

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Karla Gabriela Malaver Cerdan
Yan Poll Pith Rios Cabanillas

Asesor:

Mg. Mario Rene Carranza Liza
<https://orcid.org/0000-0002-7372-0004>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

| | | |
|---------------------------|-------------------------------|----------|
| Jurado 1 Presidente(a) | ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMÁN | 71106769 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|-----------------------------|----------|
| Jurado 2 | HÉCTOR ARTURO CUADROS ROJAS | 43275350 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|---------------------------------|----------|
| Jurado 3 | LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO | 40012838 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

INFORME DE SIMILITUD

Malaver Cerdán / Ríos Cabanillas 2

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 19% | 19% | 1% | 10% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 6% |
| 2 | repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet | 5% |
| 3 | repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 4 | Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante | 1% |
| 5 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 8 | repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 9 | ri.ues.edu.sv Fuente de Internet | 1% |

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la fuerza de seguir adelante con nuestros estudios y así poder cumplir con nuestros objetivos.

A nuestros padres por su confianza y apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por sus consejos y ánimos que nos dan todos los días para poder seguir adelante en momentos difíciles y cumplir nuestras metas trazadas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por apoyarnos cada día en nuestra vida sin dejarnos caer y por darnos la fuerza necesaria para seguir adelante a pesar de las dificultades que nos presenta la vida.

De manera especial agradecemos a nuestro asesor Mario Carranza Liza por la motivación y apoyo con su experiencia y conocimiento durante el proceso de aprendizaje y desarrollo del trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| Jurado evaluador ----- | 2 |
| Informe de similitud ----- | 3 |
| Dedicatoria ----- | 4 |
| Agradecimiento ----- | 5 |
| Tabla de contenido ----- | 6 |
| Índice de tablas ----- | 7 |
| Índice de figuras ----- | 9 |
| Índice de ecuaciones ----- | 10 |
| Resumen ----- | 11 |
| Capítulo I: Introducción ----- | 12 |
| Capítulo II: Metodología ----- | 22 |
| Capítulo III: Resultados ----- | 45 |
| Capítulo IV: Discusión y Conclusiones ----- | 62 |
| Referencias ----- | 69 |
| Anexos ----- | 72 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Descripción de calicatas. ----- | 25 |
| Tabla 2. Ensayos a realizar para la subrasante ----- | 28 |
| Tabla 3. Ensayos de EADES y GRIM (prueba de pH) ----- | 29 |
| Tabla 4. Normativa para ensayos requeridos----- | 30 |
| Tabla 5. Parámetros de los tipos de suelos ----- | 34 |
| Tabla 6. Resumen de W% C1, C2 Y C3----- | 45 |
| Tabla 7. Límites de plasticidad C1, C2 Y C3 ----- | 46 |
| Tabla 8. Clasificación de suelos mediante método SUCS. ----- | 47 |
| Tabla 9. Clasificación de suelos mediante método ASSHTO----- | 47 |
| Tabla 10. Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento calicata 1,2 y 3 | 49 |
| Tabla 11. Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1. ----- | 49 |
| Tabla 12. CBR y densidad seca C1. ----- | 50 |
| Tabla 13. Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C1. ----- | 51 |
| Tabla 14. Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2''C2. ----- | 51 |
| Tabla 15. CBR y densidad seca C2. ----- | 51 |
| Tabla 16. Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C2. ----- | 52 |
| Tabla 17. Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C3. ----- | 53 |
| Tabla 18. CBR y densidad seca C3. ----- | 53 |
| Tabla 19. Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C3. ----- | 54 |
| Tabla 20. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad con 5%, 8% y 12% de óxido de calcio C2 y C3.----- | 55 |
| Tabla 21. Proctor modificado al 5%, 8% y 12% en calicata 2 y 3----- | 56 |

..... 56

Tabla 22. Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento con adición de
óxido de calcio al 5%,8% y 12% de la calicata 2 y 3 ----- 57

Tabla 23. Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de
Ds máxima de calicata 2 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.----- 59

Tabla 24. Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de
Ds máxima de calicata 3 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.----- 60

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diseño cuasi experimental.----- | 23 |
| Figura 2. Ubicación de lugar de estudio ----- | 24 |
| Figura 3. Perfil estratigráfico de calicata 01.----- | 26 |
| Figura 4. Perfil estratigráfico de calicata 02.----- | 27 |
| Figura 5. Perfil estratigráfico de calicata 03.----- | 28 |
| Figura 6. Procedimiento de recolección y análisis de datos ----- | 43 |
| Figura 7. Curvas granulométricas de las tres calicatas patrón ----- | 45 |
| Figura 8. Proctor modificado C1, C2 y C3 ----- | 48 |
| Figura 9. Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1.----- | 50 |
| Figura 10. Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C2. ----- | 52 |
| Figura 11. Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C3. ----- | 54 |
| Figura 12. Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C2. ----- | 58 |
| Figura 13. Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C3. ----- | 60 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1. Contenido de humedad | 31 |
| Ecuación 2. Granulometría (porcentaje retenido)..... | 32 |
| Ecuación 3. Granulometría (porcentaje retenido acumulado) | 32 |
| Ecuación 4. Proctor (densidad seca)..... | 36 |
| Ecuación 5. C.B.R | 37 |
| Ecuación 6. C.B.R esfuerzo | 39 |
| Ecuación 7. Índices C.B.R | 40 |

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar la influencia del mejoramiento de suelo arcilloso adicionando óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera el Empalme-Catilluc Km 01+000-Km 06+000, Cajamarca-2023. Así mismo, determinar las propiedades físico mecánicas del suelo para, de este modo, identificar la proporción óptima de óxido de calcio que mejorará dichas propiedades para el mejoramiento de la subrasante de la carretera. En cuanto a la metodología de estudio, fue cuantitativa, ya que se aplicó a nivel experimental. De acuerdo con los resultados obtenidos, se realizaron estudios a 3 calicatas, en las cuales una no recibió mejoramiento, ya que se trata de un suelo limo arenoso. En cambio, en las calicatas 2 y 3 se realizaron pruebas de mejoramiento, evidenciando que al tener un suelo arcilloso de mediana plasticidad y al aplicar los diversos porcentajes mencionados, este suelo pierde humedad y se convierte en un suelo no plástico, aumentando su densidad y disminuyendo su hinchamiento. Un dato importante es que, a medida que se aumenta el óxido de calcio al suelo natural, también se incrementa el CBR, lo cual se evidencia en los valores obtenidos. para la calicata 2, aplicando el 12% de óxido de calcio, se obtuvo un CBR de 16.80%; para un 8%, se obtuvo un 13% de CBR, y para una adición de 5%, un CBR de 11%. mientras tanto, para la calicata 3, se obtuvo un valor de 17.20% de CBR con un 12% de adición de cal, un 15% de CBR con una dosificación de 8%, y un 11.30% de CBR con una adición de 5% de cal.

La adición de óxido de calcio en cantidades del 5%, 8 % y 12% mejora la capacidad de carga del suelo y, como resultado, mejora la estabilización de la subrasante. Verificando así que la proporción con mejores resultados para la estabilización es un 12% de óxido de calcio.

PALABRAS CLAVES: Mejoramiento, suelo arcilloso, óxido de calcio, subrasante

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente la carretera El Empalme- Catilluc es un tramo de vía que conecta varios pueblos a lo largo de su trayectoria la cual tiene un papel importante en la integración y desarrollo socioeconómico de las comunidades locales, esta presenta problemas significativos con la calidad de la subrasante ya que está compuesto mayormente por suelos arcillosos los cuales muestran características desfavorables para la infraestructura vial. La plasticidad de estos suelos, especialmente durante las estaciones lluviosas, conlleva problemas de estabilidad y deterioros progresivos, La presencia de arcilla puede resultar en deformaciones del terreno, formación de baches y dificultades para el tráfico vehicular, impactando negativamente la seguridad vial. Además, la falta de un tratamiento adecuado de la subrasante conlleva a mayores costos de mantenimiento y reparación de la carretera, generando gastos adicionales y limitando la accesibilidad de los pueblos a lo largo de la vía.

Es por ello que al mejorar la subrasante con óxido de calcio se promoverá un tráfico vehicular más fluido, impulsando el desarrollo económico ya que servirá como un enlace vital entre comunidades locales, facilitando el intercambio comercial y agrícola. En cuanto a la seguridad vial, al realizar la mejora de propiedades físicas del suelo con óxido de calcio, se reducirá el riesgo de accidentes y se garantizará un viaje más seguro para todos los usuarios de la carretera, así como el mejoramiento de la capacidad portante sin la necesidad de trasladar material de cantera hasta la obra lo cual supondrá un ahorro significativo en costos de construcción y mantenimiento esto se traduce en beneficios económicos al reducir los costos de transporte; además abrirá oportunidades para que los habitantes locales

comercialicen sus productos agrícolas y ganaderos en mercados provinciales, así como mayor facilidad de llegada a establecimientos de salud cercano o centros educativos.

Al fortalecer la infraestructura vial y mejorar la capacidad portante del suelo con técnicas sostenibles como la adición de óxido de calcio, se contribuirá al desarrollo sostenible de la región, minimizando el impacto ambiental asociado con la extracción de material de cantera.

En resumen, la mejora sobre el mejoramiento de suelos arcillosos con óxido de calcio no solo aborda desafíos técnicos, sino que también tiene un impacto positivo en el desarrollo integral de la región, promoviendo la seguridad, la economía local y la calidad de vida de sus habitantes.

Es por ello que Mamani y Ramírez (2020) mencionan que para el desarrollo de una ciudad y del país el medio de comunicación más importante y útil es la construcción de vías de acceso, las cuales frecuentemente presentan problemas durante su construcción, uno de estos factores es la presencia de suelos no aptos como la arcilla. Siendo una opción viable en la construcción de una vía la estabilización, la cual se define como un proceso de mejoramiento de las características del suelo mejorando sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Damiano y Pérez (2022), señala que, en el país no se realizan tratamientos ni se utilizan la ciencia y la tecnología para mejorar las carreteras y caminos, lo que resulta en una forma de mejoramiento tradicional lo cual no soluciona de manera eficaz los problemas de vías o que requiere una inversión mayor para su construcción.

Durante la investigación realizada, se indagó diversos depósitos de información sobre mejoramiento de suelo arcilloso para mejorar la capacidad portante, dando uso al óxido de calcio. Es por ello que se presentan los antecedentes para apoyar la investigación.

Para Guamán (2016) Ecuador, en su tesis “estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal viva y cloruro de sodio)”, determinó que los ensayos de límites de Atterberg demostraron que con una dosis de 12,5 % de estabilización con cal y cloruro de sodio, se lograron valores de límite líquido (LL) del 37,4 % y 36,7 %, respectivamente, lo que se acerca al valor mínimo de límite líquido (LL) requerido por la normativa ecuatoriana. Además, cuando se utiliza suelo estabilizado con cal, la cantidad de esponjamiento disminuye, mientras que cuando se utiliza cloruro de sodio, la cantidad del esponjamiento aumenta. El pH del suelo con cal al 7,5 % y 12,5 % es de 10,9 y 10,83, respectivamente, lo que se aproxima al valor mínimo de 11 estandarizado en la norma ecuatoriana.

Según Altamirano y Díaz (2015) Nicaragua, en su tesis “Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas menciona que el propósito principal consiste en identificar y mejorar las carreteras afectadas por múltiples puntos a raíz de las lluvias, incluso si no cuentan con estructuras importantes o un elevado potencial económico. Se señala que, según la clasificación de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), las muestras analizadas mayoritariamente presentan un suelo A-7-6, caracterizado por una capacidad baja, un índice de plasticidad alto y un porcentaje elevado de expansión debido a los cambios constantes en la humedad. Se llevaron a cabo pruebas con porcentajes de cal del 3%, 6%, 9% y 12%, observándose mejoras sustanciales en la plasticidad, la densidad de compactación y un aumento en la humedad durante el proceso, atribuible a la reacción exotérmica generada. entre la cal y la arcilla, junto con un notable incremento en la capacidad de soporte del suelo.

Para Huezco y Orellana (2009) El Salvador, presenta en su metodología que la inclusión de cal en el suelo tiene un efecto significativo en la plasticidad del terreno,

disminuyendo tanto su cohesión como la resistencia en las primeras etapas del proceso de curado. Por esta razón, la resistencia a la compresión en los primeros días de curado es mayor en las sondas elaboradas con suelo natural en comparación con aquellas que contienen la mezcla de suelo y cal. Nos indica que el óptimo porcentaje de cal se determina según la norma ASTM D 6276 de la American Society for Testing and Materials (ASTM). En este contexto, el porcentaje de cal ocasiona cambios sustanciales en la granulometría y en la clasificación del suelo, transformándolo de arcilloso (CL) a limoso (ML). Además, se concluye que la estabilización con cal experimenta aumentos significativos en su resistencia a la compresión, superando el 100% en comparación con los resultados obtenidos para el mismo suelo sin cal a los 90 días de curado, según la norma ASTM. D 5102-04. Esta especifica el tiempo para que los especímenes de suelo-cal alcancen una resistencia a la compresión aceptable.

