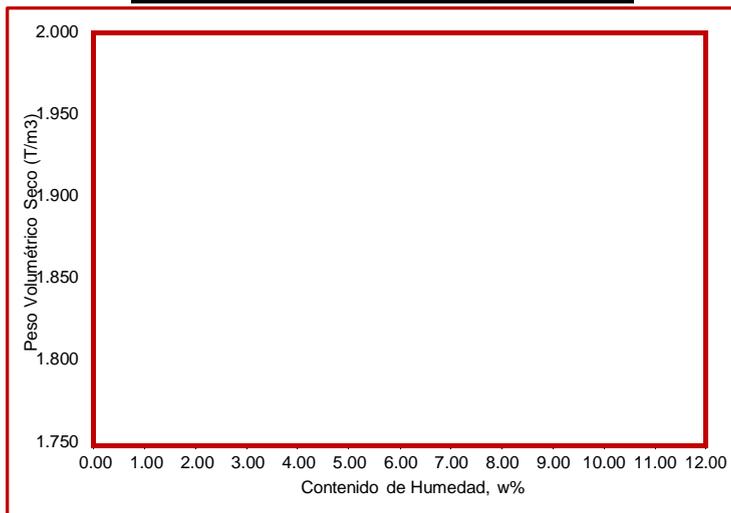
**Determinación del Contenido de Humedad:**

Recipiente N°	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Wsuelo Húm. + Rec.					
Wsuelo Sec. + Rec.					
Peso del agua					
Peso del Recip.					
Peso suelo seco					
Cont. Hum. W%					

**Determinación del Peso Volumétrico:**

Cont. Hum. Prom.					
Wsuelo + molde					
Wmolde					
Wsuelo					
Peso Vol. Húmedo					
Peso Vol. Seco(T/m3)					

Resumen de Resultados	
Contenido de Humedad Optimo:	%
Peso Volumétrico Seco Máximo:	T/m3



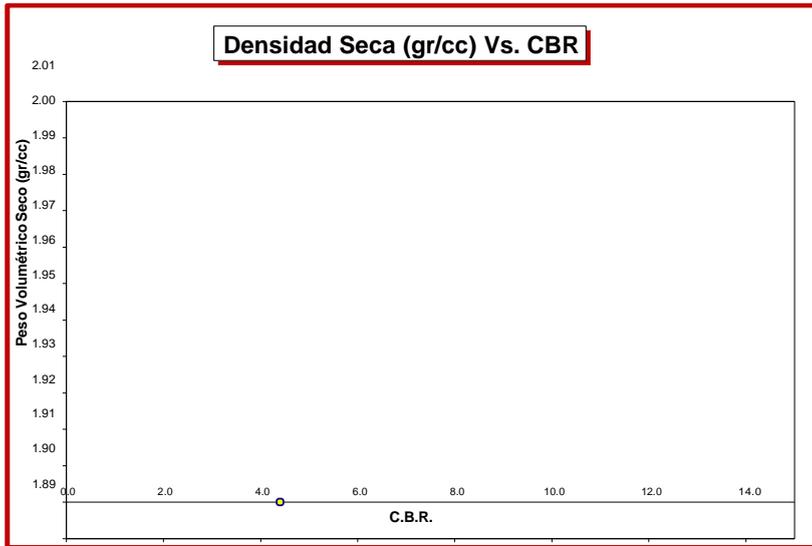
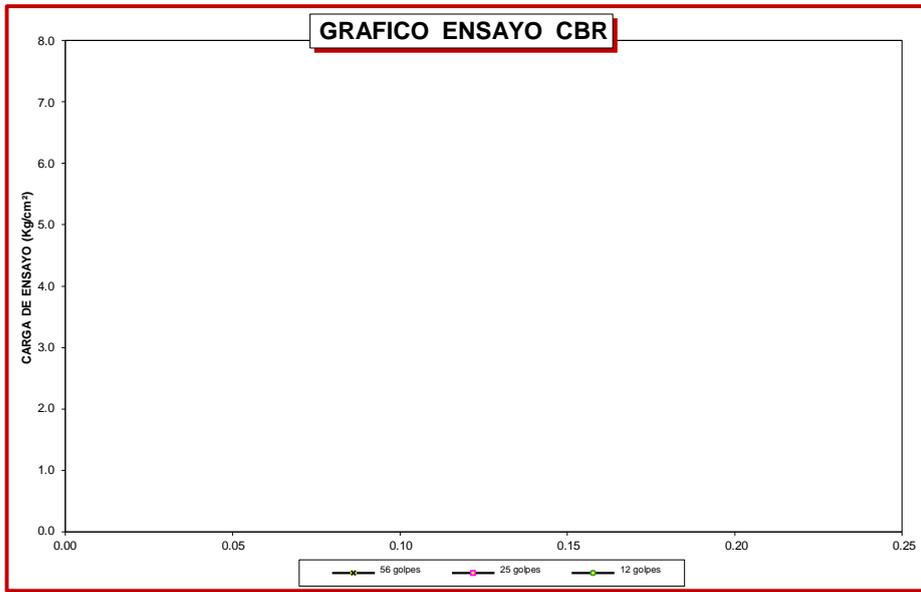


**ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**  
**ASTM D1883 - MTC E132**

SOLICITA : \_\_\_\_\_

PROYECTO : \_\_\_\_\_

CALICATA :	PROFUNDIDAD :
MUESTRA :	FECHA :



<b>Resumen de Resultados</b>	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. = _____ %
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. = _____ %

## **RESULTADOS DE LABORATORIO:**



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

INFORME N° SV-070-MATHLAB-2020

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
: BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ - 2021".

LUGAR : SECTOR GUADALUPE  
FECHA : ENERO DEL 2021

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

RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO		
	3"	100.00
	2 1/2"	100.00
PORCENTAJE	2"	100.00
ACUMULADO	1 1/2"	100.00
QUE PASA POR	1"	100.00
MALLA DE	3/4"	99.60
PORCION	3/8"	99.07
DE MATERIAL	N° 4	95.96
MENOR	N° 10	93.01
DE 3"	N° 40	86.52
	N° 60	82.17
	N° 140	78.76
	N° 200	76.62
Coef. Uniformidad	Cu.	-----
Coef. Concavidad	Cc.	-----
LIMITES	L.L.	36.10
DE	L.P.	21.99
CONSISTENCIA	I.P.	14.11
HUMEDAD NATURAL		12.53
CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS) ASTM D-2487		<b>CL</b>
CLASIFICACION AASHTO ASTM D-3282 - AASHTO M145		<b>A-6 (10)</b>

RESUMEN DE ENSAYOS ESPECIALES DE LABORATORIO	
<b>DATOS DE C.B.R. A 0.1" DE PENETRACION (ASTM D-1883)</b>	
C.B.R. 100% P.V.S.M. (%)	6.17
C.B.R. 95% P.V.S.M. (%)	4.41
<b>DATOS DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)</b>	
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	1.97
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	7.09

Nota:

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



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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
: BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
HUARAZ - 2021".

CALICATA	: C-01	PROFUNDID	: 1.50 m
MUESTRA	: Mab .01	FECHA	: ENERO DEL 2021

Humedad	MUESTRA N° 01	
FRASCO N°	1	2
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	231.00	225.15
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	222.15	216.92
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	8.85	8.23
(4) Pfr (gr)	150.26	152.35
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	71.89	64.57
(6) C. Humedad (' (3) / (5)	12.31	12.75
CONTENIDO DE HUMEDAD PROME	12.53	

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

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



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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
: BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
HUARAZ - 2021".

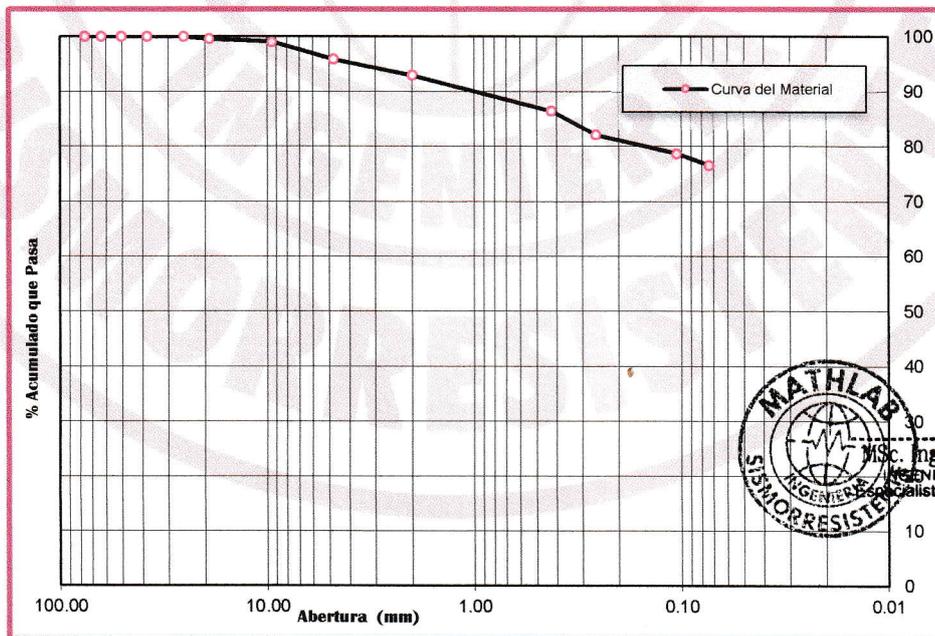
CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : ENERO DEL 2021

PESO INICIAL SECO : 3,000.00 grs      % QUE PASA MALLA No 200 : 76.62  
PESO LAVADO SECO : 715.75 grs      % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	12.02	0.40	0.40	99.60
3/8"	9.525	15.85	0.53	0.93	99.07
No 4	4.780	93.35	3.11	4.04	95.96
No 10	2.000	88.49	2.95	6.99	93.01
No 40	0.426	194.57	6.49	13.48	86.52
No 60	0.260	130.68	4.36	17.83	82.17
No 140	0.106	102.35	3.41	21.24	78.76
No 200	0.074	64.18	2.14	23.38	76.62
> No 200	0.000	14.26	0.48	23.86	76.14
TOTAL		715.75	23.86		

Resumen de Datos	
% que pasa N° 3	100.00
% que pasa N° 4	95.96
% que pasa N° 200	76.62
L.L.	36.10
L.P.	21.99
I.P.	14.11
D10	-----
D30	-----
D60	-----
Cu	-----
Cc	-----
w (%)	12.53
GRAVA (%)	4.04
ARENA (%)	19.34
FINOS (%)	76.62



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



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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### LIMITES DE CONSISTENCIA

#### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

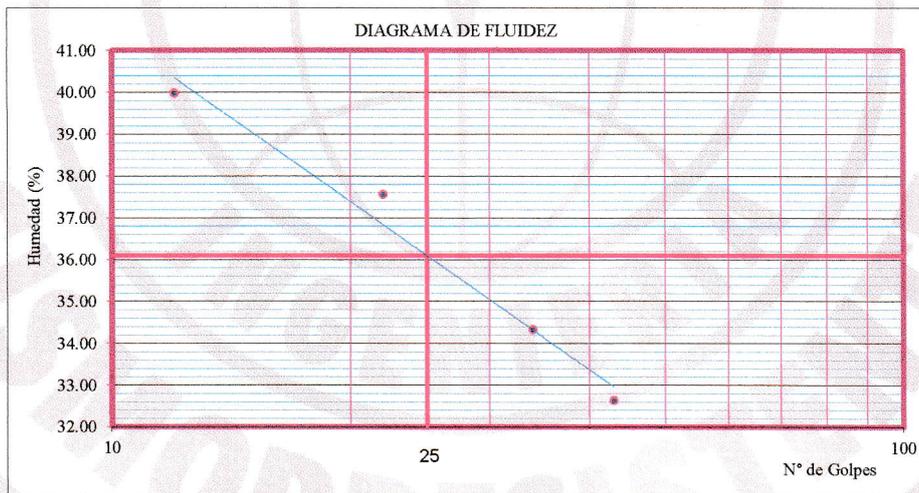
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNI : 1.50 m
MUESTRA : Mab.01	FECHA : ENERO DEL 2021

Ensayo	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	Datos							
Frasco N°								
N. De golpes	12	22	34	43	1	2	3	3
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	34.70	30.85	37.62	36.02	23.31	23.71	23.74	23.94
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	30.17	27.26	33.04	31.84	22.40	22.84	22.88	22.94
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	4.53	3.59	4.58	4.18	0.91	0.87	0.86	1.00
(4) Pfr (gr)	18.84	17.70	19.70	19.03	18.39	18.94	18.77	18.40
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	11.33	9.56	13.34	12.81	4.01	3.90	4.11	4.54
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	39.98	37.55	34.33	32.63	22.69	22.31	20.92	22.03

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

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	36.10
Limite Plastico (L.P.) =	21.99
Indice Plasticidad (I.P.) =	14.11



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



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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

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

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
 CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
 HUARAZ - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUN: 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : ENERO DEL 2021