Para Cuadros (2017). La estabilización química de óxido de calcio, tiene un impacto positivo en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante. Se calcula el porcentaje óptimo de cal viva para estabilizar el suelo con un 3% con respecto a su peso. Este proceso condujo a una notable disminución del Índice de Plasticidad (IP) del suelo natural, pasando de 19.08% a un IP de 4.17% después de la incorporación. Se observó cómo se redujo el contenido de humedad en la compactación, disminuyendo de un 18.3% en muestra natural a un 15.6% después de la adición con cal viva. Además, se observará un aumento en el CBR (California Bearing Ratio o valor de soporte de California, que evalúa la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada), elevándose de un 4.85% en el suelo natural a un CBR de 15,64% después de la estabilización. En términos de costos, se llevó a cabo una comparación entre la estabilización física mediante la combinación de suelos y la estabilización química con óxido de calcio, revelando una deducción significativa del 44.41% en los costos mediante la aplicación de la estabilización química.

Para Jara (2016), La inclusión de cal como estabilizador en la subrasante con suelo arcilloso produce efectos significativos. En este sentido, la adición de un 4% de cal a la muestra provoca una disminución del límite líquido, pasando de 67,57% a 57,15%. Paralelamente, el límite plástico aumenta del 30.70% al 47.60% con la misma proporción de cal. Se observa también una disminución del índice de plasticidad (IP) del 36,87% al 9,26% al agregar un 6% de cal. Además, se verifica que la densidad seca máxima experimenta una reducción, pasando de 1.69 (gr/cm³) a 1.55 (gr/cm³), mientras que el contenido óptimo de humedad aumenta de 16.80% a 22.20% al agregar un 6% de cal a la muestra. Por otro lado, se ha identificado que el mejor rendimiento del CBR se logra con una dosis del 4% de cal, obteniendo valores de CBR que oscilan entre el 2.55% y el 11.48%.

Según Melendrés (2013) La tendencia del CBR para los suelos estabilizados con cal viva es creciente y satisface el requerimiento de capacidad portante estructural en porcentajes superiores al 4% en la mayoría de los suelos estudiados. Además, el índice de plasticidad (IP) aumentó notablemente en suelos arcillosos hasta un porcentaje del 4 %, pero el IP no mostró un comportamiento significativo en porcentajes de cal viva más altos.

Subrasante. De acuerdo a la MTC 1109-2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos la subrasante es el nivel superior del movimiento de tierras cuando este ha sido terminado de acuerdo a proyecto y sobre el cual se construye la estructura de pavimento compuesta normalmente por subbase, base y carpeta de hormigón o asfalto. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2004).

Granulometría de los suelos. “La división de un suelo en diferentes fracciones, determinadas por el tamaño de sus partículas componentes, se conoce como distribución granulométrica. Las partículas de cada fracción se distinguen porque su tamaño se encuentra entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para cada fracción, de tal

manera que el máximo de una fracción es el mínimo de la siguiente correlativamente.” Rico (2020)

Clasificación de suelos. El tamaño de las partículas determina los diferentes tipos de suelo. Son comúnmente encontrados en conjunto con dos o más tipos de suelos diferentes, como arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, entre otros. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) depende del tipo de ensayo utilizado para determinar los límites de consistencia. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), así como el sistema de clasificación para construcción de carreteras AASHTO, son algunos de los sistemas de clasificación de suelos más comunes. Los suelos también pueden clasificarse en grandes grupos, porosos, de grano grueso o de grano fino, granular o no granular y cohesivo, semi cohesivo y no cohesivo. Del Castillo y Solano (2021)

Suelo arcilloso. Están conformados por partículas procedentes de la descomposición química y mineralógica que padecen las rocas, usualmente por la meteorización. Cuando están húmedos tienden hacer suelo plástico y son duros cuando están secos, su permeabilidad es demasiada baja. La arcilla es una roca sedimentaria con características bien definidas, generalmente de origen detrítico. En términos granulométricos, la arcilla comprende sedimentos con un tamaño inferior a 0.075 mm, y desde la ingeniería, la arcilla es un material que, cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada, se convierte en una pasta plástica. Huevo y Orellana (2013)

Plasticidad. La plasticidad es la propiedad que tiene el suelo para cambiar de forma (dentro de un rango de humedad dado) y mantener sin perder volumen ni romperse cuando se someten a fuerzas de compresión. Huevo y Orellana (2013)

Mejoramiento. El mejoramiento se refiere a un progreso a largo plazo (meses o años) por cementación, dependiendo de la temperatura ambiente y la naturaleza de la arcilla.

Esto aumenta la capacidad portante y permite su uso en capas más demandadas. De esta manera, se pueden obtener bases, subbases y subrasantes con propiedades estructurales favorables que se desarrollarán con el tiempo, además de hacer que la capa estabilizada sea insensible al agua. Huezo y Orellana (2013)

Estabilización química de suelos. Por lo general, se logra esta estabilización agregando estabilizadores específicos, como cemento, cal, asfalto y otros agentes químicos. lo que aumenta su "carga" y la resistencia mecánica del terreno. Esta técnica también incluye la incorporación de sustancias químicas, naturales, sintéticas o procesos mecánicos para una mejoría de las características físicas. Se utilizan frecuentemente estos estabilizadores en suelos de subrasante deficientes o insuficientes. Del Castillo y Solano (2021)

Óxido de calcio. llamado cal viva, Son cales aéreas que se forman a partir de la calcinación de la caliza y se forma por óxido de calcio y óxido de magnesio. Se venden en forma de grano (con diferentes granulometrías) o molidos, e incluso pueden ser micronizados. Se hidratan cuando están en contacto con agua, lo que resulta en una reacción fuertemente exotérmica. Cuando se utilizan calizas que también tienen carbonato de magnesio en su composición, una vez calcinadas, se obtienen óxidos de calcio y magnesio a la vez. La cal se denomina "cal dolomítica o dolomía calcinada" si tiene un porcentaje de óxido de magnesio superior al 5%. Es importante tener en cuenta que la cal viva con un porcentaje de óxido de magnesio inferior al 5% se hidrata más rápidamente. Huezo y Orellana (2013)

Estabilización con óxido de calcio. según el MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO del MTC el suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. La cal que se utiliza se compone fundamentalmente de óxido cálcico (cal viva), obtenido por calcinación de

materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal apagada). Estas cales se llaman también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico. Al combinar la cal con el suelo, se desencadena una rápida reacción de floculación e intercambio iónico, seguida de una fase más lenta de tipo puzolánico, dando lugar a la formación de nuevos compuestos químicos. Las partículas de sílice y alúmina en el suelo se amalgaman con la cal en presencia de agua, originando silicatos y aluminatos cálcicos insolubles. Un efecto crucial de la cal en el suelo es su capacidad para alterar significativamente su plasticidad. En suelos con baja plasticidad ($IP < 15$), tanto el LL como el LP aumentan, y ligeramente también el IP. Por el contrario, en suelos con plasticidad media y alta ($IP > 15$), el IP disminuye. Además, la humedad óptima de compactación aumenta, facilitando la consolidación de suelos con elevada humedad natural, que de otra manera no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. Los suelos más adecuados para la estabilización con cal son aquellos de granulometría fina y cierta plasticidad. La introducción de cal hace que el suelo sea más quebradizo y granular, facilitando su manipulación. Es normal llevarla mezcla en dos etapas, con un período intermedio de 1 a 2 días. La aplicación más frecuente de la estabilización con cal se realiza en subrasantes y como capa de rodadura, especialmente en áreas con suelos arcillosos o con acceso limitado a canteras de materiales granulares. MTC (2008).

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la adición al 5%, 8% y 12% de óxido de calcio en un suelo arcilloso para el tratamiento de la subrasante?

1.3. Objetivos

Objetivo general.

Determinar la influencia del mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera el Empalme-Catilluc Km 01+000-Km 06+000; Cajamarca-2023

Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar propiedades físico mecánicas del suelo en el tramo Empalme – Catilluc, de la provincia de San Miguel
- ✓ Analizar las propiedades físico mecánicas del suelo al añadir óxido de calcio con dosificaciones al 5%, 8% y 12% para el mejoramiento de la subrasante de la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, de la provincia de San Miguel.
- ✓ Determinar la proporción óptima de óxido de calcio que mejorará las propiedades físico mecánicas del suelo para el mejoramiento de la subrasante de la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, de la provincia de San Miguel.

1.4. Hipótesis

El mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio influye en la capacidad portante (CBR) a medida que se incorpora óxido de calcio al 5%, 8% y 12%; siendo 12% el porcentaje óptimo para mejorar el suelo.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

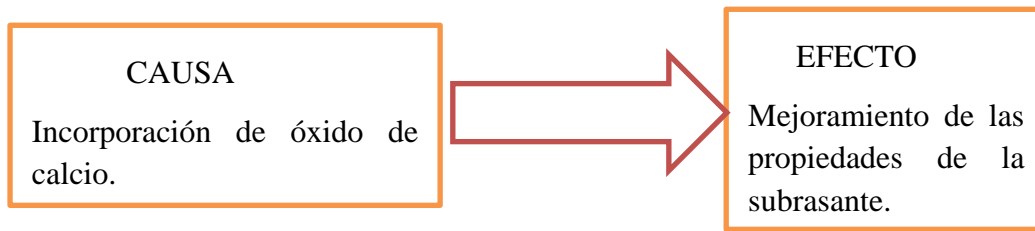
La investigación adopta un enfoque cuantitativo y se clasifica como aplicada. Esto se debe a que se centra en fenómenos secuenciales y verificables, con el objetivo de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos mediante un proceso probatorio y observacional de la incorporación de óxido de calcio en carreteras con suelo arcilloso con baja resistencia con el fin de mejorar la calidad de la carretera. Además, Capia (2020), indica que, en la perspectiva cuantitativa, se inicia con la formulación de un problema, la construcción de un marco teórico, la generación de hipótesis y el análisis de datos a través de métodos estadísticos y mediciones numéricas y. El objetivo es instaurar patrones de comportamiento y validar teorías al interpretar los fenómenos en función de observaciones concretas, especialmente en relación con las variaciones en propiedades del suelo al introducir modificaciones con cal viva.

En cuanto al nivel, Hernández et al. (2014) afirma que el estudio descriptivo tiene como objetivo detallar las propiedades y características, así como los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se analice. Basado en esta definición, el estudio tiene como objetivo analizar si la incorporación de fibras de óxido de calcio en suelos arcillosos y mejorar las propiedades mecánicas del suelo para así realizar proyectos constructivos en el futuro.

En el diseño de investigación Según Bono (2018) “Los diseños cuasi experimentales implican cambiar una variable independiente para ver cómo afecta las variables dependientes.”.

Debido a que se manipuló la variable independiente para ver el efecto en la variable dependiente, la tesis se mantuvo bajo el diseño cuasi experimental.

diseño cuasi experimental.



Nota: la figura muestra a que se refiere el diseño cuasi experimental.

Las variables son factores medibles y manipulables que permiten comprender la realidad de hechos o fenómenos. Se clasifican según su relación con las variables independientes y dependientes, así como según su naturaleza de medición en variables cuantitativas y cualitativas.

Variable independiente: Óxido de calcio.

Como la variable independiente se definió la incorporación de óxido de calcio, debido a que esta se agrega en 5%, 8% y 12% para obtener efectos en la variable dependiente sub rasante.

Variable dependiente: Sub rasante

como la variable dependiente se definió a la sub rasante, debido a que su resultado o efecto dependerá de la variable independiente óxido de calcio.

Población y muestra.

Población. Según Otzen y Manterola (2017) “la población se refiere al conjunto completo de elementos o individuos que tienen una característica específica que se está estudiando”.

La población que tomaremos en este caso es del tramo de carretera del Empalme – Catilluc de la provincia de San Miguel, la carretera tiene una longitud de 6 km.

Muestra. Otzen y Manterola (2017), por otro lado, nos indica que “la muestra es un subconjunto representativo de la población que se selecciona para realizar observaciones y análisis”.

En nuestro estudio, tomamos el segmento de la carretera donde se realizaron tres calicatas, del cual este segmento es una trocha, y lo analizamos para ver si es necesario una mejora en cuanto a propiedades físicas y mecánicas. proporcionando información ventajosa para la clasificación del suelo. A consecuencia de la continua desventaja en el tránsito de vehículos que son de uso importante para los pobladores de la zona, se busca innovar con nuevos productos para dar soluciones favorables y beneficiosas a la población. Plano de ubicación.

Figura 1.

Ubicación de lugar de estudio



Nota: en la presente imagen se muestra la ubicación de las calicatas a lo largo del tramo en estudio.

Se llevó a cabo un reconocimiento de la zona e investigación en la carretera El empalme - Catilluc en la Provincia San Miguel, Distrito de San Miguel y Departamento Cajamarca. Para definir las condiciones actuales del suelo, se programó la realización de 3 calicatas distribuidas de manera estratégica en toda la zona, siguiendo el capítulo 4 del manual de carreteras del MTC.

En el ítem 4.1 del análisis de suelos y rocas, se manifiesta que las calicatas deben estar entre una distancia de 250 a 2000 m, pero de acuerdo a las características topográficas estas pueden estar más cerca, y la profundidad mínima para la ejecución del perfil estratégico es de 1,50 m a partir del nivel de subrasante, según las instrucciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). MTC E101 (2016).

para recopilar información sobre el suelo, se realizaron tres calicatas en toda la vía en las progresivas 01+160, 03+160 y 05+160, como se muestra en el siguiente cuadro.


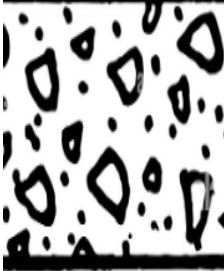
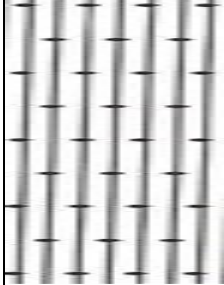
Descripción de calicatas.

| N° Calicata | Profundidad (m) | Progresiva (m) |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Calicata 01 | 1.50 | 01+160 |
| Calicata 02 | 1.50 | 03+160 |
| Calicata 03 | 1.50 | 05+160 |

Nota: tabla resumen de las calicatas.

Figura 2.


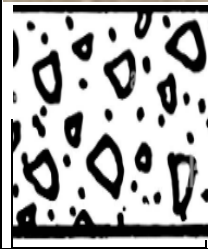
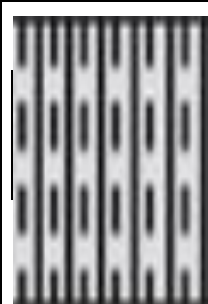
Perfil estratigráfico de calicata 01.

| PERFIL ESTRATIGRAFICO | | | | |
|--------------------------|---|--|--|-----------------|
| PROYECTO : | | "Mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| LUGAR : | | San Miguel - Cajamarca | | |
| CALICATA : | | C-1 | | |
| CLASIFICACION (S.U.C.S.) | SIMBOLO (GRAFICO) | MUESTRA (ESTRATO) | DESCRIPCION DEL MATERIAL | PROFUNDIDAD (m) |
| Nivel de subrasante |  | M-0 | ESTRATO 0: Cobertura superficial, constituida por el material de préstamo de afirmado. | 0.2 |
| GP |  | M-01 | ESTRATO 01: Grava mal graduada con arcilla limosa, con partículas sub redondeadas, color amarillo. | 0.7 |
| SM |  | M-02 | ESTRATO 02: Arcilla limo arenosa de compresibilidad media, medianamente compacta, de color amarillo. | 0.8 |

Nota: perfil estratigráfico.

Figura 3.


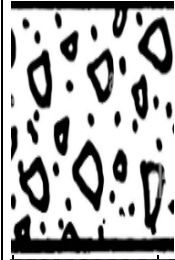

Perfil estratigráfico de calicata 02.

| PERFIL ESTRATIGRAFICO | | | | |
|---------------------------------|---|--|--|------------------------|
| PROYECTO : | | "Mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| LUGAR : | | San Miguel - Cajamarca | | |
| CALICATA : | | C-2 | | |
| CLASIFICACION (S.U.C.S.) | SIMBOLO (GRAFICO) | MUESTRA (ESTRATO) | DESCRIPCION DEL MATERIAL | PROFUNDIDAD (m) |
| Nivel de subrasante |  | M-0 | ESTRATO 0: Cobertura superficial, constituida por el material de préstamo de afirmado. | 0.2 |
| GP |  | M-01 | ESTRATO 01: Grava mal graduada con arcilla limosa, con partículas sub redondeadas, color marrón oscuro. | 0.6 |
| CL |  | M-02 | ESTRATO 02: Arcilla inorgánica de plasticidad media de baja compresibilidad, medianamente compacta, de color marrón oscuro | 0.9 |

Nota: perfil estratigráfico.

Figura 4.

Perfil estratigráfico de calicata 03.

| PERFIL ESTRATIGRAFICO | | | | |
|--------------------------|---|--|--|-----------------|
| PROYECTO : | | "Mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| LUGAR : | | San Miguel - Cajamarca | | |
| CALICATA : | | C-3 | | |
| CLASIFICACION (S.U.C.S.) | SIMBOLO (GRAFICO) | MUESTRA (ESTRATO) | DESCRIPCION DEL MATERIAL | PROFUNDIDAD (m) |
| Nivel de subrasante |  | M-0 | ESTRATO 0: Cobertura superficial, constituida por el material de préstamo de afirmado. | 0.2 |
| GP |  | M-01 | ESTRATO 01: Grava mal graduada con arcilla limosa, con partículas sub redondeadas, color marrón claro. | 0.55 |
| CL |  | M-02 | ESTRATO 02: Arcilla inorgánica de plasticidad media de baja compresibilidad, medianamente compacta, de color marrón oscuro | 0.95 |

Nota: perfil estratigráfico.

Para determinar la resistencia y demás propiedades de la subrasante se realizará cierto número requerido de ensayos los cuales se muestran en la tabla 2.

Tabla 1.

Ensayos a realizar para la subrasante

| CANTIDAD DE ENSAYOS DE LA SUBRASANTE | | | |
|---|-----------------|-------------|-------------|
| ENSAYOS | CANTIDAD | | |
| | C-01 | C-02 | C-03 |
| PROPIEDADES FÍSICAS | | | |
| Granulometría | 1 | 1 | 1 |
| Contenido de Humedad | 3 | 3 | 3 |
| Límite Líquido | 4 | 4 | 4 |
| Límite Plástico | 4 | 4 | 4 |
| Proctor Modificado | 4 | 4 | 4 |
| PROPIEDADES MECÁNICAS | | | |
| Relación de Soporte (CBR) | 3 | 3 | 3 |

Nota: el presente cuadro muestra la cantidad de ensayos que se realizarán por número de calicata.

Antes de realizar los ensayos de suelo estabilizados con cal, en esta investigación se realizará 3 ensayos de EADES Y GRIM en la cual se implementará las siguientes dosificaciones de cal 5%, 8% y 12% lo cual nos determinará cual es la dosificación óptima de acuerdo al valor del PH que nos indica la cantidad de óxido de calcio necesaria para estabilizar el suelo a tratar.

Tabla 2.

Ensayos de EADES y GRIM (prueba de pH)

| CANTIDAD DE ENSAYOS DE SUBRASANTE ADICIONANDO ÓXIDO DE CALCIO (PRUEBA DE PH) | | | |
|---|-----------------------|------------|------------|
| % CAL | N° DE MUESTRAS | | |
| | M-1 | M-2 | M-2 |
| 5% | 1 | 1 | 1 |
| 8% | 1 | 1 | 1 |
| 12% | 1 | 1 | 1 |

Nota: Luego de conocer las dosificaciones necesarias de óxido de calcio se procederá a realizar los ensayos ya mencionados tanto para propiedades físicas como mecánicas, pero esta vez con el suelo estabilizado.

Técnicas e instrumentos de recolección:

En el contexto de esta investigación, se emplea la técnica de observación directa y la recolección de datos mediante ensayos de laboratorio. Esto tiene como objetivo reconocer las propiedades mecánicas y físicas de los suelos en la zona bajo estudio para determinar la resistencia y durabilidad necesarias. Posteriormente, se llevarán a cabo ensayos específicos para evaluar las características mecánicas tanto del suelo natural como del suelo con óxido de calcio. Estas pruebas se ejecutaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, siguiendo las normativas técnicas aplicables en la materia.

Los medios empleados para recopilar datos consistieron en la aplicación de protocolos específicos, tales como el Análisis Granulométrico mediante Tamizado por Lavado, Medición del Contenido de Humedad, Clasificación de Suelos según las normativas AASHTO y SUCS, Proctor Modificado, y la Evaluación de la Relación de Soporte CBR. Estos protocolos se utilizaron con el propósito de registrar de manera precisa los datos obtenidos durante la ejecución de los respectivos ensayos.

En cuanto al procedimiento cabe mencionar que, para evaluar las propiedades de las muestras, se consideraron tanto las normas pertinentes como los procedimientos establecidos en el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM – 2000). Dicho manual fue aprobado mediante la Resolución Directoral N° 028- 2001-MTC/15.17, emitida el 16 de enero de 2001. A continuación, se detallan las normativas aplicadas.

Tabla 3.

Normativa para ensayos requeridos

| ENSAYOS | NORMA |
|---------------------------------------|-------------|
| PROPIEDADES FÍSICAS | |
| Granulometría | MTC E 107 |
| Contenido de Humedad | MTC E 108 |
| Límite Líquido | MTC E 110 |
| Límite Plástico | MTC E 111 |
| Clasificación de suelos método SUCS | NTP 339.134 |
| Clasificación de suelos método AASHTO | NTP 339.135 |
| PROPIEDADES MECÁNICAS | |
| Proctor Modificado. | MTC E 115 |
| Relación de Soporte (CBR) | MTC E 132 |
| PROPIEDADES QUÍMICAS | |
| PH (EADES Y GRIM) | ASTM D-6276 |

Nota: el presente cuadro muestra las normativas vigentes para cada ensayo requerido.

Los ensayos realizados son los siguientes:

Contenidos de Humedad Natural (MTC E-108)

La cantidad de agua presente en una muestra, conocida como contenido de humedad, se expresa como un porcentaje del peso del agua con respecto al peso del material una vez que está seco.

Procedimiento:

- Pesamos la muestra húmeda (w húmedo)
- Se seca en horno a 105°C durante 24 horas.
- Pesamos la muestra seca (w seco)
- luego se reemplaza los datos obtenidos en la fórmula para hallar el contenido de humedad.

$$W(\%) = \frac{(W_{húmedo} - W_{seco})}{W_{seco}} \times 100$$

Ecuación 1. Contenido de humedad

Granulometría mediante tamizado por lavado (MTC E 107)

Se toma una muestra de suelo, en este caso 500 gr los cuales se obtiene al ser retenido en el tamiz N°40 para luego ser lavado en el tamiz N° 200; una vez puesto al horno se pasa

por el juego de tamices N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°600, N°100 y N°200 pesando el material retenido en cada tamiz (%RP)

$$\%RP = PRP * 100 Wt$$

Ecuación 2. Granulometría (porcentaje retenido)

y determinando los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP, es decir:

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, etc$$

Ecuación 3. Granulometría (porcentaje retenido acumulado)

para luego construir una gráfica semilogarítmica donde se presenta el porcentaje en peso de muestra retenida para cada abertura de tamiz.

Límite líquido

Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.129 de 1999, que establece el método para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos, se establece la siguiente definición: El límite líquido se define como la humedad en la cual una masa de suelo se sitúa entre el estado plástico y el estado líquido.

Material

- Suelo que pasa la malla N° 40

Equipo y herramientas

- Malla N° 40
- Copa de Casagrande y ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura
- Espátula - Probeta de 100 ml.

- Cápsula de porcelana
- Taras

Procedimiento

- Mezclar el suelo con agua en una cápsula de porcelana mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.
- Colocar en la copa de Casagrande una porción de la pasta, esparcir hasta tener espesor de 1 cm.
- Hacer una ranura en el centro con el acanalador.
- Dejar caer la copa hasta que el suelo se pongan en contacto y la ranura de una 1.27 cm, verificar el número de goles.
- Retire el suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura con la cápsula y coloque el suelo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Retire el suelo de la copa de Casagrande y colóquelo en la cápsula de porcelana. Si el número de golpes ha sido alto en el ensayo anterior, agregue agua, o suelo si a sido bajo. (La cantidad de golpes debe oscilar entre 6 y 36).

Límite plástico

Es el punto convencional que demarca la transición entre los estados plástico y semisólido en el suelo; es el nivel más bajo de contenido de humedad donde este empieza a agrietarse al realizar cilindros de 3 milímetros de espesor.

Materiales a usar:

- Suelo preparado que se usó en LL.

Herramientas y equipos

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa

- Espátula
- Cápsula de porcelana
- Placa de vidrio

Procedimiento

- Se busca reducir el contenido de humedad de la pasta resultante, añadiendo suelo seco a la parte de la mezcla destinada al límite líquido,
- Formar cilindros con un diámetro de 3 mm girando manualmente la muestra sobre una placa de vidrio hasta y que muestren grietas, luego medir su contenido de humedad.

Tabla 4.