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

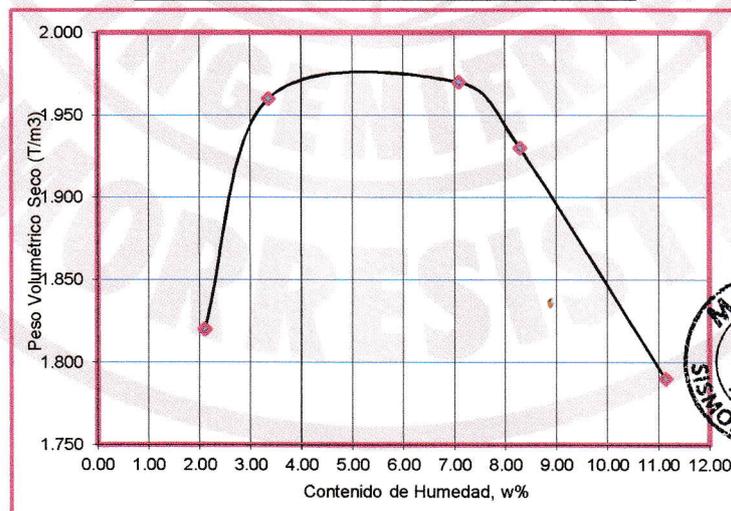
#### Determinación del Contenido de Humedad:

Recipiente N°	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Wsuelo Húm. + Rec.	119.60	119.60	118.95	118.95	102.55	102.55	144.54	144.54	117.25	117.25
Wsuelo Sec. + Rec.	117.85	117.91	116.35	116.45	99.02	99.36	137.68	137.94	111.85	111.45
Peso del agua	1.75	1.69	2.60	2.50	3.53	3.19	6.86	6.60	5.40	5.80
Peso del Recip.	35.68	35.72	40.26	40.15	51.26	52.35	56.58	56.44	61.25	61.45
Peso suelo seco	82.17	82.19	76.09	76.30	47.76	47.01	81.10	81.50	50.60	50.00
Cont. Hum. W%	2.13	2.05	3.42	3.28	7.39	6.79	8.46	8.10	10.67	11.60

#### Determinación del Peso Volumétrico:

Cont. Hum. Prom.	2.09	3.35	7.09	8.28	11.14
Wsuelo + molde	5,402.00	5,562.00	5,640.00	5,621.00	5,521.00
Wmolde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsuelo	1,739.00	1,899.00	1,977.00	1,958.00	1,858.00
Peso Vol. Húmedo	1.86	2.03	2.11	2.09	1.99
Peso Vol. Seco(T/m3)	1.82	1.96	1.97	1.93	1.79

Resumen de Resultados	
Contenido de Humedad Optimo :	7.09 %
Peso Volumetrico Seco Máximo :	1.97 T/m3



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

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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

#### ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ - 2021".

CALICATA	: C-01	PROFUNDIDAD	: 1.50 m
MUESTRA	: Mab .01	FECHA	: ENERO DEL 2021

Molde	1				2				3			
Capas	5				5				5			
Golpes por capa	56				25				12			
Condicion de la muestra	Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada	
Peso Molde + Suelo hum.	8,710.00		13,545.00		8,784.00		13,545.00		8,740.00		13,452.00	
Peso del molde (gr.)	4,650.00		9,500.00		4,770.00		9,550.00		4,750.00		9,574.00	
Peso del Suelo humedo	4,060.00		4,045.00		4,014.00		3,995.00		3,990.00		3,878.00	
Volumen del Molde (cm3)	1,894.00				1,894.00				1,894.00			
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	2.14		2.14		2.12		2.11		2.11		2.05	
% de humedad	7.09		7.52		8.18		10.08		11.11		11.51	
Peso Vol. Seco (gr/cc)	2.00		1.99		1.96		1.92		1.90		1.84	
Tarro N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarro + suelo humedo	97.15	97.15	101.44	101.44	97.45	97.45	100.02	100.02	98.30	98.30	96.35	96.35
Tarro + suelo seco	92.78	92.85	96.20	96.45	92.10	92.45	93.45	93.45	91.45	91.24	89.25	89.25
Peso de Agua	4.37	4.30	5.24	4.99	5.35	5.00	6.57	6.57	6.85	7.06	7.10	7.10
Peso del Tarro	32.02	31.38	28.20	28.48	28.44	29.58	28.72	27.86	28.33	29.18	27.85	27.29
Peso del suelo seco	60.76	61.47	68.00	67.97	63.66	62.87	64.73	65.59	63.12	62.06	61.40	61.96
% humedad	7.19	7.00	7.71	7.34	8.40	7.95	10.15	10.02	10.85	11.38	11.56	11.46
Promedio de Humedad	7.09		7.52		8.18		10.08		11.11		11.51	

PENETRACION C.B.R.										
Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm2)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		Carga Ensayo		C B R (%)	Carga Ensayo		C B R (%)	Carga Ensayo		C B R (%)
		(Kg)	(Kg/cm2)		(Kg)	(Kg/cm2)		(Kg)	(Kg/cm2)	
0.025		28.00	1.45		24.00	1.24		18.00	0.93	
0.050		54.00	2.79		44.00	2.27		32.00	1.65	
0.075		66.00	3.41		58.00	3.00		40.00	2.07	
0.100	70.30	84.00	4.34	6.17	74.00	3.82	5.44	60.00	3.10	4.41
0.200	105.45	130.00	6.72	6.37	114.00	5.89	5.59	96.00	4.96	4.70

EXPANSION											
Molde N°			1			2			3		
Fecha	Tiempo	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
Ene-21	0.0 hrs	8.00 a.m.	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
Ene-21	24.0 hrs.	8.00 a.m.	19.00	0.185	0.122	20.00	0.195	0.129	22.00	0.215	0.142
Ene-21	48.0 hrs.	8.00 a.m.	21.00	0.205	0.135	23.00	0.224	0.148	26.00	0.254	0.167
Ene-21	72.0 hrs.	8.00 a.m.	22.00	0.215	0.142	25.00	0.244	0.161	28.00	0.273	0.180
Ene-21	96.0 hrs.	8.00 a.m.	25.00	0.244	0.161	28.00	0.273	0.180	31.00	0.302	0.200

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



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



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal 01: Jr. Francisco Aros N° 123 Of. 102, Barrio Centenario Este - Independencia  
 Sucursal 02: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

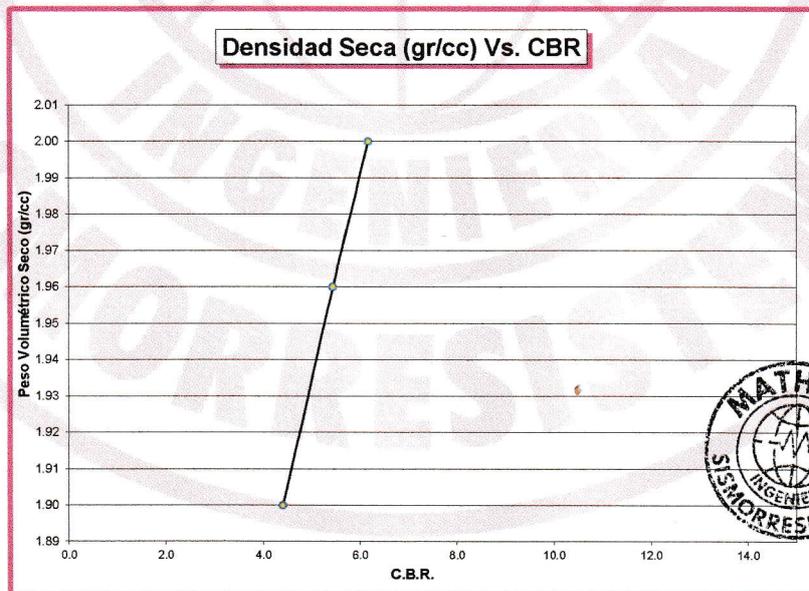
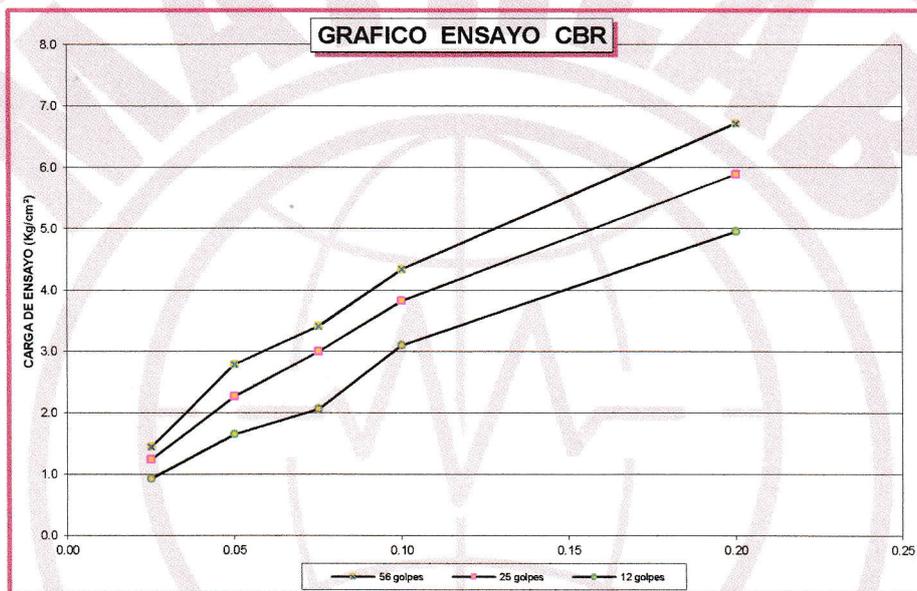
ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ - 2021".

CALICATA : C-01  
 MUESTRA : Mab .01

PROFUNDIDAD : 1.50 m  
 FECHA : ENERO DEL 2021



*[Signature]*  
 Ing. Ruben Darío Aranda Leiva  
 INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 142939  
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Resumen de Resultados	
C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	6.17 %
C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	4.41 %

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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### LIMITES DE CONSISTENCIA

#### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ - 2021".

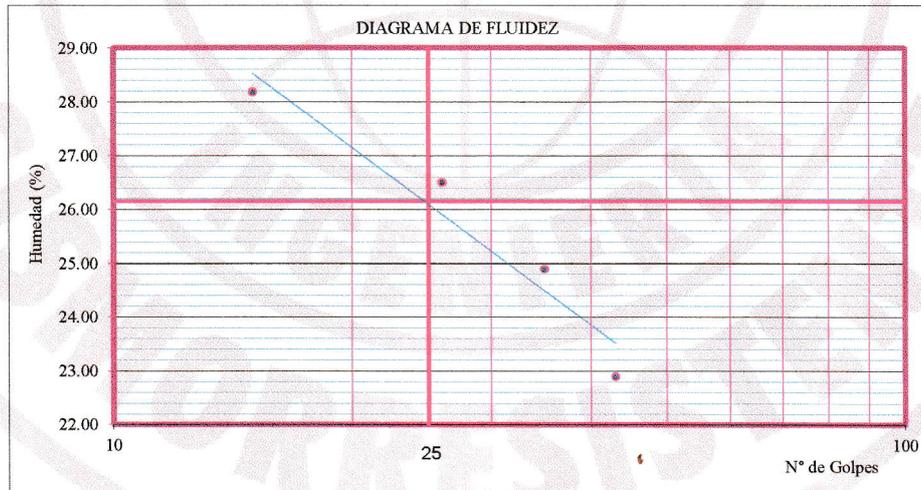
CALICATA : C-01	PROFUNI : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : ENERO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 3% CAL Y 15% CBCA
PROGRESIVA (KM)	-----

Ensayo Datos	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	15	26	35	43	1	2	3	4
Frasco N°								
N. De golpes	15	26	35	43	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	34.64	32.64	33.84	33.10	21.98	23.88	23.94	23.64
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	31.40	29.59	30.92	30.52	21.42	23.32	23.24	22.84
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	3.24	3.05	2.92	2.58	0.56	0.56	0.70	0.80
(4) Pfr (gr)	19.90	18.08	19.19	19.25	17.54	19.57	18.80	18.02
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	11.50	11.51	11.73	11.27	3.88	3.75	4.44	4.82
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	28.17	26.50	24.89	22.89	14.43	14.93	15.77	16.60

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

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	26.15
Limite Plastico (L.P.) =	15.43
Indice Plasticidad (I.P.) =	10.72



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



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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles

RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

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

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH

: BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
HUARAZ - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUND : 1.50 m
MUESTRA : Mab.01	FECHA : ENERO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 3% CAL Y 15% CBCA
PROGRESIVA (KM)	-----