Parámetros de los tipos de suelos

| PARÁMETROS | TIPOS DE SUELOS | | |
|----------------------------|-----------------|---------|----------|
| | ARENA | LIMO | ARCILLA |
| Límite líquido (LL) | 15 - 20 | 30 - 40 | 40 - 150 |
| Límite plástico (LP) | 15 - 20 | 20 - 25 | 25 - 50 |
| Límite de retracción (LR) | 12 - 18 | 14 - 25 | 08 - 35 |
| Índice de plasticidad (IP) | 00 - 03 | 10 - 15 | 10 - 100 |

Nota: la tabla muestra los valores para los diferentes parámetros de suelo. Bañón y Beviá (2000)

Clasificación SUCS

Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.134 de 1999, que establece el método para la clasificación de suelos con fines ingenieriles mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se proporciona lo siguiente; **ver tablas adjuntas en anexo N°1 y anexo N°2.**

Clasificación AASHTO

Según (ASTM D-3282,1973) nos indica; **ver tabla adjunta en anexo N°3**

Proctor Modificado

Conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 339.141 de 1999, que aborda el Ensayo de Proctor Modificado, se presenta la siguiente definición: La relación entre la densidad seca de un suelo, indicativa de su grado de compactación, y su contenido de agua resulta fundamental en el proceso de compactación de suelos. Este control se lleva a cabo con el ensayo de Proctor. Para lograr una compactación efectiva, es esencial regular con precisión la cantidad de agua; la falta de esta no permitirá una lubricación adecuada ni la reducción de la fricción entre partículas, mientras que un exceso de humedad podría provocar la separación de las partículas por el agua. En términos generales, es recomendable compactar un suelo con el propósito de:

- Incrementar la capacidad de carga y mejorar la estabilidad al corte, lo que se traduce en una mayor resistencia y capacidad de carga para los pavimentos.
- Reducir la compresibilidad con el objetivo de disminuir los asentamientos.
- disminuir la relación de vacíos para aminorar la permeabilidad

Material

- Se extraen aproximadamente 6 kg de muestra alterada en estado seco por cada excavación (calicata).
- Papel filtro

Equipo

- Instrumentación para el ensayo de Proctor modificado, que incluye un molde cilíndrico, una placa de base y un anillo de extensión.
- Pisón para el Proctor modificado.
- Balanza con precisión de 1 gr.
- Estufa con control de temperatura.

- Recipiente de 1000 ml, envase con capacidad para 6 kg, espátula y taras identificadas.

Procedimiento

- Inicialmente, es necesario examinar el análisis granulométrico para determinar la aplicabilidad de los métodos; los procedimientos para el ensayo se detallan en la tabla proporcionada en el anexo N°4.
- Obtener alrededor de 30 kg de muestra en estado seco para llevar a cabo el ensayo, según el método seleccionado (ya sea A, B o C).
- Aproximadamente con 5 muestras de 6k se añade agua de manera que varíe en 1 ½ % entre cada una de ellas
- Armar el molde y pesar
- Alojarse el material que será compactado en el molde con collarín y papel filtro en la base.
- Se compactará en 5 capas, con 25 o 56 golpes en cada estrato (según el método A, B o C). Una vez completada la compactación del último estrato, se retira el collarín, se enraza y se calcula la densidad húmeda (Dh)
- Calcular el (w%) mediante muestras tomadas de la parte superior e inferior.
- Determinar la (Ds)

$$Ds = \frac{Dh}{(1 + w\%/100)}$$

Ecuación 4. Proctor (densidad seca)

- Dibujar la curva de compactación en escala natural, los datos de contenido de humedad se registran en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas.
- Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

California Bearing Ratio (CBR)

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana: Método de ensayo de CBR (Ratio de carga de California) para suelos compactados en laboratorio (NTP 339.145, 1999), se define lo siguiente:

El ensayo de CBR es el más utilizado para el diseño de pavimentos y mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

$$C.B.R. = 100 * \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}}$$

Ecuación 5. C.B.R

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California, como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como subbase o material de base en construcciones de carreteras.

Material

- Muestra alterada seca.
- Papel filtro

Equipo y herramientas

- Instrumentación para el ensayo CBR que incluye 3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas, cada una con un peso de 4.5 kg, y 3 trípodes.
- Pisón para CBR.
- Balanza con error de 1 gr.
- 3 diales.
- Estufa con control de temperatura.

- Probeta de 1000 ml.
- Recipiente de 6 kg. de capacidad.
- Espátula.
- Taras identificadas

Procedimiento

Consta de 3 etapas:

- i. **Ensayo de compactación CBR** (determinación de la densidad y humedad del suelo)
 - Preparar la muestra con el contenido de humedad óptimo establecido durante el ensayo de compactación Proctor modificado.
 - Compactar la muestra en 5 estratos en cada uno de los 3 moldes CBR, siendo el primero con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 56 golpes por estrato.
 - Calcular la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.
 - Determinar la densidad seca de las muestras de cada molde.
- ii. **Ensayo de hinchamiento** (Determinación de las propiedades expansivas del material)
 - Voltrear las muestras de modo que la superficie libre quede en la parte superior al volver a ensamblar los moldes en sus placas de base.
 - Colocar sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
 - Posicionar los tres moldes completamente equipados en un recipiente de agua durante un período de 4 días (96 horas), registrando las mediciones de expansión cada 24 horas.

iii. **Ensayo carga – penetración** (determinación de la resistencia a la penetración)

- Tras el período de 4 días, extraer los moldes del recipiente de agua permitiendo su drenaje durante 15 minutos.
- Colocar la sobrecarga en cada molde, llevar a la prensa hidráulica y realizar el ensayo de penetración aplicando un pistón a una velocidad de 0.05 pulgadas por minuto, registrando las mediciones de carga para cada muestra.
- Volver a calcular Dh y W%.
- Determinar el esfuerzo aplicado.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Ecuación 6. C.B.R esfuerzo

σ : Esfuerzo

P: Carga aplicada

A: Área del pistón

- Representar gráficamente las tres curvas esfuerzo-deformación de las muestras de cada molde en escala natural. Los valores de deformación se registrarán en el eje horizontal, mientras que los valores de esfuerzo se colocarán en el eje vertical. En caso necesario, corregir las curvas indicando su nuevo punto de origen.
- Calcular los esfuerzos asociados a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas en cada una de las curvas esfuerzo-deformación.
- Determinar los índices CBR para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, dividiendo cada valor de esfuerzo obtenido a esas penetraciones en la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1 y 0.2 pulgadas, respectivamente.

$$C.B.R = 100 * \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}}$$

Ecuación 7. Índices C.B.R

- Representar gráficamente las curvas de densidad seca versus CBR para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas.
- El índice CBR de diseño se refiere al valor obtenido a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, expresado como porcentaje del valor estándar correspondiente.
- Comúnmente, el número CBR se determina en función de la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1"). Sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0,2") resulta ser mayor, este último debe ser aceptado como el valor definitivo de CBR.
- En caso de que el valor de CBR a 0.2 pulgadas sea considerablemente mayor que el valor de CBR a 0.1 pulgadas, se recomienda repetir el ensayo para confirmar los resultados.

Método el ensayo de EADES & GRIM (ASTM D-6276)

El objetivo de este ensayo es definir el % de cal necesario para estabilizar el suelo y mejorar sus propiedades físico-mecánicas, utilizando la prueba EADES & GRIM (ASTM D-6276). La preparación de las muestras para este ensayo requiere una serie de pasos, que se enumeran a continuación:

- Tomar una muestra a estabilizar.
- Secar al horno.
- Tamizar 350 gr de suelo que pase la malla N° 40 (0.425 milímetros).
- Homogeneizar la mezcla del suelo y óxido de calcio en frascos de plástico, utilizando cantidades específicas de suelo (25 gramos) y dosificando la cal en peso en un rango que va desde 0% hasta 8%. Para cada porcentaje, se prepararán cuatro frascos individuales, totalizando así cuatro muestras por cada nivel de porcentaje.
- Adicionar 100 mililitros de agua por muestra.
- Combinar (suelo, óxido de calcio y agua); durante 30 segundos cada 10 min durante una hora.
- obtener los valores de pH con el potenciómetro.
- Al llegar al punto en el cual el pH sea con aproximación a 12.4, se determina la cantidad necesaria de óxido de calcio para estabilizar el suelo.

Técnicas e instrumentos de análisis de datos:

La metodología de análisis de datos empleada es la estadística descriptiva, que implica la recopilación de datos concretos obtenidos en el laboratorio. El propósito es procesar estos datos mediante la obtención de valores característicos y representarlos a través de tablas, gráficos y figuras.

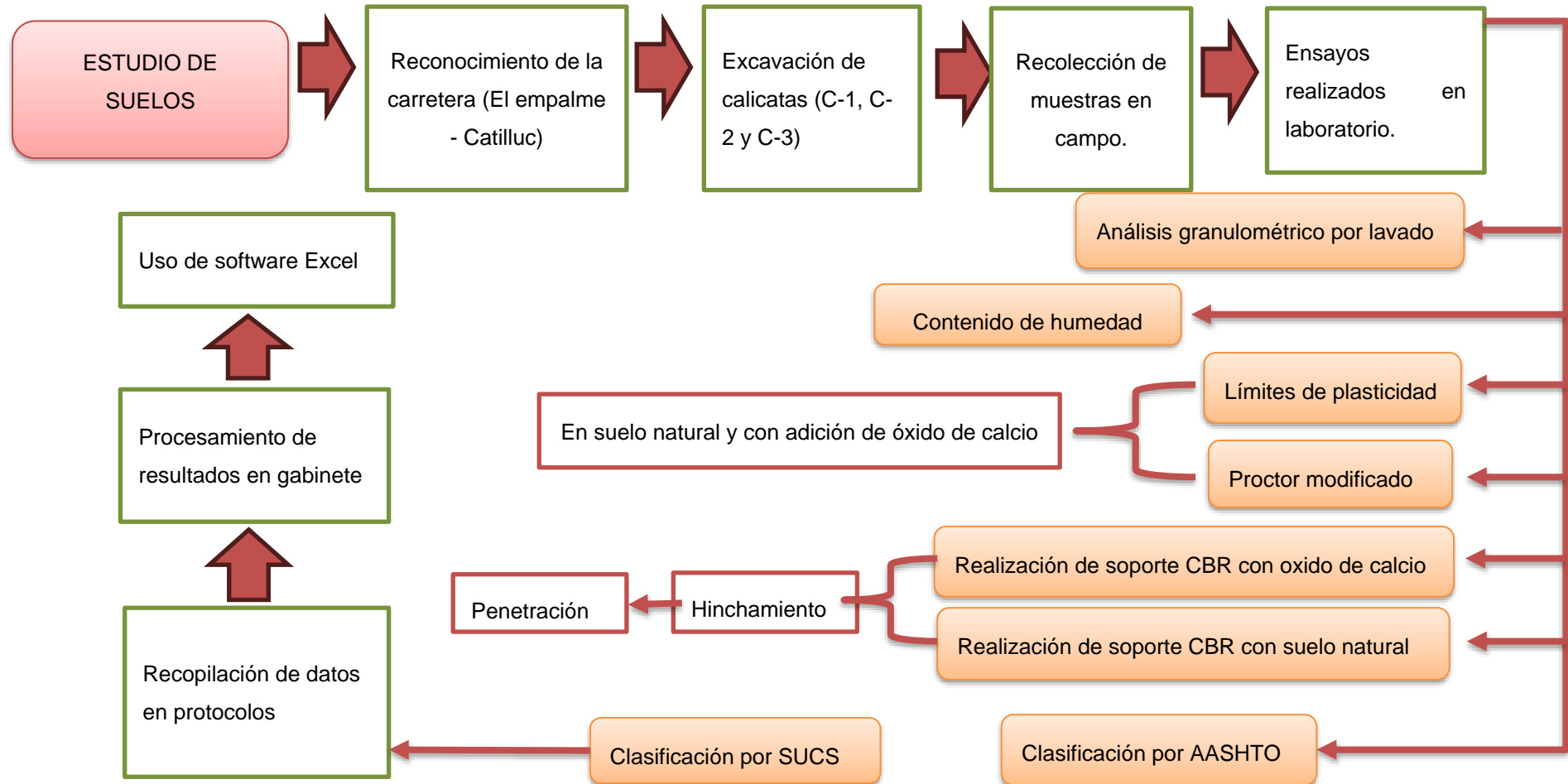
Para llevar a cabo dicho análisis, se utiliza el software Excel, una herramienta eficaz para organizar y detallar estadísticas, procesos y gráficos relacionados con los datos recabados en los ensayos de laboratorio. Se toman como referencia los parámetros clave de diversas normas, incluida la norma del American Society for Testing and Materials (ASTM).

Análisis estadístico de datos:

El análisis estadístico aplicado para la validación de datos fue el ANOVA (análisis de varianza) y comparaciones múltiples de post hoc utilizando un nivel de significancia del 5% y un nivel de confiabilidad del 95%, para dicho análisis se utilizó el software SPSS27 donde se puede visualizar del anexo N° 78 al anexo N° 83.