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

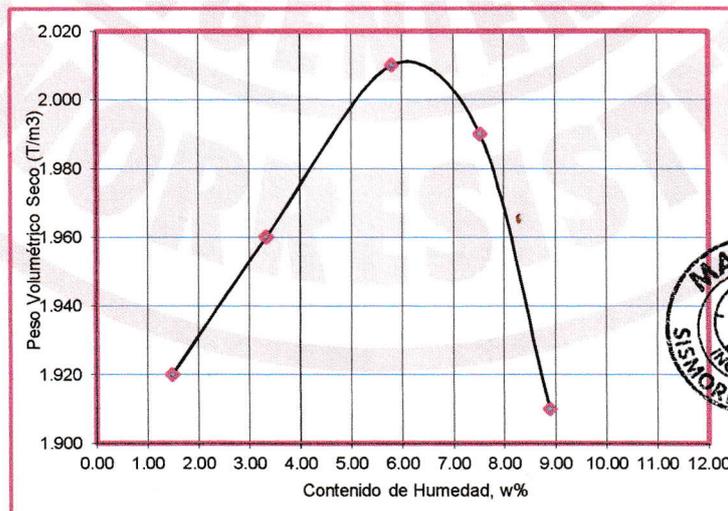
#### Determinación del Contenido de Humedad:

Recipiente N°	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Wsuelo Húm. + Rec.	87.67	84.06	103.01	103.01	81.24	76.98	80.21	80.41	82.29	91.20
Wsuelo Sec. + Rec.	86.74	83.10	100.26	100.45	77.91	73.74	75.74	76.40	76.92	85.78
Peso del agua	0.93	0.96	2.75	2.56	3.33	3.24	4.47	4.01	5.37	5.42
Peso del Recip.	20.23	21.55	21.15	19.78	18.92	19.33	19.45	20.00	20.44	20.15
Peso suelo seco	66.51	61.55	79.11	80.67	58.99	54.41	56.29	56.40	56.48	65.63
Cont. Hum. W%	1.40	1.56	3.48	3.17	5.65	5.95	7.94	7.11	9.51	8.26

#### Determinación del Peso Volumétrico:

Cont. Hum. Prom.	1.48	3.32	5.80	7.53	8.88
Wsuelo + molde	5,485.00	5,558.00	5,651.00	5,665.00	5,610.00
Wmolde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsuelo	1,822.00	1,895.00	1,988.00	2,002.00	1,947.00
Peso Vol. Húmedo	1.95	2.03	2.12	2.14	2.08
Peso Vol. Seco(T/m3)	1.92	1.96	2.01	1.99	1.91

Resumen de Resultados	
Contenido de Humedad Optimo :	5.80 %
Peso Volumetrico Seco Máximo :	2.01 T/m3



*[Firma]*  
Ing. Ruben Dario Aranda Leiva  
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162639  
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

#### ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : \*ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
 GENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
 HUARAZ - 2021\*.

CALICATA	: C-01	PROFUNDIDAD	: 1.50 m
MUESTRA	: Mab .01	FECHA	: ENERO DEL 2021

CALICATA	<b>Mstra. Patron + 3% CAL Y 15% CBCA</b>		
PROGRESIVA (KM)	-----		

Molde	1				2				3			
	Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada	
Capas	5				5				5			
Golpes por capa	56				25				12			
Peso Molde + Suelo hum.	8,713.00	13,566.00	8,745.00	13,535.00	8,585.00	13,542.00	8,585.00	13,542.00	8,585.00	13,542.00	8,585.00	13,542.00
Peso del molde (gr.)	4,700.00	9,500.00	4,710.00	9,450.00	4,600.00	9,460.00	4,600.00	9,460.00	4,600.00	9,460.00	4,600.00	9,460.00
Peso del Suelo humedo	4,013.00	4,066.00	4,035.00	4,085.00	3,985.00	4,082.00	3,985.00	4,082.00	3,985.00	4,082.00	3,985.00	4,082.00
Volumen del Molde (cm3)	1,894.00				1,894.00				1,894.00			
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	2.12	2.15	2.13	2.16	2.10	2.16	2.10	2.16	2.10	2.16	2.10	2.16
% de humedad	5.48	7.21	8.22	9.71	10.40	12.60	10.40	12.60	10.40	12.60	10.40	12.60
Peso Vol. Seco (gr/cc)	2.01	2.00	1.97	1.97	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
Tarro N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarro + suelo humedo	130.16	132.05	83.89	83.89	80.15	81.36	88.55	88.55	90.32	90.45	95.03	95.03
Tarro + suelo seco	125.85	128.60	80.22	80.22	76.32	77.25	83.30	83.30	84.50	84.59	87.46	87.46
Peso de Agua	4.31	3.45	3.67	3.67	3.83	4.11	5.25	5.25	5.82	5.86	7.57	7.57
Peso del Tarro	52.61	60.51	29.34	29.34	29.32	27.70	29.22	29.22	29.48	27.28	27.42	27.42
Peso del suelo seco	73.24	68.09	50.88	50.88	47.00	49.55	54.08	54.08	55.02	57.31	60.04	60.04
% humedad	5.88	5.07	7.21	7.21	8.15	8.29	9.71	9.71	10.58	10.23	12.60	12.60
Promedio de Humedad	5.48		7.21		8.22		9.71		10.40		12.60	

Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm2)	PENETRACION C.B.R.									
		MOLDE 1				MOLDE 2				MOLDE 3	
		Carga Ensayo		C B R (%)	Carga Ensayo		C B R (%)	Carga Ensayo		C B R (%)	
0.025	70.30	98.00	5.06		21.61	84.00		4.34	19.04		63.00
0.050		189.00	9.77	154.00		7.96	112.00	5.79			
0.075		231.00	11.94	203.00		10.49	140.00	7.23			
0.100		294.00	15.19	259.00		13.38	210.00	10.85			
0.200		455.00	23.51	399.00		20.62	336.00	17.36			

EXPANSION											
Molde N°			1			2			3		
Fecha	Tiempo	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
Ene-21	0.0 hrs	10.00 a.m.	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
Ene-21	24.0 hrs	10.00 a.m.	14.00	0.137	0.090	16.00	0.156	0.103	15.00	0.146	0.097
Ene-21	48.0 hrs	10.00 a.m.	16.00	0.156	0.103	19.00	0.185	0.122	18.00	0.176	0.116
Ene-21	72.0 hrs	10.00 a.m.	18.00	0.176	0.116	21.00	0.205	0.135	20.00	0.195	0.129
Ene-21	96.0 hrs	10.00 a.m.	22.00	0.215	0.142	23.00	0.224	0.148	22.00	0.214	0.167

Nota: La muestra de suelo fue traído por el solicitante, al laboratorio para sus pruebas respectivas. MSc. Ing. Ruben Dario Aranda Leiva  
 INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 182939  
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal 01: Jr. Francisco Araos N° 123 Of. 102, Barrio Centenario Este - Independencia  
 Sucursal 02: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

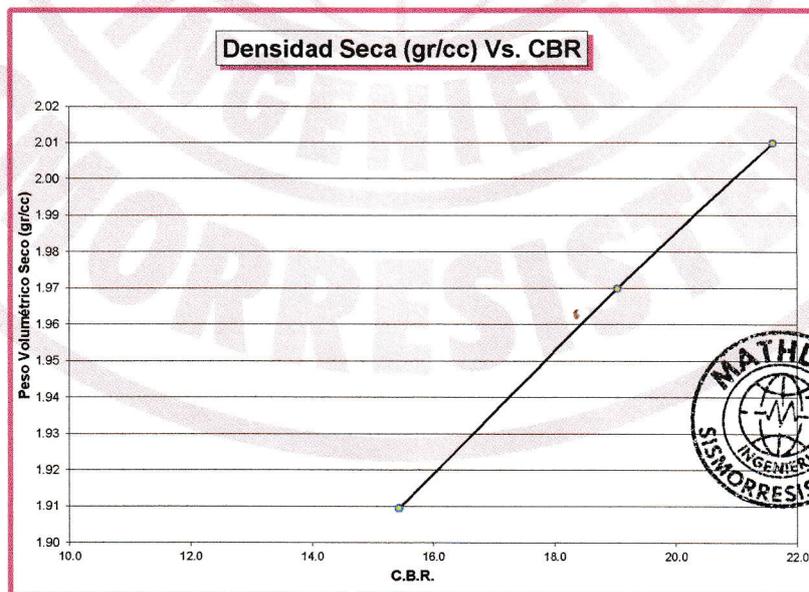
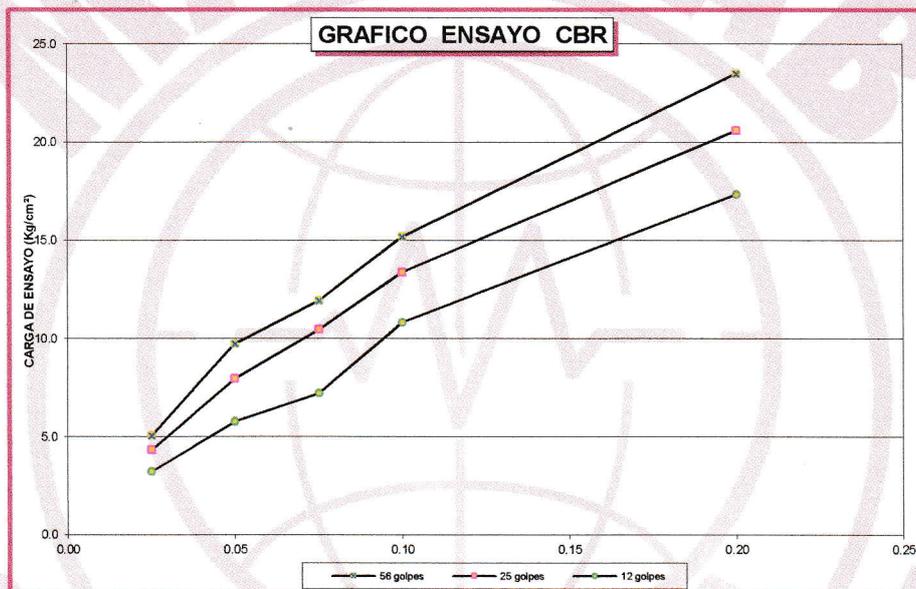
ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : ENERO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 3% CAL Y 15% CBCA
PROGRESIVA (KM)	-----



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

Resumen de Resultados			
C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	21.61	%	
C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	15.43	%	





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### LIMITES DE CONSISTENCIA

#### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y GENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ - 2021".

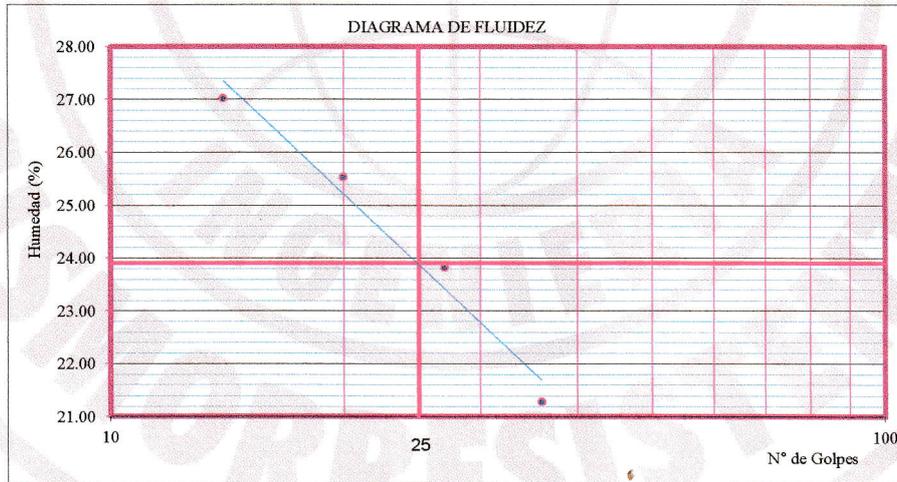
CALICATA : C-01	PROFUND : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : ENERO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 5% CAL Y 15% CBCA
PROGRESIVA (KM)	-----

Ensayo	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	Datos							
Frasco N°								
N. De golpes	14	20	27	36	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	53.15	53.45	54.81	49.35	28.16	29.26	28.40	29.35
(2) Pfr+ P.S.S. (gr)	47.65	48.70	49.75	45.85	25.40	26.45	25.70	26.40
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	5.50	4.75	5.06	3.50	2.76	2.81	2.70	2.95
(4) Pfr (gr)	27.30	30.10	28.51	29.41	6.35	7.15	6.88	6.94
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	20.35	18.60	21.24	16.44	19.05	19.30	18.82	19.46
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	27.03	25.54	23.82	21.29	14.49	14.56	14.35	15.16

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

Resumen de Resultados	
Limite Liquido (L.L.) =	23.90
Limite Plastico (L.P.) =	14.64
Indice Plasticidad (I.P.) =	9.26



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



*[Handwritten Signature]*

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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

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

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
 GENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
 HUARAZ - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUN: 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : ENERO DEL 2021

CALICATA	<b>Mstra. Patron + 5% CAL Y 15% CBCA</b>
PROGRESIVA (KM)	-----

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

#### Determinación del Contenido de Humedad:

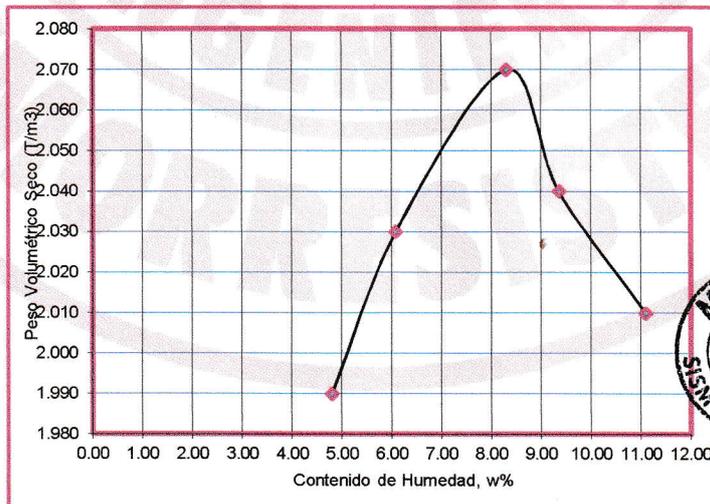
Recipiente N°	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Wsuelo Húm. + Rec.	114.22	109.12	96.28	101.86	89.07	84.68	96.51	88.15	87.35	88.25
Wsuelo Sec. + Rec.	110.32	104.74	92.02	97.10	83.62	79.74	90.11	82.15	81.10	81.02
Peso del agua	3.90	4.38	4.26	4.76	5.45	4.94	6.40	6.00	6.25	7.23
Peso del Recip.	20.23	21.55	21.15	19.78	18.92	19.33	19.45	20.00	20.44	20.15
Peso suelo seco	90.09	83.19	70.87	77.32	64.70	60.41	70.66	62.15	60.66	60.87
Cont. Hum. W%	4.33	5.27	6.01	6.16	8.42	8.18	9.06	9.65	10.30	11.88

#### Determinación del Peso Volumétrico:

Cont. Hum. Prom.	4.80	6.08	8.30	9.36	11.09
Wsuelo + molde	5,610.00	5,678.00	5,762.00	5,750.00	5,754.00
Wmolde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsuelo	1,947.00	2,015.00	2,099.00	2,087.00	2,091.00
Peso Vol. Húmedo	2.08	2.15	2.24	2.23	2.23
Peso Vol. Seco(T/m <sup>3</sup> )	1.99	2.03	2.07	2.04	2.01

#### Resumen de Resultados

Contenido de Humedad Optimo :	<b>8.30 %</b>
Peso Volumetrico Seco Máximo :	<b>2.07 T/m<sup>3</sup></b>



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



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





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
 CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
 HUARAZ - 2021".

CALICATA	: C-01	PROFUNDIDAD	: 1.50 m
MUESTRA	: Mab .01	FECHA	: ENERO DEL 2021

CALICATA	<b>Mstra. Patron + 5% CAL Y 15% CBCA</b>
PROGRESIVA (KM)	-----

Molde	1				2				3			
Capas	5				5				5			
Golpes por capa	56				25				12			
Condicion de la muestra	Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada		Sin Mojar		Mojada	
Peso Molde + Suelo hum.	8,984.00		13,710.00		9,052.00		13,658.00		8,810.00		13,610.00	
Peso del molde (gr.)	4,750.00		9,500.00		4,780.00		9,450.00		4,600.00		9,460.00	
Peso del Suelo humedo	4,234.00		4,210.00		4,272.00		4,208.00		4,210.00		4,150.00	
Volumen del Molde (cm3)	1,894.00				1,894.00				1,894.00			
Peso Vol. Humedo (gr/cc)	2.24		2.22		2.26		2.22		2.22		2.19	
% de humedad	8.15		9.35		10.89		11.43		12.74		12.82	
Peso Vol. Seco (gr/cc)	2.07		2.03		2.03		1.99		1.97		1.94	
Tarro N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tarro + suelo humedo	140.00	143.02	84.20	84.20	80.20	81.26	88.20	88.20	90.35	90.36	95.20	95.20
Tarro + suelo seco	133.25	136.22	79.51	79.51	75.35	75.85	82.15	82.15	83.45	83.25	87.50	87.50
Peso de Agua	6.75	6.80	4.69	4.69	4.85	5.41	6.05	6.05	6.90	7.11	7.70	7.70
Peso del Tarro	50.16	53.15	29.34	29.34	29.32	27.70	29.22	29.22	29.48	27.28	27.42	27.42
Peso del suelo seco	83.09	83.07	50.17	50.17	46.03	48.15	52.93	52.93	53.97	55.97	60.08	60.08
% humedad	8.12	8.19	9.35	9.35	10.54	11.24	11.43	11.43	12.78	12.70	12.82	12.82
Promedio de Humedad	8.15		9.35		10.89		11.43		12.74		12.82	

PENETRACION C.B.R.												
Penetración (Pulg)	Carga Tipo (Kg/cm2)	MOLDE 1				MOLDE 2			MOLDE 3			
		Carga Ensayo		C B R (%)	Carga Ensayo		C B R (%)	Carga Ensayo		C B R (%)		
		(Kg)	(Kg/cm2)		(Kg)	(Kg/cm2)		(Kg)	(Kg/cm2)			
0.025		140.00	7.23		120.00	6.20		90.00	4.65			
0.050		270.00	13.95		220.00	11.37		160.00	8.27			
0.075		330.00	17.05		290.00	14.98		200.00	10.33			
0.100	70.30	420.00	21.70	30.87	370.00	19.12	27.19	300.00	15.50	22.05		
0.200	105.45	650.00	33.58	31.85	570.00	29.45	27.93	480.00	24.80	23.52		

EXPANSION											
Molde N°			1			2			3		
Fecha	Tiempo	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
Ene-21	0.0 hrs	10.00 a.m.	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
Ene-21	24.0 hrs.	10.00 a.m.	10.00	0.098	0.064	11.00	0.107	0.071	10.00	0.098	0.064
Ene-21	48.0 hrs.	10.00 a.m.	11.00	0.107	0.071	13.00	0.127	0.084	13.00	0.127	0.084
Ene-21	72.0 hrs.	10.00 a.m.	14.00	0.137	0.090	16.00	0.156	0.103	16.00	0.156	0.103
Ene-21	96.0 hrs.	10.00 a.m.	19.00	0.185	0.122	18.00	0.176	0.116	20.00	0.195	0.129

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

M.Sc. Ing. Ruben Darío Aranda Leiva  
 INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162839  
 Especialista en Ensayos y Control de Calidad





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

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

### ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

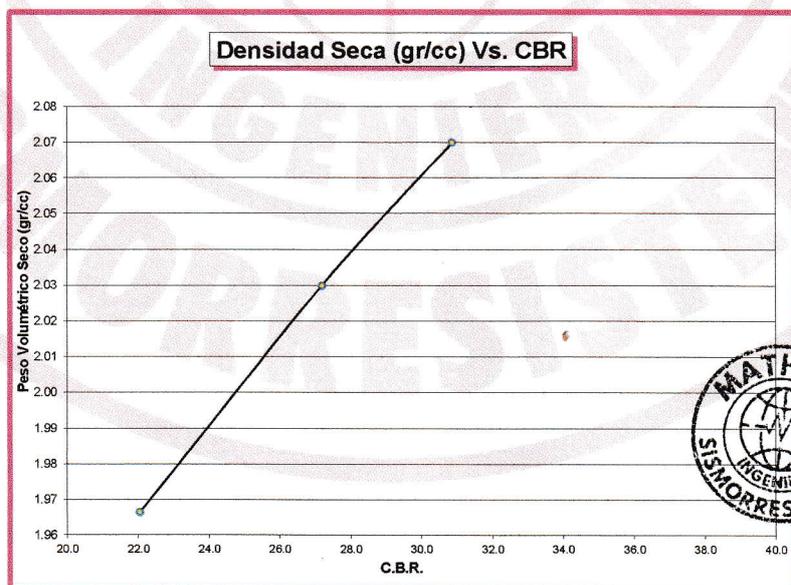
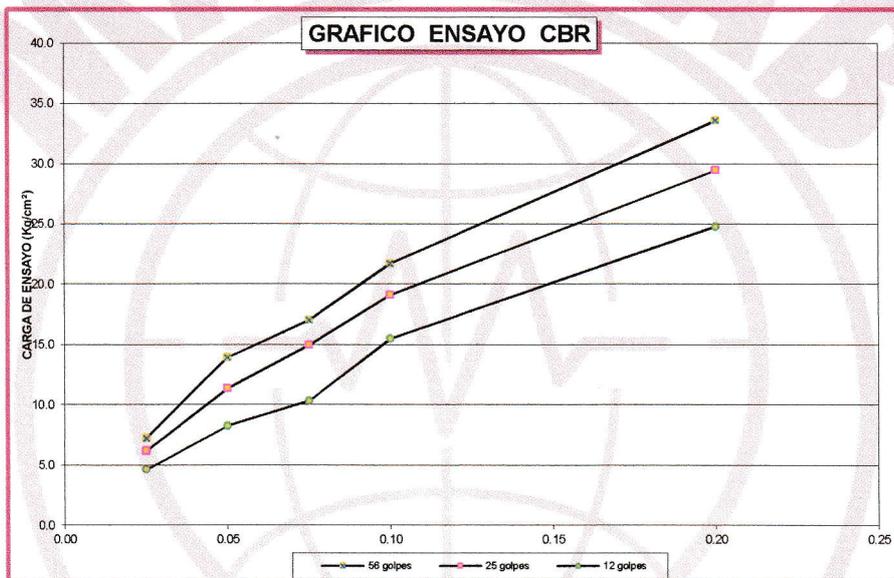
ASTM D1883 - MTC E132

SOLICITA : BACH. CAQUI TORRE MARYURITH MARGOTH  
 : BACH. FLORES RIVERA WILLIAM ROSMEL

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y  
 CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE,  
 HUARAZ - 2021".

CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 1.50 m
MUESTRA : Mab .01	FECHA : ENERO DEL 2021

CALICATA	Mstra. Patron + 5% CAL Y 15% CBCA
PROGRESIVA (KM)	-----



*[Signature]*

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

Resumen de Resultados	C.B.R. AL 100% P.V.S.M. =	30.87	%
	C.B.R. AL 95% P.V.S.M. =	22.05	%

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



## PANEL FOTOGRAFICO



**Figura 18:** Se observa el estado de la vía de acceso de la trocha carrozable del barrio de Guadalupe.



**Figura 19:** Se observa la toma de medida de la calicata para la realización de los ensayos de suelos respectivos en laboratorio = 1.50m



**Figura 20:** Se observa el cuarteo de la muestra, separado en partículas gruesas y finas respectivamente para el posterior ensayo granulométrico.



**Figura 21:** Llevado de la muestra al horno para el análisis del contenido de humedad del suelo en su estado natural.



**Figura 23:** Se observa la toma de muestra de las partículas gruesas, para el posterior tamizado y análisis de resultados.



**Figura 22:** Se observa el tamizado de las partículas gruesas, por la serie de tamices ya establecidos para este tipo de estudios.



**Figura 24:** Se observa el lavado respectivo de las partículas finas del suelo, para su posterior ensayo granulométrico.



**Figura 25:** Extracción de la muestra lavada de suelo del horno. Después de 24 horas.



**Figura 27:** Se observa el tamizado respectivo de las partículas finas, luego del lavado y secado respectivo de la muestra.



**Figura 26:** Se observa el proceso del límite líquido en la copa de Casagrande de la muestra patrón.



**Figura 28:** Se observa la preparación de los famosos churritos para el límite plástico.



**Figura 29:** Se observa en ambas imágenes la obtención del contenido de humedad de la muestra antes de realizar el ensayo Proctor.



**Figura 30:** Se observa la compactación respectiva de la muestra Patrón.



**Figura 31:** Combinación respectiva de la cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar para los 2 ensayos de compactación de las muestras experimentales.



**Figura 32:** Se observa la compactación de la muestra con adición, procedimiento que se repite para ambos porcentajes de adición.