Figura 5.

Procedimiento de recolección y análisis de datos



Aspectos Éticos

La recopilación de esta información se llevó a cabo de manera confiable y responsable, sin realizar alteraciones en los datos. Se reconoce la importancia de respetar los derechos de autor y la propiedad intelectual de los autores, aplicando las normas APA para citar adecuadamente teorías y conocimientos. Además, se enfatiza en la responsabilidad y transparencia en todo el proceso, evitando cualquier perjuicio al medio ambiente, especialmente en términos de muestreo a través de calicatas.

Se destaca la libertad de los investigadores para elegir su participación o retirada del proyecto en cualquier momento que consideren apropiado. Por último, se asegura el cumplimiento estricto de todas las normas, instrumentos, protocolos y manuales utilizados en el proyecto de investigación, y se verificará su conformidad mediante herramientas web.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados de análisis de contenido de humedad para calicatas patrón. Puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo n°34 para C1, C2 y C3.

Tabla 5.

Resumen de W% C1, C2 Y C3

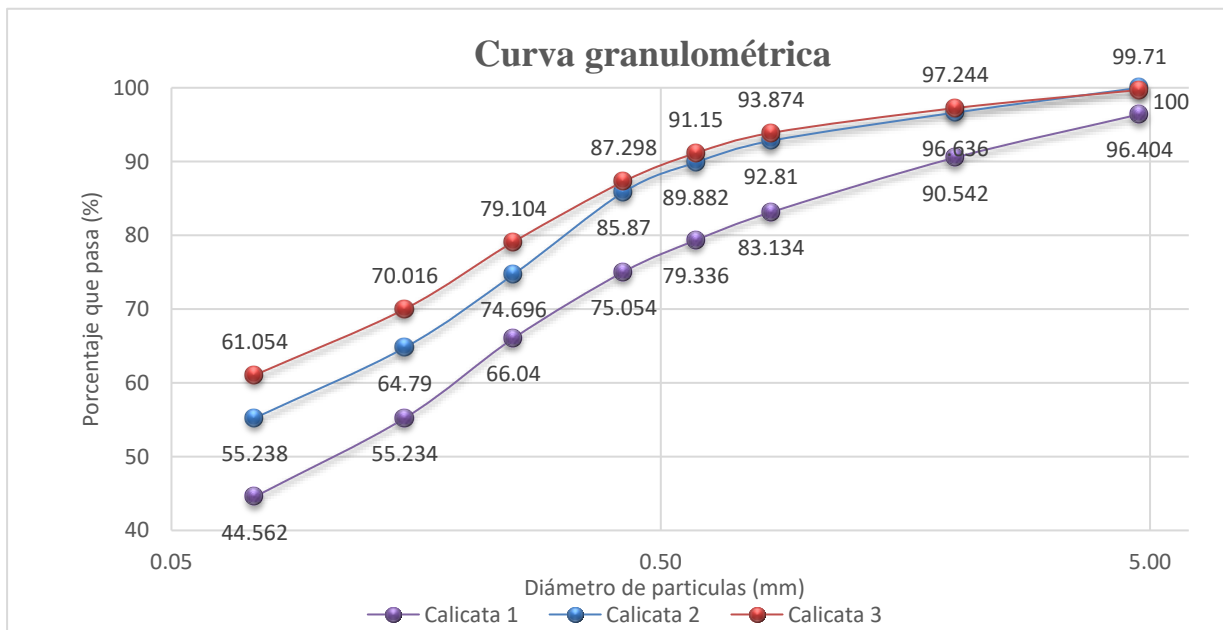
| (%) CONTENIDO DE HUMEDAD | | |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Calicata 1 | Calicata 2 | Calicata 3 |
| 14.839 | 25.618 | 28.257 |

Nota: el cuadro muestra el porcentaje promedio de w% de las 3 calicatas patrón

3.2. Resultados de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado. Para visualizar la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo N°35 para C1, anexo N°36 para C2 y anexo N°37 para C3

Figura 6.

curvas granulométricas de las tres calicatas patrón



Nota: comparación de curvas granulométricas C1, C2 y C3.

3.3. Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelo patrón. para visualizar los cuadros con el procesamiento para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo N°38 para C1, anexo N°39 para C2 y anexo N°40 para C3.

Tabla 6.

Límites de plasticidad C1, C2 Y C3

| LÍMITES DE PLASTICIDAD | | | | |
|-------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | | C1 | C2 | C3 |
| Límite Líquido: | LL = | 20.66 | 46.05 | 42.38 |
| Límite Plástico: | LP = | NP | 23.71 | 23.14 |
| Índice de Plasticidad: | IP = | NP | 22.34 | 19.25 |
| Pasante tamiz 200: | % = | 44.56 | 55.24 | 61.05 |

Nota: esta tabla muestra los límites de plasticidad de las 3 calicatas en la cual se puede observar que en la calicata 1 no se tiene límite plástico debido a que es un suelo limo arenoso, por lo tanto, esta calicata no entra en el mejoramiento. Según el manual de ensayos del MTC respecto del límite líquido menciona que la desviación estándar estimada para un operador simple es de 0.8; en este caso no aplica ya que para ello necesitamos hallar varios resultados de límite líquido de un mismo patrón de muestra para poder hallar la desviación estándar y ver la variación de datos. Para límite plástico el MTC menciona que el rango aceptable de precisión para dos resultados es de 2.6, para lo cual deberá calcularse sacando el promedio de dos contenidos de humedad y la diferencia de estos no deben ser mayor que el rango aceptable; en cuanto a la desviación estándar se estima un valor de 0.9 lo cual no se aplicaría por el mismo motivo que se da en límite líquido.

Tabla 7.

Clasificación de suelos mediante método SUCS.

| Calicata | C-01 | C-02 | C-03 |
|-----------------------|--------------|---|---|
| Progresiva (Km) | 01+160 | 03+160 | 05+160 |
| Muestra | C-01 | C-02 | C-03 |
| Profundidad (m) | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| Grava (2" - N°4) | 0 | 0 | 0 |
| Arena (N°4 - N°200) | 55.44 | 44.76 | 38.95 |
| Finos (< N°200) | 44.56 | 55.24 | 61.05 |
| Límite líquido | 20.66 | 40.05 | 42.38 |
| Índice de plasticidad | NP | 22.34 | 19.25 |
| Clasificación SUCS | ML | CL | CL |
| Denominación | Limo arenoso | Arcillas inorgánicas de plasticidad media | Arcillas inorgánicas de plasticidad media |

Nota: Esta tabla muestra la clasificación de suelos mediante método SUCS tomando como referencia la tabla del anexo N° 6.

Tabla 8.

Clasificación de suelos mediante método ASSHTO

| Calicata | C-01 | C-02 | C-03 |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Arena (N°4 - N°200) | 55.44 | 44.76 | 38.95 |
| Finos (< N°200) | 44.56 | 55.24 | 61.05 |
| Límite líquido | 20.66 | 40.05 | 42.38 |
| Índice de plasticidad | NP | 22.34 | 19.25 |
| Índice de grupo | 2 | 10 | 10 |
| Clasificación ASSHTO | A-2-5 | A-7-6 | A-7-6 |
| Denominación | arenas limosas | suelo arcilloso | suelo arcilloso |

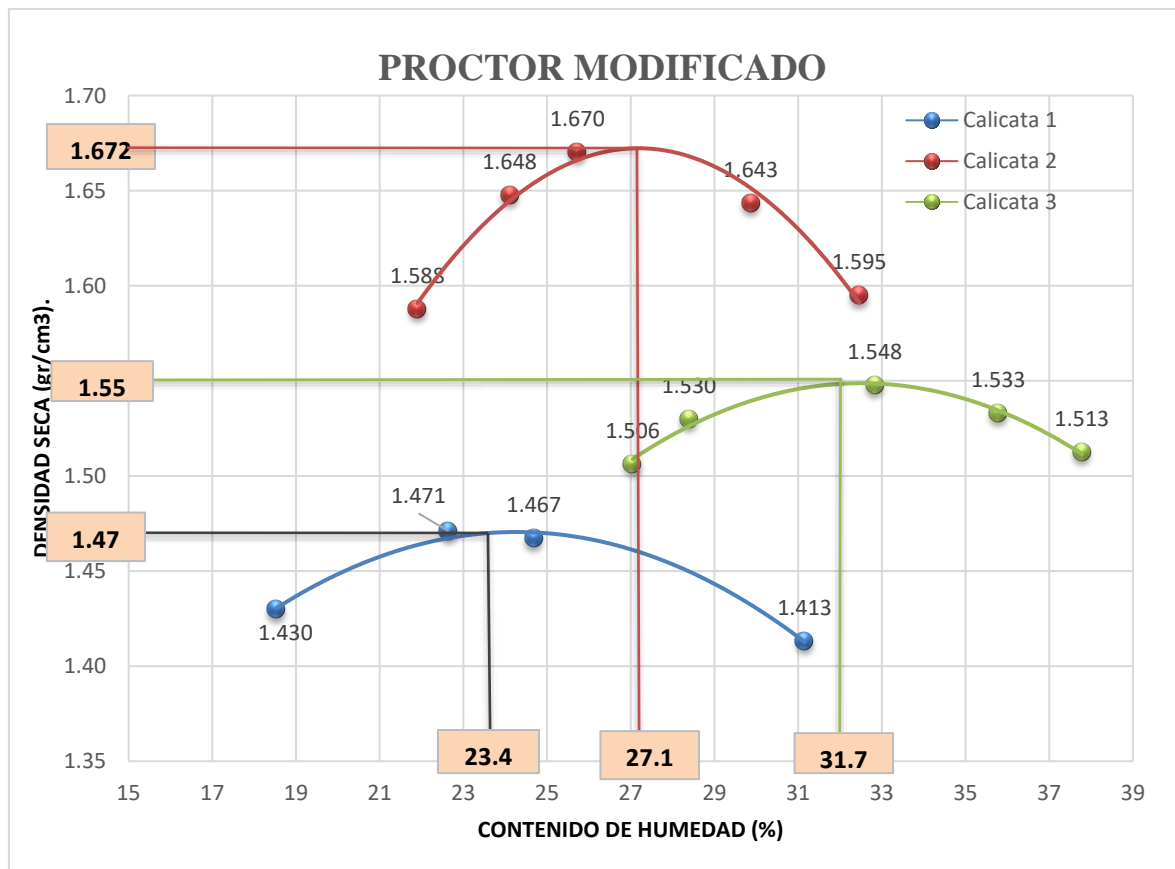
Nota: Esta tabla muestra la clasificación de suelos mediante método ASSHTO tomando como referencia la tabla del anexo N°6.

3.4. Resultados de Proctor modificado.

para visualizar los cuadros con el procesamiento para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo N°41 para C1, anexo N°42 para C2 y anexo N°43 para C3.

Figura 7.

Proctor modificado C1, C2 y C3



Nota: Este gráfico muestra el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de las 3 calicatas patrón, obteniendo para la C1 un ($w\%=23.4$ y $D_s=1.47$), para la C2 ($w\%=27.1$ y $D_s=1.672$) y para la C3 ($w\%=31.7$ y $D_s=1.55$).

3.5. Resultados de CBR expansión – penetración.

para visualizar los cuadros con el procesamiento para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos de la C1, C2 Y C3 que se encuentran del anexo N°44 al anexo N°49.

Tabla 9.

Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento calicata 1,2 y 3

| CBR | | | | |
|------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------|
| Calicatas | Contenido de humedad (W%) | Máxima densidad seca (Ds) | Hinchamiento (%) | |
| C1 | 13 golpes | 37.58 | 1.410 | 3.02 |
| | 27 golpes | 33.15 | 1.450 | 1.52 |
| | 56 golpes | 31.17 | 1.500 | 1.05 |
| C2 | 13 golpes | 29.08 | 1.600 | 4.73 |
| | 27 golpes | 30.28 | 1.640 | 4.06 |
| | 56 golpes | 33.35 | 1.710 | 3.95 |
| C3 | 13 golpes | 30.74 | 1.450 | 4.19 |
| | 27 golpes | 33.97 | 1.500 | 6.22 |
| | 56 golpes | 37.59 | 1.550 | 4.65 |

Nota: la siguiente tabla muestra un resumen de la obtención de contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento de los 3 moldes de CBR por cada calicata.

Tabla 10.

Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1.

ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN

| MOLDE N° | MOLDE N° 1 | | MOLDE N° 2 | | MOLDE N° 3 | |
|------------------------------------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| Penetración (") | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" |
| Esf. Terreno (Lb/pl ²) | 18.58 | 31.83 | 26.63 | 42.55 | 40.88 | 63.17 |
| Esf. Patrón (Lb/pl ²) | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 |
| CBR % | 1.8580 | 2.1222 | 2.6631 | 2.8365 | 4.0876 | 4.2114 |

Nota: El presente cuadro muestra los valores de esfuerzo del terreno con el cual se halló el CBR para luego graficar con los valores de densidad seca.

Tabla 11.

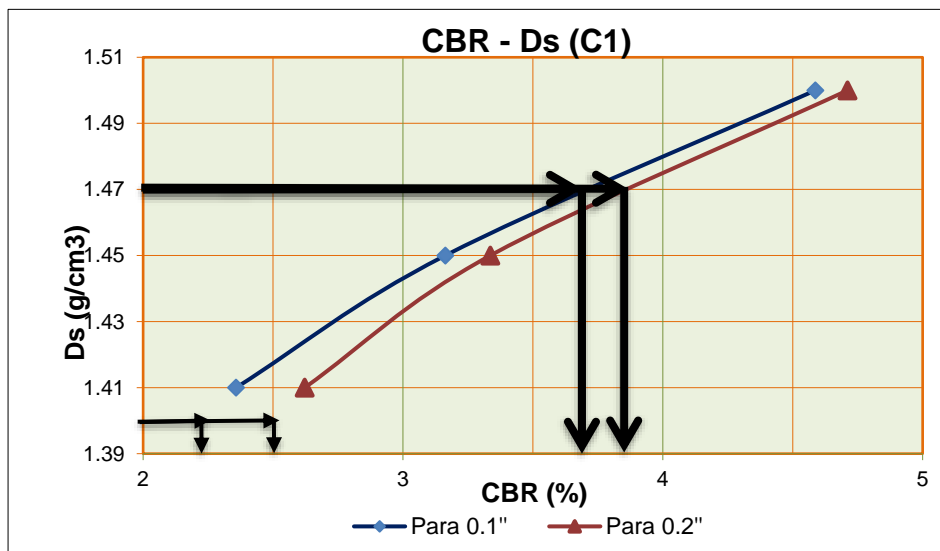
CBR y densidad seca C1.

| C.B.R Y DENSIDAD SECA | | | | | | |
|---------------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| MOLDE N° | MOLDE N° 1 | | MOLDE N° 2 | | MOLDE N° 3 | |
| Penetración (") | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" |
| CBR (%) | 1.858 | 2.122 | 2.663 | 2.837 | 4.088 | 4.211 |
| Ds (gr/cm ³) | 1.410 | 1.410 | 1.450 | 1.450 | 1.500 | 1.500 |

Nota: Este cuadro muestra los valores de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2''.

Figura 8.

Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100%.

Tabla 12.

Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C1.

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|--|--------------|
| Densidad seca máxima al 100% (g/cm³) : | 1.47 |
| Densidad seca máxima al 95% (g/cm³) : | 1.397 |
| Contenido óptimo de humedad (%) : | 23.40 |
| C. B. R | |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1") | 3.70% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1") | 2.25% |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2") | 3.85% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2") | 2.5% |

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2", en el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1".

Tabla 13.

Esfuerzos y densidad seca para 0.1" y 0.2" C2.

| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN | | | | | | |
|--|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| MOLDE N° | MOLDE N° 1 | | MOLDE N° 2 | | MOLDE N° 3 | |
| Penetración (") | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" |
| Esf. Terreno (Lb/pl ²) | 5.00 | 7.94 | 6.19 | 9.91 | 7.43 | 12.39 |
| Esf. Patrón (Lb/pl ²) | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 |
| CBR % | 0.5000 | 0.5293 | 0.6193 | 0.6606 | 0.7432 | 0.8258 |

Nota: El presente cuadro muestra los valores de esfuerzo del terreno con el cual se halló el CBR para luego graficar con los valores de densidad seca.

Tabla 14.

CBR y densidad seca C2.

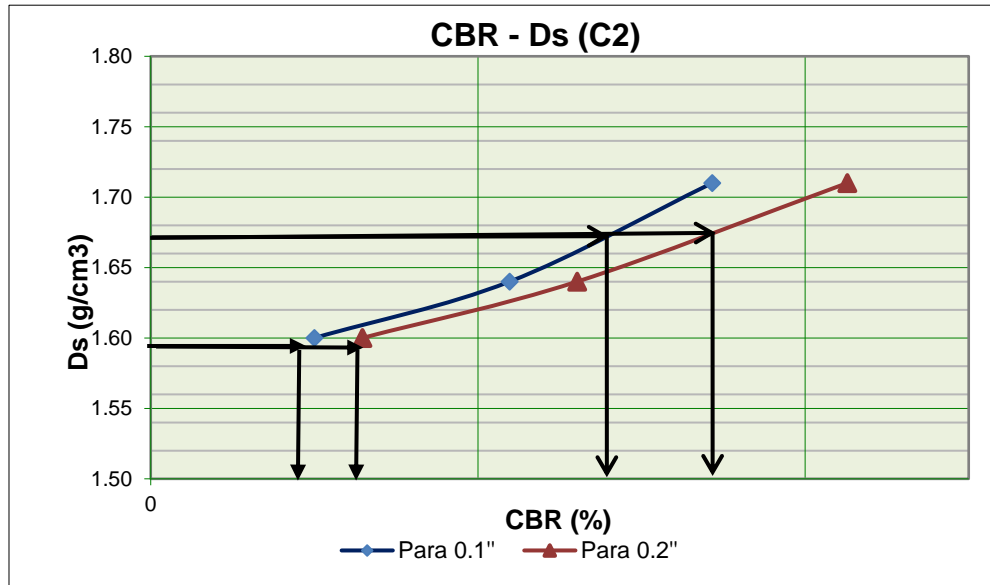
C.B.R Y DENSIDAD SECA

| MOLDE N° | MOLDE N° 1 | | MOLDE N° 2 | | MOLDE N° 3 | |
|-----------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| Penetración (") | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" |
| CBR (%) | 0.500 | 0.529 | 0.619 | 0.661 | 0.743 | 0.826 |
| Ds (gr/cm3) | 1.600 | 1.600 | 1.640 | 1.640 | 1.710 | 1.710 |

Nota: Este cuadro muestra los valores de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2''.

Figura 9.

Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C2.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100%.

Tabla 15.

Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C2.

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|---|--------------|
| Densidad seca máxima al 100% (g/cm3) : | 1.672 |
| Densidad seca máxima al 95% (g/cm3) : | 1.588 |
| Contenido óptimo de humedad (%): | 27.10 |
| C.B. R | |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1") | 0.66% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1") | 0.49% |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2") | 0.74% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2") | 0.52% |

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1” mientras este sea menor que el de 0.2”, en el caso en el que el valor de CBR para 0.1” fuera mayor que el 0.2” se tendría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1”.

Tabla 16.

Esfuerzos y densidad seca para 0.1” y 0.2” C3.

| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN | | | | | | |
|---|------------|--------|------------|--------|------------|---------|
| MOLDE N° | MOLDE N° 1 | | MOLDE N° 2 | | MOLDE N° 3 | |
| Penetración (") | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" |
| Esf. Terreno (Lb/pl ²) | 3.3442 | 6.1930 | 5.5739 | 9.1041 | 7.1223 | 11.2717 |
| Esf. Patrón (Lb/pl ²) | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 |
| CBR % | 0.3344 | 0.4129 | 0.5574 | 0.6069 | 0.7122 | 0.7514 |

Nota: El presente cuadro muestra los valores de esfuerzo del terreno con el cual se halló el CBR para luego graficar con valores presentados de densidad seca.

Tabla 17.

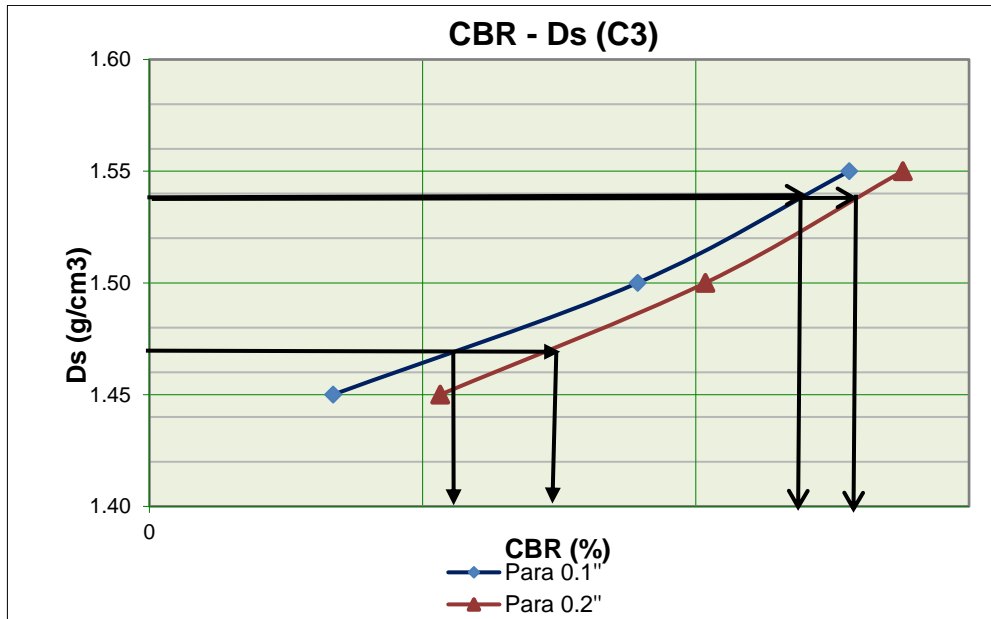
CBR y densidad seca C3.

| C.B.R Y DENSIDAD SECA | | | | | | |
|---------------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| MOLDE N° | MOLDE N° 1 | | MOLDE N° 2 | | MOLDE N° 3 | |
| Penetración (") | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" | 0.1" | 0.2" |
| CBR (%) | 0.334 | 0.413 | 0.557 | 0.607 | 0.712 | 0.751 |
| Ds (gr/cm ³) | 1.450 | 1.450 | 1.500 | 1.500 | 1.550 | 1.550 |

Nota: Este cuadro muestra los valores de CBR y densidad seca para 0.1” y 0.2”.

Figura 10.

Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C3.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100%.

Tabla 18.

Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C3.

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | |
|---|--------------|
| Densidad seca máxima al 100% (g/cm ³) : | 1.55 |
| Densidad seca máxima al 95% (g/cm ³) : | 1.473 |
| Contenido óptimo de humedad (%) : | 31.70 |
| C.B.R | |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1'') | 0.68% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1'') | 0.43% |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2'') | 0.71% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2'') | 0.50% |

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1'' mientras este sea menor que el de 0.2'', en el caso en el que el valor de CBR para 0.1'' fuera mayor que el 0.2'' habría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1''.

3.6. Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos estabilizados con óxido de calcio

Para visualizar los cuadros con el procesamiento de la C2 y C3 para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran del anexo N°50 al anexo N°55.

Tabla 19.

Límite líquido, plástico e índice de plasticidad con 5%, 8% y 12% de óxido de calcio C2 y C3.

| LÍMITES DE PLASTICIDAD | | | | |
|-------------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Calicatas N° | Porcentaje de adición de óxido de calcio | Límite Líquido (LL) | Límite Plástico (LP) | Índice de Plasticidad (IP) |
| Calicata 2 | 5% | 20.49 | NP | NP |
| | 8% | 20.86 | NP | NP |
| | 12% | 20.95 | NP | NP |
| Calicata 3 | 5% | 18.39 | NP | NP |
| | 8% | 17.04 | NP | NP |
| | 12% | 17.69 | NP | NP |

Nota: según el manual de ensayos del MTC la desviación estándar estimada para un operador simple es de 0.8, en este caso no aplica ya que para ello necesitamos hallar varios resultados de limite liquido de un mismo patrón de muestra para poder hallar la desviación estándar y ver la variación de datos.

3.7. Resultados de Proctor modificado para suelo estabilizado con óxido de calcio

Para visualizar los cuadros con el procesamiento de la C2 y C3 para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran del anexo N°56 al anexo N°61.

Tabla 20.

Proctor modificado al 5%, 8% y 12% en calicata 2 y 3

| PROCTOR MODIFICADO CON ÓXIDO DE CALCIO | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Calicatas | % de adición de óxido de calcio | Contenido de humedad Óptimo (%) | Densidad Seca Máxima (gr/cm ³) |
| C2 | 5% | 17.0 | 1.819 |
| | 8% | 15.8 | 1.835 |
| | 12% | 15.9 | 1.745 |
| C3 | 5% | 16.8 | 1.803 |
| | 8% | 16.3 | 1.809 |
| | 12% | 16.7 | 1.787 |

Nota: Este cuadro muestra el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca D_s en Proctor modificado para las dosificaciones de 5%, 8% y 12% tanto en calicata 2 como calicata 3.

3.8. Resultados de expansión y CBR para suelo estabilizado con óxido de calcio

Para visualizar los cuadros con el procesamiento de la C2 y C3 para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran del anexo N°62 al anexo N°73.

Tabla 21.