**Figura 33:** Se observa la compactación del ensayo CBR de la muestra Patrón.



**Figura 34:** Se observa la combinación del suelo con la cal y CBCA, que se repite para ambos porcentajes de adición.



**Figura 35:** Se aprecian los moldes retirados del agua media hora antes del ensayo CBR.

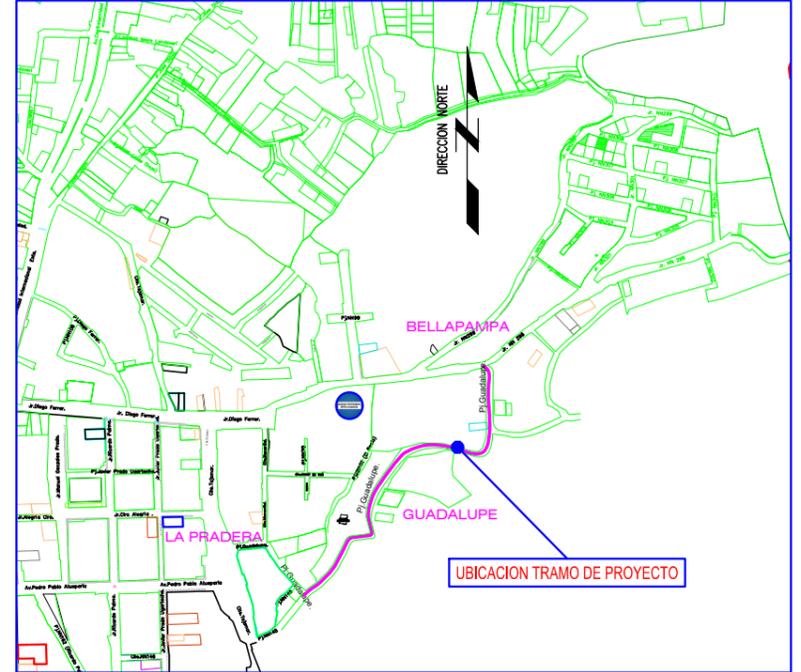
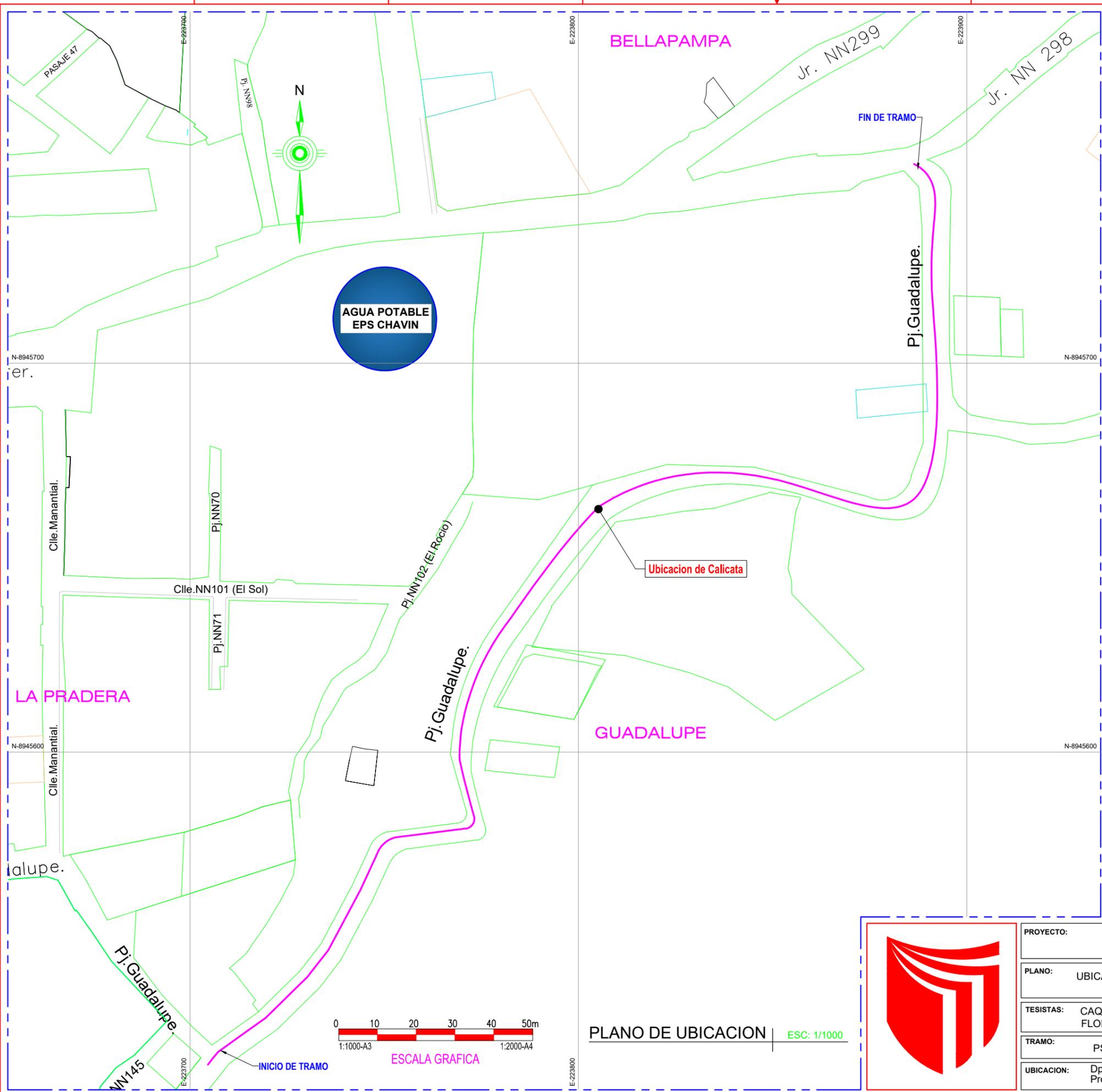


**Figura 36:** Se observa la manipulación de la máquina del CBR, y la anotación de los datos obtenidos en este ensayo.

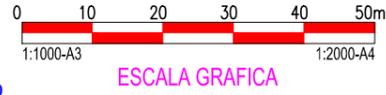


**Figura 37:** Se observa el pesado de la muestra que es extraída luego de que el molde sea sometido a la máquina de CBR, para obtener su contenido de humedad.

# PLANOS



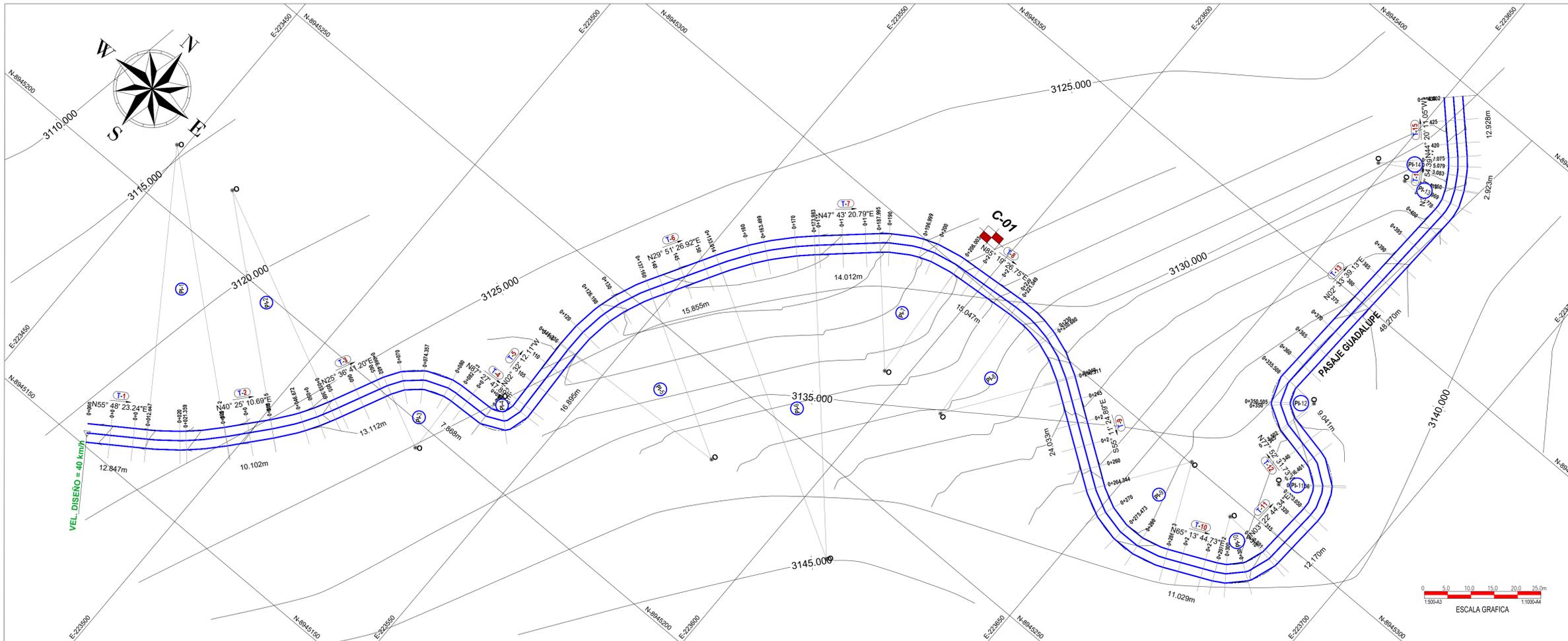
PLANO DE LOCALIZACION ESC: 1/10000  
 Datum Horizontal: PSAD56; Zona Geográfica: 18 L



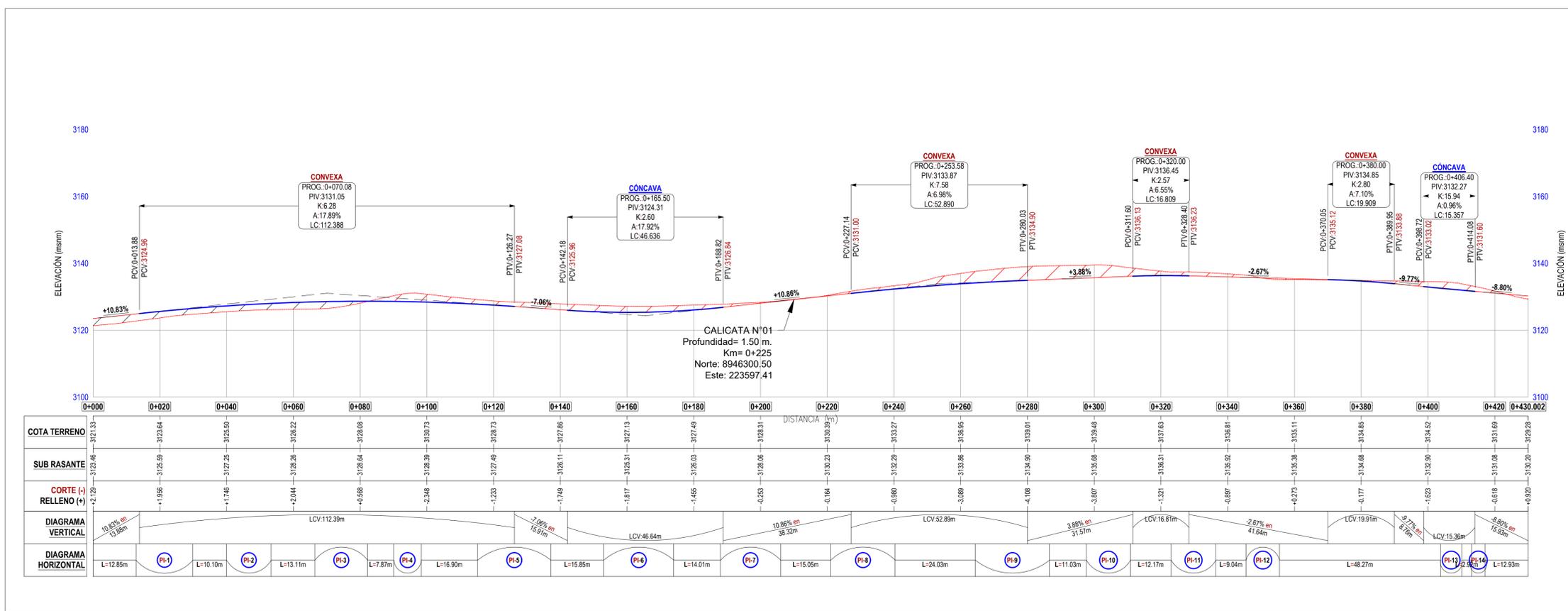
PLANO DE UBICACION ESC: 1/1000



<b>PROYECTO:</b> "ESTABILIZACIÓN DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL EN 3% Y 5% Y CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN 15%, HUARAZ-2021"		
<b>PLANO:</b> UBICACION Y LOCALIZACION DEL PROYECTO	<b>ESCALA:</b> Indicada	
<b>TESISTAS:</b> CAQUI TORRE, Maryurith Margoth FLORES RIVERA, William Rosmel	<b>FECHA:</b> Marzo-2021	
<b>TRAMO:</b> PSJ. GUADALUPE 0.430 Km	<b>ASESOR:</b> Mgr. MERIN CUBAS, Percy Lethelier	<h1>U-01</h1>
<b>UBICACION:</b> Dpto.: Ancash Distr.: Huaraz Prov.: Huaraz Sector: Guadalupe		