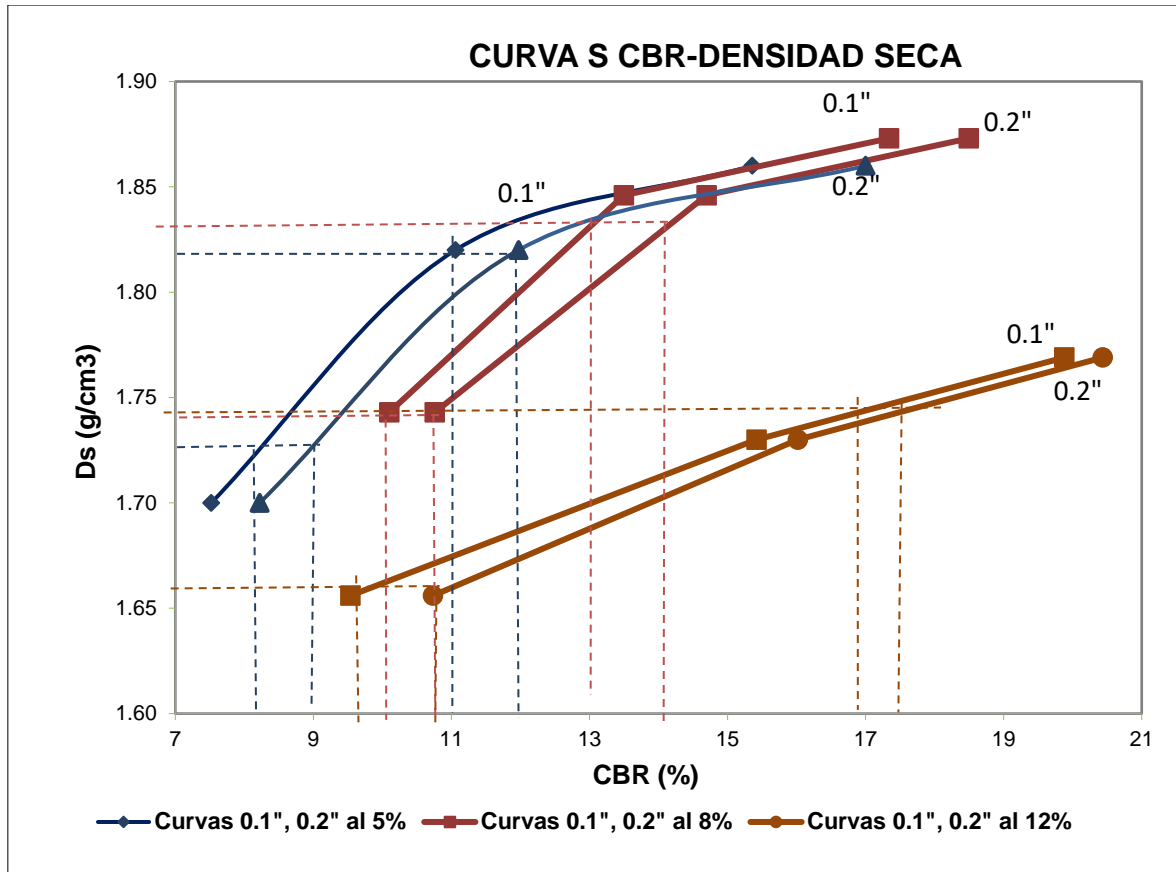
Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento con adición de óxido de calcio al 5%,8% y 12% de la calicata 2 y 3

| CBR | | | | | | | | | | | |
|------------|--|------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|--|--|------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| | Porcentaje de adición de óxido de calcio | N° de golpes | Contenido de humedad (W%) | Máxima densidad seca (Ds) | Hinchamiento (%) | | Porcentaje de adición de óxido de calcio | N° de golpes | Contenido de humedad (W%) | Máxima densidad seca (Ds) | Hinchamiento (%) |
| | | | | | | | | | | | |
| | | 13 golpes | 10.03 | 1.700 | 0.112 | | | 13 golpes | 14.17 | 1.710 | 0.551 |
| | 5% | 27 golpes | 10.70 | 1.820 | 0.050 | | 5% | 27 golpes | 11.91 | 1.780 | 0.113 |
| | | 56 golpes | 10.88 | 1.860 | 0.019 | | | 56 golpes | 11.57 | 1.810 | 0.072 |
| | | 13 golpes | 19.43 | 1.743 | 0.110 | | | 13 golpes | 11.15 | 1.714 | 0.074 |
| | 8% | 27 golpes | 15.89 | 1.846 | 0.060 | | 8% | 27 golpes | 11.000 | 1.767 | 0.061 |
| | | 56 golpes | 13.8 | 1.873 | 0.044 | | | 56 golpes | 10.67 | 1.828 | 0.043 |
| | | 13 golpes | 16.62 | 1.656 | 0.410 | | | 13 golpes | 17.09 | 1.680 | 0.160 |
| | 12% | 27 golpes | 16.35 | 1.730 | 0.172 | | 12% | 27 golpes | 15.54 | 1.746 | 0.072 |
| | | 56 golpes | 15.84 | 1.769 | 0.082 | | | 56 golpes | 17.1 | 1.792 | 0.047 |

Nota: esta tabla muestra el contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento con la adición de 3 porcentajes de óxido de calcio tanto para la calicata 2 como la calicata 3.

Figura 11.

Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C2.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100% de la calicata 2

Tabla 22.

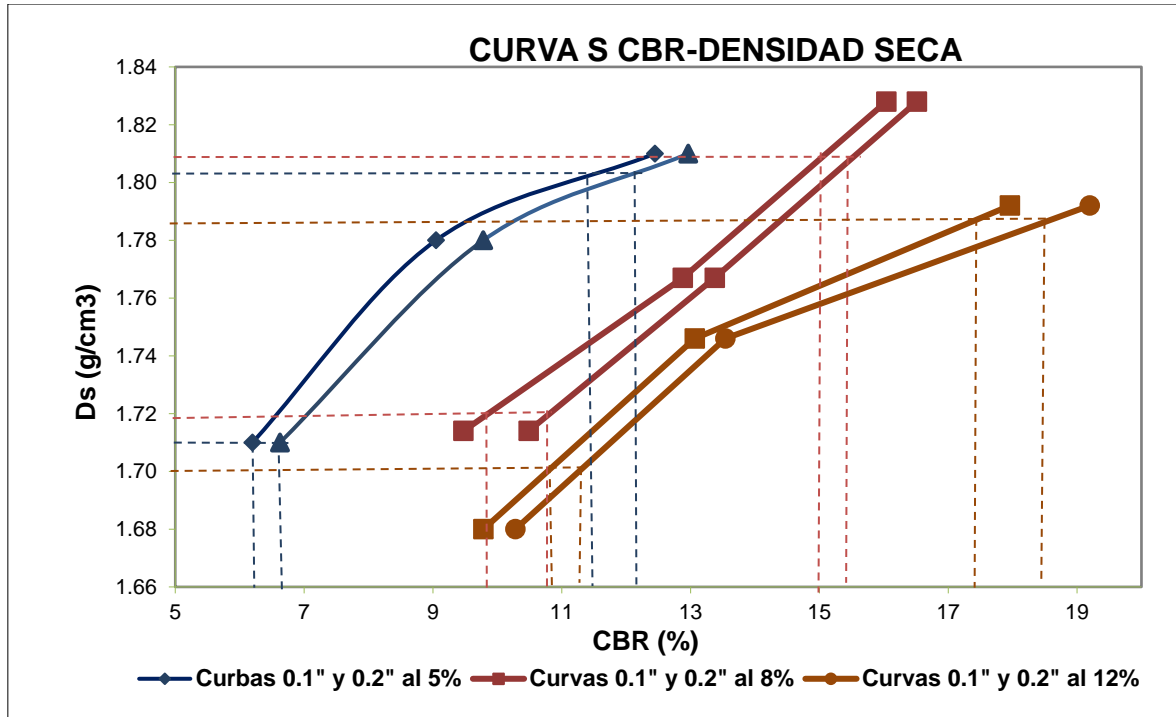
Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de D_s máxima de calicata 2 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | 5% | 8% | 12% |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Densidad seca máxima al 100% (g/cm ³): | 1.82 | 1.84 | 1.75 |
| Densidad seca máxima al 95% (g/cm ³): | 1.73 | 1.74 | 1.66 |
| Contenido óptimo de humedad (%): | 17.00 | 15.80 | 15.90 |
| C.B. R | 5% | 8% | 12% |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1") | 11% | 13% | 16.80% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1") | 8.2% | 10.10% | 9.54% |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2") | 12.10% | 14.10% | 17.30% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2") | 9% | 10.76% | 10.73% |

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2", en el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1".

Figura 12.

Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C3.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100% de la calicata 3.

Tabla 23.

Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de Ds máxima de calicata 3 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO | 5% | 8% | 12% |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Densidad seca máxima al 100% (g/cm ³): | 1.80 | 1.81 | 1.79 |
| Densidad seca máxima al 95% (g/cm ³): | 1.71 | 1.72 | 1.70 |
| Contenido óptimo de humedad (%): | 16.80 | 16.30 | 16.70 |
| C.B.R | | | |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1") | 11% | 15% | 17% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1") | 6% | 10% | 10.90% |
| C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2") | 11.90% | 15.40% | 18.40% |
| C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2") | 6.63% | 10.70% | 11.10% |

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2", en el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el 0.2" se volvería a realizar el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1".

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos para límite líquido se pudo hacer una comparación de valores en base a la tesis nacional citada de Anyaypoma (2014) en la cual menciona que con la adición de porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6% el comportamiento del límite líquido disminuye, teniendo su máxima disminución la muestra con cal al 4% con un 57.15 de un 67.57 mientras que en nuestros valores obtenidos de límite líquido al 5%, 8% y 12% tenemos una disminución pero mucho más elevada ya que en el ensayo patrón para la calicata 2 obtuvimos un límite líquido de 46.05 y con la adición del óxido de calcio registramos una disminución casi a la mitad siendo para el 5% un valor de 20.49, para el 8% 20.86 y para el 12% 20.95. coincidiendo de cierta manera con la tesis mencionada ya que el 5% presenta el límite líquido menor representando el 44.49% de disminución. Por otro lado, en el ensayo patrón de la calicata 3 obtuvimos un límite líquido de 42.38 y con la adición del óxido de calcio registramos los siguientes valores; para un 5% un valor de 18.39, para 8% un valor de 17.04 y para 12% un valor de 17.69 verificando que el valor menor registrado se obtiene con una adición de 8% de cal representando una disminución del 40.21%. según el (MTC, 2013) menciona que para estabilizar un suelo deberá presentar un límite líquido inferior a 40 determinados según normas ensayo MTC E110 y MTC E111.

En cuanto a los resultados obtenidos para límite plástico e índice de plasticidad en nuestra calicata 1 no se encontró un suelo plástico por lo tanto no se realizó el mejoramiento que si se elaboró en las calicatas 2 y 3 las cuales en los ensayos iniciales patrón se obtuvo como límite plástico para la calicata 2 el valor de 23.71 y de índice plástico 22.34, mientras que para la calicata 3 se obtuvo un valor de 23.14 para límite plástico y 19.25 para índice de plasticidad en los cuales mediante clasificación SUCS se obtiene como resultado a arcillas

de plasticidad media y mediante clasificación ASSTHO se tiene un suelo arcilloso de tipo A-7-6; según la tesis nacional citada Mamani y Ramirez (2020) por agregar 10% de óxido de calcio confirma la reducción de límite líquido como de límite plástico lo cual se pudo comprobar al adicionar el 5%, 8% y 12% de óxido de calcio resultando así un suelo sin límite de plasticidad y con índice de plasticidad (NP) tanto para la calicata 2 y 3 ya que la cal absorbe el agua y encapsula las partículas de arcilla dando como resultado un suelo no plástico (NP).

De acuerdo a los resultados evidenciados de Proctor modificado se obtuvo para contenido óptimo de humedad en ensayos patrón valores elevados como 23.4 para calicata 1, 27.1 para calicata 2 y 31.7 para calicata 3, mientras que para densidad máxima seca se obtuvo el valor de 1.47, 1.67 y 1.55 respectivamente; cabe mencionar que en la calicata 1 no se realizó el mejoramiento pero para la calicata 2 y 3 al realizar la adición de óxido de calcio en sus distintos porcentajes se evidenció que el contenido óptimo de humedad disminuyó para los 3 porcentajes de la calicata 2 y de igual manera para la calicata 3; caso contrario sucedió con los valores de densidad máxima seca ya que los valores se elevaron a comparación de los ensayos patrón siendo el de mayor valor de densidad seca el de 8% de óxido de calcio con 1.835 para la calicata 2 y 1.809 para 8% de la calicata 3.