PLANO PLANTA | ESC: 1/500



PLANO PERFIL LONGITUDINAL | ESC: 1/750

N° PI	DELTA	RADIO	TANG.	LONG. CURVA	LONG. CUERDA	EXTERNA	P.I
PI-1	015.39	63.398	8.564	17.026	16.974m	0.576	0+021.411 0+0
PI-2	014.81	51.827	6.735	13.395	13.358m	0.436	0+046.709 0+0
PI-3	061.85	14.591	8.741	15.751	14.997m	2.418	0+075.223 0+0
PI-4	090.00	5.245	5.245	8.239	7.418m	2.173	0+095.346 0+0
PI-5	032.39	38.777	11.264	21.924	21.633m	1.603	0+126.499 0+1
PI-6	017.86	67.249	10.570	20.968	20.883m	0.826	0+163.584 0+1
PI-7	037.60	27.439	9.342	18.008	17.686m	1.547	0+197.337 0+1
PI-8	039.49	27.950	10.031	19.262	18.883m	1.746	0+231.080 0+2
PI-9	059.58	21.406	12.254	22.259	21.270m	3.260	0+276.598 0+2

TEBIS: "ESTABILIZACIÓN DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR GUADALUPE, HUARAZ-2021"

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km 0+000 al Km 0+430

TESISTAS: CAQUI TORRE, Maryurith Margoth FLORES RIVERA, William Rosmel

TRAMO: P.S.J. GUADALUPE 0.430 Km

UBICACION: Dpto.: Ancash, Distr.: Huaraz, Pto.: Huaraz, Sector: Guadalupe

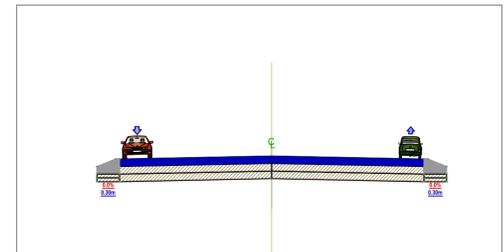
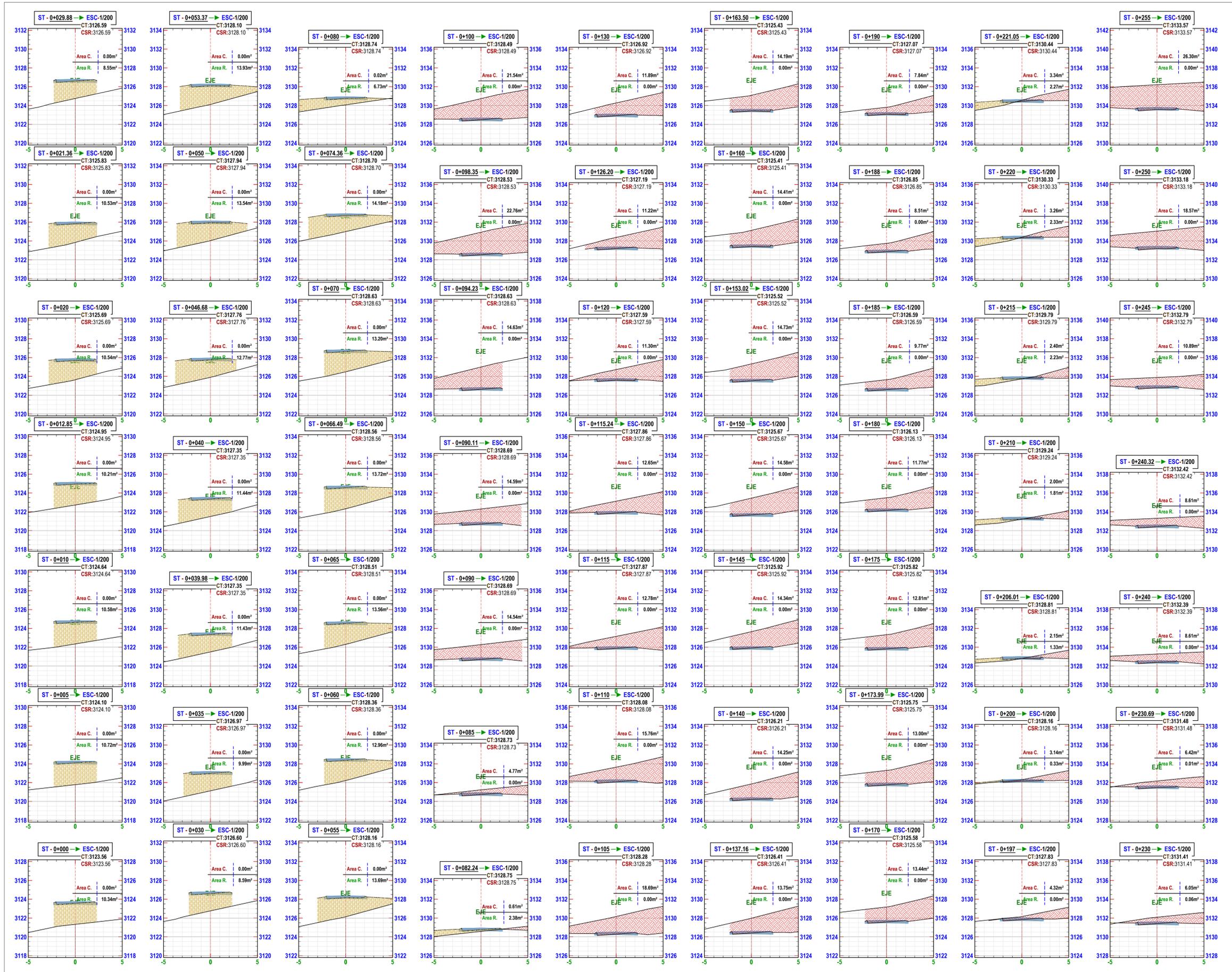
ESCALA: Indicada

FECHA: Marzo-2021

ASESOR: Mgr. MERIN CUBAS, Percy Leñeller

**LÁMINA:**

PL-01



MOVIMIENTO DE TIERRAS						
PROG.	Area C. m <sup>2</sup>	Area R. m <sup>2</sup>	Vol. C. m <sup>3</sup>	Vol. R. m <sup>3</sup>	Vol. C. Acum. m <sup>3</sup>	Vol. R. Acum. m <sup>3</sup>
0+000	0.00	10.34	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005	0.00	10.72	0.00	52.67	52.67	-52.67
0+010	0.00	10.58	0.00	53.26	105.93	-105.93
0+012.85	0.00	10.21	0.00	29.59	135.52	-135.52
0+020	0.00	10.54	0.00	73.87	209.38	-209.38
0+021.36	0.00	10.53	0.00	14.21	223.59	-223.59
0+029.87	0.00	8.55	0.00	80.77	304.37	-304.37
0+030	0.00	8.59	0.00	1.10	305.46	-305.46
0+035	0.00	9.99	0.00	46.45	351.91	-351.91
0+039.97	0.00	11.43	0.00	53.29	405.20	-405.20
0+040	0.00	11.44	0.00	0.29	405.49	-405.49
0+046.67	0.00	12.77	0.00	79.42	484.91	-484.91
0+050	0.00	13.54	0.00	43.21	528.12	-528.12
0+053.37	0.00	13.93	0.00	46.08	574.20	-574.20
0+055	0.00	13.69	0.00	22.52	596.72	-596.72
0+060	0.00	12.96	0.00	66.61	663.34	-663.34
0+065	0.00	13.56	0.00	66.29	729.63	-729.63
0+066.48	0.00	13.72	0.00	20.21	749.84	-749.84
0+070	0.00	13.20	0.00	44.88	794.72	-794.72
0+074.36	0.00	14.18	0.00	58.96	853.69	-853.69
0+080	0.02	6.73	0.04	62.26	915.95	-915.91
0+082.23	0.61	2.38	0.51	11.51	927.46	-926.91
0+085	4.77	0.00	7.44	3.29	930.75	-922.76
0+090	14.54	0.00	48.25	0.00	979.00	-874.51

MOVIMIENTO DE TIERRAS						
PROG.	Area C. m <sup>2</sup>	Area R. m <sup>2</sup>	Vol. C. m <sup>3</sup>	Vol. R. m <sup>3</sup>	Vol. C. Acum. m <sup>3</sup>	Vol. R. Acum. m <sup>3</sup>
0+094.22	14.63	0.00	56.35	0.00	114.06	930.75
0+098.34	22.76	0.00	78.76	0.00	192.82	930.75
0+100	21.54	0.00	36.76	0.00	229.58	930.75
0+105	18.69	0.00	100.56	0.00	330.14	930.75
0+110	15.76	0.00	86.12	0.00	416.26	930.75
0+115	12.78	0.00	71.37	0.00	487.63	930.75
0+115.24	12.65	0.00	3.00	0.00	490.63	930.75
0+120	11.30	0.00	54.81	0.00	545.43	930.75
0+126.20	11.22	0.00	66.69	0.00	612.13	930.75
0+130	11.89	0.00	41.83	0.00	653.96	930.75
0+137.16	13.75	0.00	87.29	0.00	741.25	930.75
0+140	14.25	0.00	39.76	0.00	781.01	930.75
0+145	14.34	0.00	71.46	0.00	852.47	930.75
0+150	14.58	0.00	72.30	0.00	924.77	930.75
0+153.01	14.73	0.00	44.18	0.00	968.95	930.75
0+160	14.41	0.00	99.19	0.00	1068.14	930.75
0+163.50	14.19	0.00	48.76	0.00	1116.90	930.75
0+170	13.44	0.00	87.54	0.00	1204.44	930.75
0+173.98	13.00	0.00	51.31	0.00	1255.75	930.75
0+175	12.81	0.00	13.13	0.00	1268.88	930.75
0+180	11.77	0.00	61.46	0.00	1330.34	930.75
0+185	9.77	0.00	53.86	0.00	1384.20	930.75
0+188	8.51	0.00	27.39	0.00	1411.59	930.75
0+190	7.84	0.00	15.19	0.00	1426.78	930.75
0+197	4.32	0.00	39.18	0.01	1465.96	930.77

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE TROCHA CARROZABLE ADICIONANDO CAL Y CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL BARRIO EMPRENDEDOR, HUARAZ-2021"

PLANO: CORTE Y RELLENO Km 0+000 al Km 0+230

ESCALA: Indicada

FECHA: Marzo-2021

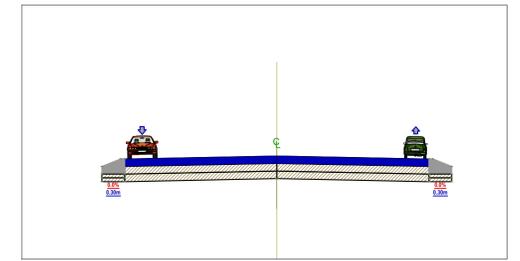
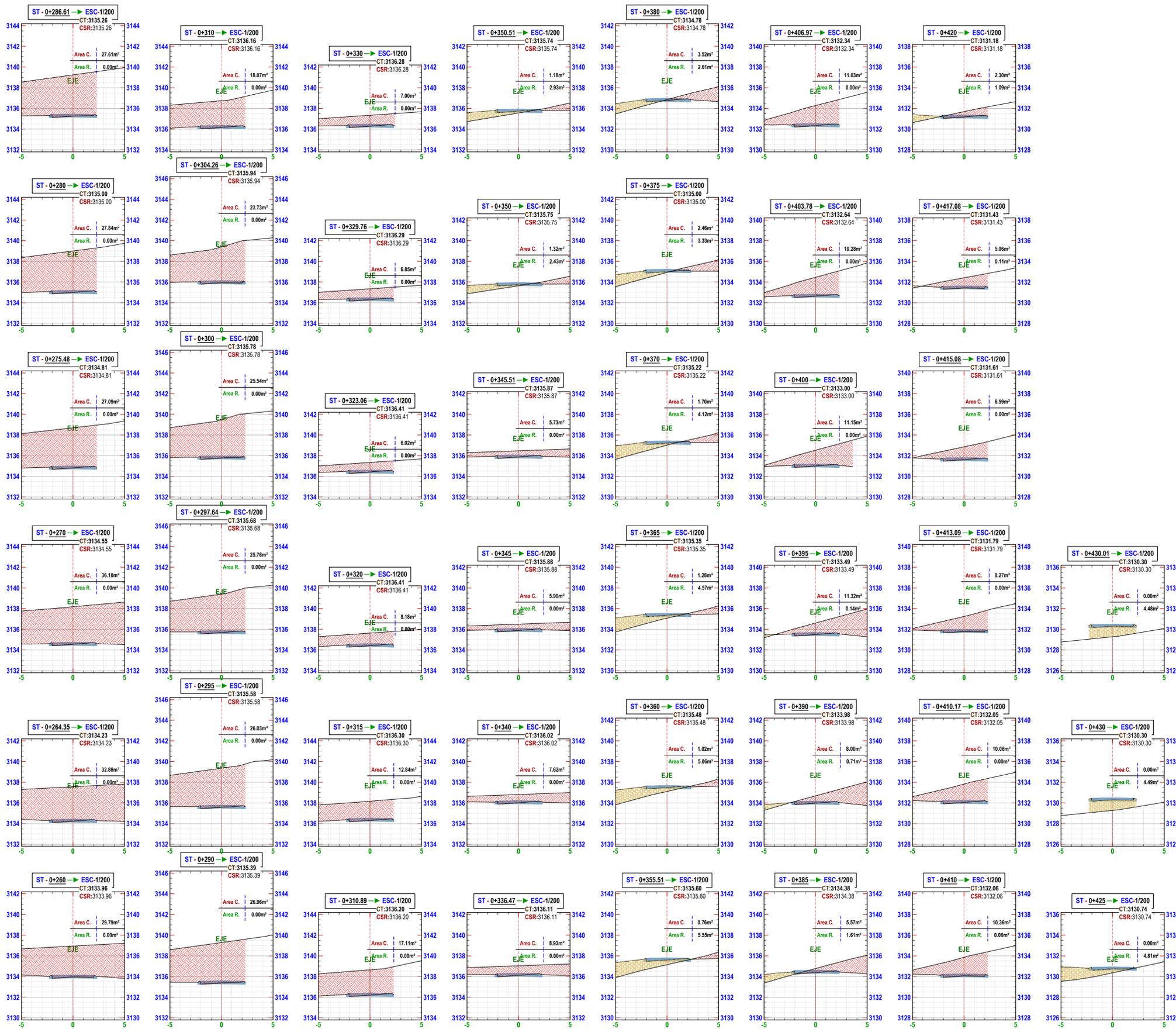
TRAMO: PSJ. GUADALUPE 0.430 Km

UBICACIÓN: Dpto.: Ancash Diatr.: Huaraz Prov.: Huaraz Sector: Guadalupe

REVISOR: CAQUI TORRE Maryuith Margoth FLORES RIVERA, William Rosmel

ASESOR: Mgtr. MERIN CUBAS, Percy Letelier

LÁMINA: **PL-01**



MOVIMIENTO DE TIERRAS						
PROG.	Área C. m²	Área R. m²	Vol. C. m³	Vol. R. m³	Vol. C. Acum. m³	Vol. R. Acum. m³
0+200	3.14	0.33	10.14	0.56	1476.10	931.33
0+206	2.15	1.33	14.12	5.56	1490.21	936.89
0+210	2.00	1.81	8.29	6.27	1498.51	943.16
0+215	2.40	2.23	11.00	10.12	1509.51	953.28
0+220	3.26	2.33	14.15	11.40	1523.66	964.68
0+221.05	3.34	2.27	3.47	2.41	1527.13	967.09
0+230	6.05	0.06	38.73	11.75	1565.86	978.84
0+230.68	6.42	0.01	4.00	0.03	1569.86	978.87
0+240	8.61	0.00	67.47	0.06	1637.33	978.94
0+240.31	8.61	0.00	2.68	0.00	1640.01	978.94
0+245	10.89	0.00	45.72	0.00	1685.73	978.94
0+250	18.57	0.00	73.64	0.00	1759.37	978.94
0+255	26.30	0.00	112.18	0.00	1871.55	978.94
0+260	29.79	0.00	140.23	0.00	2011.78	978.94
0+264.34	32.88	0.00	136.11	0.00	2147.89	978.94
0+270	36.10	0.00	196.70	0.00	2344.59	978.94
0+275.47	27.09	0.00	169.59	0.00	2514.18	978.94
0+280	27.84	0.00	117.24	0.00	2631.42	978.94
0+286.60	27.61	0.00	172.82	0.00	2804.24	978.94
0+290	26.96	0.00	92.69	0.00	2896.93	978.94
0+295	26.03	0.00	132.47	0.00	3029.40	978.94
0+297.63	25.76	0.00	68.15	0.00	3097.55	978.94
0+300	25.54	0.00	55.16	0.00	3152.71	978.94
0+304.26	23.73	0.00	95.57	0.00	3248.28	978.94
0+310	18.07	0.00	109.07	0.00	3357.35	978.94

# **NORMAS TECNICAS**



## MTC E 103

### REDUCCION DE MUESTRAS DE CAMPO A TAMAÑOS DE MUESTRAS DE ENSAYO

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Es la reducción de las muestras obtenidas en el campo a los tamaños de muestras requeridas para los ensayos, empleando procedimientos que minimizan la variación en la medición de las características entre las muestras de ensayo y las muestras de campo.
- 1.2 La reducción de muestras se obtiene mediante los siguientes tres métodos:
  - Método A: Cuarteador mecánico
  - Método B: Cuarteo
  - Método C: Pilas cónicas (agregado fino húmedo)

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La finalidad es el reducir las muestras obtenidas en el campo a las porciones requeridas para someterlas a ensayos. Las muestras más grandes tienden a ser más representativas de la muestra total.

Los métodos indicados tienen por finalidad reducir el tamaño de la muestra obtenida en el campo a tamaños convenientes para realizar varios ensayos a fin de describir el material y medir su calidad, de tal manera que la porción de muestra de ensayo más pequeña no deje de ser representativa de la muestra más grande y por lo tanto de la total suministrada. Los errores que se cometen en un seguimiento no cuidadoso de los métodos, conducirán a la obtención de muestras no representativas para su uso en ensayos posteriores.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM C 702: Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size.

#### 4.0 EQUIPO

##### 4.1 METODO A: CUARTEADOR MECÁNICO

- 4.1.1 Divisor de muestras: Los divisores de muestras deberán tener un número par de cajuelas con planos inclinados de igual ancho, pero no menor que ocho para suelos gruesos, o veinte para suelos finos, con descargas alternativas a cada lado del divisor. El ancho mínimo de la cajuela debe ser aproximadamente 1,5 veces el diámetro de la partícula de mayor tamaño contenida en la muestra a ser dividida. El divisor debe estar equipado con dos recipientes para recibir las dos mitades de la muestra dividida. Asimismo, debe estar equipado con una tolva, la cual tiene un ancho igual o ligeramente menor que el ancho total de la cajuela, por la cual la muestra debe ser depositada a una velocidad controlada a las cajuelas. El equipo y sus accesorios deben ser diseñados para que la muestra fluya suavemente sin restricciones o pérdidas de material. Ver [Figura 1](#).

#### 4.3 METODO C: PILAS CONICAS (Agregado fino húmedo)

4.3.1 El equipo consiste de un cucharón metálico, pala o badilejo para mezclar y un muestreador (pequeño cucharón o pala). Ver [Figura 3](#)



**Figura 3: Pilas cónicas**

### 5.0 MUESTRA

La muestra de campo se toma de acuerdo con el método (MTC E101), o como lo establezca cada método de ensayo. Cuando se contempla solamente el ensayo de análisis granulométrico, el tamaño de la muestra de campo dada en MTC E 101 es usualmente adecuado. Cuando se van a realizar ensayos adicionales, el usuario deberá asegurar por sí mismo que el tamaño inicial de la muestra de campo sea adecuado para realizar todos los ensayos considerados.

#### 5.1 SELECCION DEL METODO

##### 5.1.1 Agregado fino

La muestra de campo de agregado fino que está seca o en condición de saturada superficialmente seca, se debe reducir de tamaño por medio de un cuarteador mecánico usando el Método A. Muestras de campo libres de humedad superficial se pueden reducir de tamaño por cuarteo de acuerdo al Método B o por tratamiento como una pequeña muestra conforme al Método C.

5.1.1.1 Si se desea utilizar el Método B ó C y la muestra de campo no tiene humedad libre sobre la superficie de las partículas, la muestra se debe humedecer para alcanzar esta condición, mezclarla bien y luego llevar a cabo la reducción de la muestra.

5.1.1.2 Si se desea utilizar el Método A y la muestra de campo tiene humedad libre sobre la superficie de las partículas, la muestra de campo se debe secar hasta la condición de superficie seca, usando temperaturas que no excedan aquellas especificadas para cualquiera de los ensayos contemplados y luego se procede a reducir la muestra. Alternativamente, si la humedad de la muestra de campo es muy grande, una división preliminar se debe realizar utilizando un cuarteador mecánico que tenga una abertura de 38 mm (1 ½ pulg) o más para reducir la muestra a no menos de 5 000 g, la porción así obtenida se seca y se reduce al tamaño de muestra de ensayo usando el Método A.

**Nota 1.** El método para determinar la condición de saturado superficialmente seco se describe en NTP 400.022. A manera de aproximación, si el agregado fino mantiene su forma, cuando se moldea con la mano, se puede considerar que posee dicha condición.

##### 5.1.2 Agregado grueso y mezcla de agregados grueso y fino

La muestra se reduce usando un cuarteador mecánico de acuerdo con el Método A (método preferido) o por cuarteo usando el Método B. No se debe usar el Método C para agregado grueso o mezcla de agregado grueso y fino.

## GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS

### MTC E 101 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 420, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que el mismo está sujeto a revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional.

No proponen 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.

## 1. INTRODUCCIÓN

**1.1** Este modo operativo proporciona métodos para el muestreo e investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normales, mediante los cuales deben determinarse las condiciones del suelo, de la roca y del agua freática.

**1.2** Los procedimientos, adecuados de muestreo del suelo y de la roca, permitirán la correlación de los respectivos datos con propiedades del suelo como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; y de la roca como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.

## 2. APARATOS

**2.1** El tipo de equipo requerido para una investigación subsuperficial depende de varios factores incluyendo el tipo de material de subsuperficie, profundidad de exploración, la naturaleza del terreno y de la utilización propuesta para los datos. Entre ellos se destacan:

- *Barrenos manuales*, para excavadoras, palas, depósitos superficiales de suelo. Hasta profundidades de 3-15 pies (1-5 m)
- *Equipos de percusión y lavado*.
- *Barrenos y taladros rotatorios motorizados*, con formas adecuadas, muestreadores y tubos sacanúcleos como los descritos en los métodos a que se hace referencia en el numeral 8.1, para la investigación y muestreo tanto de rocas como de suelos.
- Los aparatos geofísicos utilizados para la investigación subsuperficial pueden incluir:
  - *Instrumentos sísmicos*, con recepción simple o múltiple mediante geófonos, de señales originadas por golpes de martillo, explosivos u otras fuentes de energía.
  - *Aparato de resistividad de suelos*, para medir la resistencia del suelo o roca al paso de una corriente continua o alterna.
  - *Aparatos nucleares*, para medir humedad y peso unitario de suelos o rocas.
  - *Muestreadores de turba*, para investigar áreas compuestas por suelos orgánicos.

- *Herramientas manuales pequeñas*, tales como llaves de tubo y palas, constituyen parte del equipo necesario. Para determinados suelos finos plásticos de la selva, los denominados "posteadores".
- *Frascos de cierre hermético*, para humedad de muestras (aproximadamente de 4 a 8 onzas) de capacidad, de vidrio, metal o plástico, que puedan sellarse; además, recipientes herméticos o bolsas de tejido cerrado, libres de material contaminante, de manera que no haya pérdida de partículas finas y que tengan una capacidad de por lo menos 16 kg (35 lb); también cajas apropiadas para muestras de núcleos de roca. Una lona de 2 x 2 m (6' x 6'), puede usarse para transportar una muestra de suelo a granel para su examen en el laboratorio.
- Los siguientes accesorios son también necesarios: *brújulas, inclinómetro, nivel de mano*, libreta de campo, cámara fotográfica, estacas y una cinta métrica de 20 ó 30 metros.
- Ácido clorhídrico normal diluido en un frasco de 1 onza con gotero, para la determinación de carbonatos al identificar minerales en rocas y suelos.
- *Instrumentación in situ*, para medir asentamientos y movimientos del terreno.

### 3. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS

**3.1** Un perfil detallado de suelos deberá desarrollarse únicamente donde la relación continua entre profundidades y datos de los diferentes tipos de suelo y roca, sea económicamente justificable para el proyecto en cuestión.

**3.2** Pueden emplearse métodos geofísicos de exploración para complementar los datos de las perforaciones y afloramientos, y para interpolar entre los hoyos. Los métodos sísmicos y de resistividad eléctrica, pueden resultar particularmente valiosos cuando las diferencias nítidas en las propiedades de materiales subsuperficiales contiguas están indicadas.

El método de refracción sísmica es especialmente útil para determinar la profundidad a la cual se halla la roca o en sitios donde estratos sucesivamente mas densos son encontrados.

El método de resistividad eléctrica es igualmente útil para determinar la profundidad de la roca, evaluando formaciones estratificadas donde un estrato más denso descansa sobre uno menos denso, y en la investigación de canteras de arena-grava o de otros materiales de préstamo.

Las investigaciones geofísicas pueden ser una guía útil para programar los sitios de perforaciones y calicatas. En lo que sea posible, la interpretación de estudios geofísicos deberá ser verificada por perforaciones o excavaciones de prueba.

**3.3** La profundidad de las calicatas o perforaciones para carreteras, aeropuertos, o áreas de estacionamiento, deberá ser al menos de 1.5 m (5 pies) por debajo del nivel proyectado para la subrasante, pero circunstancias especiales pueden aumentar o disminuir esa profundidad. Los sondeos para estructuras o terraplenes deberán llevarse por debajo del nivel de influencia de la carga propuesta, determinado mediante un análisis subsuperficial de transmisión de esfuerzos.

Donde el drenaje pueda ser afectado por materiales permeables, acuíferos o materiales impermeables que lo puedan obstaculizar, las perforaciones deberán prolongarse suficientemente dentro de estos materiales para determinar las propiedades hidrogeológicas y de ingeniería, relevantes para el diseño del proyecto.

En todas las zonas de préstamo, las perforaciones deberán ser suficientes en número y profundidad, para esforzar las cantidades requeridas de material que cumpla los requerimientos de calidad especificada.

**3.4** Los registros de perforaciones deberán incluir:

- Descripción de cada sitio o área investigada, con cada hueco, sondeo o calicata, localizado claramente (horizontal y verticalmente) con referencia a algún sistema establecido de coordenadas o a algún sitio permanente.
- Un perfil estratigráfico de cada hueco, sondeo o calicata, o de una superficie de corte expuesta, en la cual se muestre claramente la descripción de campo y localización de cada material encontrado, mediante símbolos o palabras.
- Las fotografías en colores de núcleos de roca, muestras de suelos y estratos expuestos, pueden ser de gran utilidad para el ingeniero. Cada fotografía deberá identificarse con fecha y un número o símbolo específico, una fecha y escala de referencia.
- La identificación de todos los suelos deberá basarse en las presentes normas para la clasificación de los suelos y de los suelos-agregados para construcción de carreteras, en la norma sobre descripción mediante procedimientos manuales y visuales, o en la de identificación de rocas.
- Las áreas acuíferas, drenaje subterráneo y profundidad del nivel freático hallado en cada perforación, calicata o hueco.
- Los resultados de ensayos en sitio (*in situ*), donde se requieran, como los de penetración o los de veleta a que se hace referencia en el numeral 8.1 u otros ensayos para determinar propiedades de suelos o rocas.

- Porcentaje de recuperación de núcleos e Índice Calidad de Roca en perforaciones de núcleo.
- Representación grafica de campo y laboratorio y su interpretación facilita el entendimiento y comprensión de condiciones superficiales.

#### 4. PERFIL SUBSUPERFICIAL

4.1 Los perfiles del subsuelo se deben dibujar únicamente en base a perforaciones reales o datos de los cortes. La interpolación entre dichos sitios deberá hacerse con extremo cuidado y con la ayuda de toda la información geológica que se tenga disponible, anotando claramente que tal interpolación o continuidad asumida de estratos, es meramente tentativa. En ningún caso deberán hacerse extrapolaciones.

#### 5. MUESTREO

5.1 Deben obtenerse muestras representativas de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño, y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y las limitaciones del equipo de ensayo a ser usado.

**Nota 1.** El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a criterio de la dirección técnica, pero se sugieren, para algunos propósitos, las siguientes cantidades, para la mayoría de los materiales.

- Clasificación visual: 0,50 kg. – 50 – 500 gr.
- Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0,50 a 2.5 kg.
- Ensayo de compactación y granulometría del suelo-agregado granular: 20-40 kg.
- Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50 -200 kg.

5.2 Identifíquese cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o calicata y con la profundidad a la cual fue tomada. Colóquese una identificación dentro del recipiente o bolsa, ciérrese en forma segura, protéjase del manejo rudo y márquese exteriormente con una identificación apropiada. Guárdense muestras para la determinación de la humedad natural en recipientes de cierre hermético para evitar pérdidas de la misma. Cuando el secado de muestras puede afectar la clasificación y los resultados de los ensayos, las muestras deben ser protegidas para la pérdida de humedad.

**5.3** Deberán tomarse muestras de suelo y agua para determinar la acidez, el pH y el contenido de compuestos metálicos del material, cuando pueda esperarse que causen un cambio inaceptable en su medio ambiente. El tamaño de la muestra no deberá ser menor de 2.5 kg.

## 6. PROCEDIMIENTO

**6.1** Los procedimientos recomendados para el muestreo en el sitio, la identificación y los ensayos son los siguientes:

- Calicatas y trincheras: excavaciones a cielo abierto, hasta la profundidad deseada, tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener.
- Investigación y muestreo del suelo mediante barrenos y muestreadores. El procedimiento es útil para la determinación del nivel freático. La profundidad con esta clase de barreno está limitada por las condiciones agua-suelo, las características del suelo y el equipo empleado.
- Ensayo de penetración estándar (SPT) y muestreo de suelos. Describe un procedimiento para obtener muestras y medir la resistencia del suelo a la penetración de un muestreador normalizado, fundamentalmente para suelos no cohesivos, pudiendo ser usado en suelos cohesivos para recuperar muestras o para determinar un valor cualitativo de la resistencia.
- Método para muestreo de suelos con tubo de pared delgada, MTC E 120. Describe un procedimiento para recobrar muestras de suelo relativamente inalteradas, adecuadas para ensayos de laboratorio.
- Ensayo de corte con veleta en suelo cohesivo, MTC E 122, para medir *in situ* la resistencia al corte de suelos cohesivos blandos, mediante la rotación de una veleta de cuatro hojas en un plano horizontal.

**6.2** La investigación del suelo y la roca comprenderá entre otras las acciones siguientes:

- Revisión de cualquier información disponible sobre la geología y la formación de la roca o del suelo, o de ambas, sobre las condiciones del nivel freático en el sitio y en las vecindades.
- Determinación del nivel freático y del material de fundación firme, bien sea roca o suelos de adecuada capacidad de soporte.

- Investigación en el sitio de los materiales superficiales y del subsuelo mediante perforaciones de percusión y lavado, rotación, barrenos manuales o mecánicos de espiral, calcatas y métodos geofísicos.
- Identificación del suelo y de los tipos de roca en el terreno con registros de la profundidad a la cual se presentan y de la localización de sus discontinuidades estructurales.
- La recuperación de muestras representativas inalteradas y remoldeadas para ensayos de caracterización del suelo o de la roca, y de los materiales para la construcción.
- Una evaluación del comportamiento de instalaciones existentes en la vecindad inmediata del sitio propuesto, con respecto al material de fundación y el medio ambiente.
- Instrumentación en el sitio para medir movimientos por medio de inclinómetro, placa de asentamiento, etc.

## 7. CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

**7.1** Las muestras para ensayos de suelos y de rocas deberán enviarse al laboratorio para los ensayos de clasificación física y mecánica respectiva, de acuerdo con las instrucciones del consultor geotécnico.

**7.2** Se deberán realizar como mínimo los siguientes ensayos de laboratorio para todos los materiales que se deban caracterizar:

- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Análisis granulométrico por hidrómetro MTC E 109
- Humedad natural MTC E 108
- Determinación del Límite Líquido MTC E 110
- Determinación del Límite plástico MTC E 111
- Determinación del Límite de contracción, si se encuentra alta actividad de los finos MTC E 112.
- Gravedad específica de los suelos MTC E 113.

**7.3** Para los materiales que se van a usar en la construcción de terraplenes, se deberán realizar los siguientes ensayos:

- Los mencionados en el numeral 7.2 de esta norma.
- Relación humedad-densidad compactada a la energía Proctor Modificado MTC E 115.
- CBR de materiales compactados MTC E 132.
- Módulo resiliente sobre muestras compactadas a la energía Proctor Modificado MTC E 128.

- Compresión triaxial NO consolidada, no drenada (cu) y consolidada NO drenado con medida de presión de poros (MTC E 131), para materiales compactados a la energía Proctor Modificado, que se van a utilizar en terraplenes mayores de 7.00 m de altura.
- Consolidación unidimensional para materiales compactados para las mismas condiciones del ensayo anterior.

7.4 Para subrasantes en suelo e in situ se deberán realizar los siguientes ensayos:

- Los mencionado en el numeral 7.2 de esta norma.
  - Relación humedad- densidad compactada a la energía de Proctor Modificado MTC E 115.
  - CBR MTC E 132.
  - Módulo resiliente sobre muestras inalteradas MTC E 128.
- Nota: Si se ha realizado la determinación de CBR in-situ (MTC E 133) no se considerará necesario la ejecución de la prueba de laboratorio. Sólo se permitirá la prueba in situ cuando los suelos de subrasante tengan un tamaño máximo de 19,1 mm (3/4”).

7.5 Para materiales granulares que van a usarse en capas de base y subbase, Los ensayos se deben realizar sobre materiales procesados. Bien sea en planta o en laboratorio.

- Los mencionados en el numeral 7.2 de esta norma, excepto límite de contracción.
- Relación humedad-densidad compactada a la energía Proctor modificado MTC E 115.
- CBR sobre muestras compactadas MTC E 132.
- Módulo resiliente MTC E 128.
- Determinación de equivalente de arena MTC E 114.
- Peso unitario y vacíos MTC E 203.
- Gravedad específica y absorción de agregados finos y gruesos MTC E 205 y MTC E 206.
- Abrasión en la máquina de Los Angeles MTC E 207.
- Durabilidad en sulfato de sodio y en sulfato de magnesio MTC E 209.
- Porcentaje de caras fracturadas en los agregados MTC E 210.
- Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.
- Porcentaje de partículas livianas MTC E 211 (opcional).
- Arcilla en terrones y partículas desmenuzables MTC E 212.
- Contenido de Sales Totales MTC E 219.

7.6 Para los materiales que se van a usar en la evaluación de concretos hidráulicos se deberán efectuar los siguientes ensayos. Los ensayos deberán realizarse sobre materiales procesados, bien sea en planta ó en laboratorio.

- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Cantidad de material fino que pasa el tamiz 200 MTC E 202.

- Peso unitario y vacío de los agregados MTC E 203.
- Gravedad específica y absorción de los agregados MTC E 205 y MTC E 206.
- Abrasión en la máquina de Los Angeles MTC E 207.
- Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de Magnesio MTC E 209.
- Porcentaje de caras fracturadas MTC E 210.
- Partículas livianas en los agregados MTC E 211.
- Contenido de Sales MTC E 219.
- Arcilla de terrones y partículas desmenuzables MTC E 212.
- Impurezas orgánicas en el agregado fino MTC E 213.
- Índice de durabilidad en los agregados MTC E 214.
- Carbón y lignito en arenas MTC E 215.
- Determinación de la reactividad agregado / alcali MTC E 217.
- Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados MTC E 218.
- Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.
- Equivalente de Arena MTC E 114.

**7.7** Para los materiales pétreos que se van a usar en la elaboración de concretos asfálticos se deberán realizar los siguientes ensayos: Los materiales deben estar debidamente procesados (chancados y clasificados) bien sea en planta o en chancadora de laboratorio.

- Petrografía, Difracción en rayos X y polaridad de los agregados (evaluación de petrografos) <sup>(1)</sup>.
- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Análisis por hidrómetro del relleno mineral (material que pasa la malla No. 200) MTC E 109 <sup>(1)</sup>.
- Peso unitario y vacíos de los agregados MTC E 203.
- Gravedad específica y absorción de los agregados MTC E 205 y MTC E 206.
- Abrasión en la máquina de Los Ángeles MTC E 207.
- Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio MTC E 209.
- Porcentaje de caras fracturadas MTC E 210.
- Partículas livianas en los agregados MTC E 211. (1)
- Arcilla de terrones y partículas desmenuzables MTC E 212. (1)
- Impurezas orgánicas en el agregado fino MTC E 213. (1)
- Índice de durabilidad en los agregados MTC E 214. (1)
- Sales solubles MTC E 219. (1)
- Riedel Weber MTC E 220.
- Índice Plástico (por la malla N° 40 y N° 200).
- Equivalente de Arena MTC E 114.
- Adherencia agregado – bitumen MTC E 519.
- Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.

## 8. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

**8.1** La extrapolación de datos en áreas locales no investigadas puede hacerse de manera tentativa, únicamente cuando se conozca que existe geológicamente una disposición subsuperficial uniforme del suelo y de la roca siendo la interpretación de responsabilidad del especialista. Las propiedades de los suelos y rocas de proyectos importantes, no deberán predecirse solamente con base en la simple identificación o clasificación en el terreno, sino que deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio y de terreno, de acuerdo con los numerales 5.1 y 6.1.

**8.2** Las recomendaciones de diseño deben ser formuladas únicamente por ingenieros especializados en geotecnia o por ingenieros de carreteras familiarizados con los problemas comunes en dichas áreas.

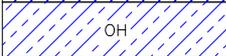
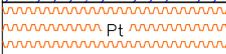
## 9. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 420
------	-------

## ANEXO SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA SUELOS

Tanto en los perfiles como en los registros estratigráficos se deberán usar los símbolos que se muestran a continuación.

	GW	Gravas bien mezcla arena, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares.		SM	Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
	GP	Grava mal graduadas, mezcla de arena-grava con poco nada de material fino.		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosa.
	GM	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.		ML	Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limos arcillosos con ligera plasticidad.
	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla gravas con material fino cantidad apreciable de material fino.		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras.
	SW	Arena bien graduadas, arenas con grava, poco o nada de material fino. Arenas limpias poco o nada, amplia variación en tamaño granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	SP	Arena mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas internas.		MH	Limo inorgánicas suelos finos granosos o limosos, micáceas o diatomáceas, limos elásticos.

	CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas.
	OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicos.
	Pt	Turba, suelos considerablemente orgánicos.