Según la tesis nacional citada Tacca (2021) en sus dosificaciones de óxido de calcio al 4%, 8% y 12% se evidencia que su contenido de humedad al 4% aumenta a comparación del suelo natural, mientras que para 8% y 12% el contenido de humedad disminuye lo cual pasa con los resultados que obtuvimos al aplicar 5%, 8% y 12% de óxido de calcio ya que todos nuestros valores de contenido de humedad disminuyeron a comparación con nuestro ensayo patrón; mientras que en la densidad seca máxima para CBR todos los valores aumentaron en comparación con el ensayo patrón, lo cual sucedió todo lo contrario con el hinchamiento ya que en los ensayos patrón se obtuvo mayor porcentaje de hinchamiento

mientras que con la adición de óxido de calcio en sus diferentes proporciones el hinchamiento fue mínimo tanto para la calicata 2 y 3.

Respecto de los valores de resistencia CBR los comparamos con la tesis nacional citada Tacca (2021) en la cual en sus diferentes dosificaciones de óxido de calcio se observó que el suelo tratado con 12% de cal tuvo un CBR (100% 0.1") de 43.48%, mientras que el suelo tratado con 8% de cal tuvo un CBR (100% 0.1") de 38.63%. El suelo tratado con 4% de cal tuvo un CBR (100% 0.1") de 28.97%, ambos significativamente superiores a los CBR (100% 0.1") del suelo natural. De igual manera evidenciamos en laboratorio el aumento de resistencia según el porcentaje de óxido de calcio ya que para la calicata 2 a un 12% de óxido de calcio da 16.80% de CBR al (100%) siendo éste el mayor; para un 8% de CBR (100%) el valor de 13% y para una adición de 5% un CBR (100%) de 11% siendo éste el menor; mientras que para la calicata 3 se obtuvo los siguientes valores; para 12% un valor de 17.20% de CBR (100%) siendo el valor mayor, para la dosificación de 8% se obtuvo un 15% de CBR(100%) y para 5% de adición de cal se obtuvo un 11.30% de CBR(100%) siendo éste el menor. De acuerdo a estos datos podemos notar la tendencia del CBR ya que se aprecia que es una función creciente es decir que a medida que se aumenta el óxido de calcio al suelo natural también se incrementa el porcentaje de CBR, cabe mencionar que en este estudio no se verificó cual es el porcentaje máximo de adición de óxido de calcio con el cual se obtiene mayores resultados, por lo tanto, se deja abierta la incógnita para futuros estudios sobre el tema tratado.

En el estudio tratado se ha tenido limitaciones en las condiciones climáticas ya que la temporada de lluvias influye en las propiedades del suelo debido a que puede infiltrarse alcanzando las capas más profundas alterando su composición y características físicas, ya sea por haber causado lixiviación lo cual interfiere en su composición química, o cambios en la humedad del suelo, aunque las muestras se hayan secado antes de la elaboración de ensayos, las lluvias pueden alterar temporalmente las condiciones de humedad del suelo en el lugar de extracción de las muestras. Esto podría influir en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, incluso después de que las muestras se hayan secado.

Otra de las limitaciones en la investigación fue la selección de ubicación en la elaboración de calicatas, si bien es cierto nos guiamos del manual del MTC para considerar la distancia y excavar las calicatas, se tuvo como limitación la identificación errónea de la composición de suelo en una de las calicatas ya que inicialmente se identificó como las demás a simple vista como un suelo arcilloso, pero luego al realizar los ensayos se verificó que se trataba de un suelo limo arenoso lo cual no era apto para realizar el estudio de mejoramiento con óxido de calcio ya que no cumplía con las características de estudio.

Otra de las limitaciones fue la generalización de los resultados de la investigación en otros contextos geográficos o geológicos, es decir, aunque los resultados obtenidos con la adición de óxido de calcio a los porcentajes del 5%, 8%, y 12% son prometedores para mejorar las propiedades del suelo en la carretera de estudio, se reconoce la limitación de la generalización de estos resultados a otros contextos ya que podría verse limitada debido a las variaciones inherentes en las propiedades del suelo, las características específicas del suelo, el clima, la topografía y otros factores del lugar de estudio. Cajamarca pueden diferir significativamente de otras regiones, lo que podría influir en la efectividad de los porcentajes específicos de óxido de calcio utilizados.

Este estudio tubo como implicancia mejorar la subrasante de una carretera ayudando así a la calidad de vida de la población, puesto que mediante la adición de óxido de calcio se mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo generando así una disminución drástica de la humedad del suelo por hidratación y evaporación tras el mezclado con tierra arcillosa mejorando la trabajabilidad y resistencia a la compresión, con ello se incrementa la durabilidad, cohesión y también disminuye los problemas que presentan en este tipo de carreteras como, el desgaste por erosión a causa de las precipitaciones pluviales. dicha investigación proporciona una estrategia viable y sostenible para mejorar la capacidad portante de suelos arcillosos en carreteras. Esta técnica no solo contribuye a la seguridad vial, sino que también puede reducir la necesidad de utilizar recursos naturales como canteras de material de préstamo, promoviendo así prácticas de construcción más sostenibles y el desarrollo socioeconómico de las comunidades locales, permitiendo un intercambio más eficiente de bienes y servicios.

la investigación sugiere un posible descenso en los costos de mantenimiento de la carretera. Esto tiene implicancias económicas significativas, ya que podría traducirse en ahorros a largo plazo para los gobiernos locales y los usuarios de la vía, no se tienen datos específicos sobre los costos de materiales de cantera y cal en mayores cantidades, pero la eliminación o reducción de la necesidad de utilizar grandes cantidades de material de cantera para corregir problemas de capacidad portante podría traducirse en ahorros significativos ya que el uso de canteras significaría costear la extracción para luego zarandear el material y recién realizar su traslado desde puntos considerablemente alejados como se muestra en el anexo N° 77.

las implicancias de la investigación no solo abordan desafíos técnicos en la mejora de suelos arcillosos, sino que también tiene ramificaciones sociales, económicas y ambientales positivas.

Conclusiones

El estudio detallado sobre el efecto del óxido de calcio en el mejoramiento del suelo arcilloso para la subrasante de la carretera El Empalme-Catilluc ha proporcionado resultados significativos. Los tratamientos con óxido de calcio al 5%, 8%, y 12% han demostrado tener una influencia sustancial en diversas propiedades del suelo. En primer lugar, la reducción de la plasticidad, esto disminuye su tendencia a expandirse y contraerse con cambios de humedad, lo cual reduciría la posibilidad de fisurarse y asentarse. En segundo lugar, mejorará las propiedades mecánicas como una mejor compactación. Finalmente, el incremento de la capacidad portante, lo cual permitirá que soporte cargas más pesadas sin deformarse. con esto podemos afirmar nuestra hipótesis siendo la proporción más favorable el 12% de óxido de calcio.

Se logró determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos en el tramo Empalme-Catilluc de la provincia de San Miguel proporcionando información crucial para comprender la calidad y comportamiento del suelo. Estos análisis han revelado una serie de características que influyen en la estabilidad y capacidad portante, donde los principales hallazgos son la clasificación del suelo, contenido de humedad, densidad del suelo y capacidad portante, esto nos ayudó a tener conocimiento del tipo de suelo y su comportamiento donde se pudo observar que requiere de un mejoramiento de la subrasante.

El análisis de las propiedades físico-mecánicas del suelo al añadir óxido de calcio con dosificaciones al 5%, 8%, y 12% para el mejoramiento de la subrasante en el tramo Empalme-Catilluc de la provincia de San Miguel ha proporcionado información valiosa sobre el impacto de este agente estabilizador en las características del suelo. Los resultados obtenidos indican mejoras significativas en diversas propiedades, en las cuales se puede observar que en cuanto a límites de plasticidad la cal viva (óxido de calcio) es muy efectiva

para el secado de cualquier suelo con humedad. Tras el mezclado con la tierra arcillosa la cal viva absorbe el agua mediante una reacción exotérmica, reduciendo drásticamente la humedad del suelo por hidratación y evaporación, es por ellos que en las proporciones utilizadas se verificó que en un inicio el suelo natural tenía bastante plasticidad para luego disminuir con la adición del óxido de calcio convirtiéndose en un suelo no plástico y ayudando a una mejor trabajabilidad de este, así como una mejor compactación y un aumento en la capacidad portante.

Al adicionar el óxido de calcio al suelo natural tenemos como mejor resultado la dosificación del 12%, haciendo la comparación se obtuvo un incremento de valores iniciales al (100% 0.1") y (95% 0.1) de 0.66% y 0.49% respectivamente de la calicata 2 a valores de 16.80% y 9.54% al adicionar 12% de óxido de calcio en dicha calicata; mientras que en la calicata 3 se tenía un CBR al (100% 0.1") y (95% 0.1") de 0.68% y 0.43% respectivamente lo cual mejoró considerablemente a 17.20% y 10.9% ambos resultados según la categoría de subrasante del MTC (2013) se clasifica en una subrasante buena, entonces obteniendo los valores del CBR antes mencionados se recomienda la adición de óxido de calcio al 12% para estabilizar este suelo.

Referencias

Norma técnica de estabilizadores químicos (1109, M. E., 2004). Perú.

Altamirano Navarro, G., y Díaz Sandino, A. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas*. Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. <https://repositorio.unan.edu.ni/6456/1/51667.pdf>

Anyaypoma, R. J. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca - Perú.

Bañón, y Beviá. (2000). *Construcción y Mantenimiento Manual de Carreteras*. España: Enrique Ortiz e Hijos Contratista de Obras.

Bono, R. (2018). *Diseños Cuasi-Experimentales y Longitudinales*. Recuperado de <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (mayo de 2016). *Comunicaciones*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Cuadros, C. (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la Región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016*. Recuperado de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/297>

Del Castillo Benites F, S. V. (2021). *Estabilización de suelos con uso de aditivos químicos del camino vecinal Pampas de Cochaya, Olaya – Mache – Otuzco –La Libertad.* Trujillo.

Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (Cal y Cloruro de sodio).* Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24608/1/Tesis%201088%200-%20Guam%c3%a1n%20Iler%20Israel%20Isa%c3%adas.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación.* McGraw-Hill. Recuperado de <https://josetavarez.net/Compendio-Methodologia-de-la-Investigacion.pdf>

Huezo, H. y Orellana, A. (2009). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador.* Recuperado de https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf

Jara, R. (2016). *Efecto de la cal como estabilizante de un sustrato de suelo arcilloso.* Recuperado de <archivo:///D:/TESIS%20A%20REVISAR/tesis%20suelos/T%20631.4%20J37%202014.pdf>

Mamani, J. y Ramírez, M. (2020). *Análisis y evaluación de la estabilización de suelos arcillosos en la APV Picol Orcompugio mediante la adición de cal al 10% y puzolana volcánica de la cantera de Rqqchi al 15, 25 y 30% para subrasante de vías pavimentadas según el manual de carreteras.* Cuzco-Perú.

Melendrés, E. (2013). *Estabilización química con cal viva para carreteras con suelos arcillosos*. Recuperado de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/563>

MTC. (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Perú.

Otzen, T. y Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

Tacca, J. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento*. Lima, Perú.

Anexos

ANEXO N°1.

Visita y reconocimiento de la carretera.



Nota: Se observa deslizamientos debido a presencia de suelos arcillosos.

ANEXO N°2.

Calicata 1.



Nota: Extracción de muestra para ensayos de calicata – km 01+160.

ANEXO N°3.

Calicata 2



Nota: Excavación y extracción de muestra de la calicata 2 – km 03+160.

ANEXO N°4.

Calicata 3



Nota: Excavación y extracción de muestra de la calicata 3 – km 05+160.

ANEXO N°5. .

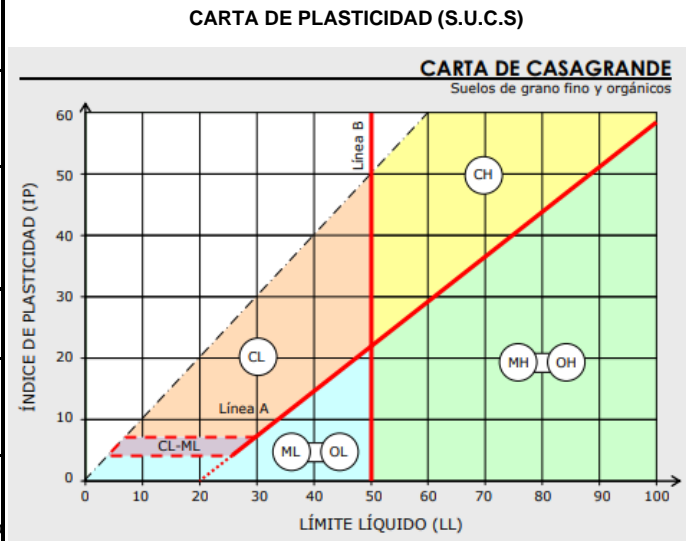
Tabla de clasificación según AASHTO

| DIVISIONES PRINCIPALES | | SÍMBOLOS DEL GRUPO | NOMBRES TÍPICOS | IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO | | | |
|------------------------|---|--|------------------------------------|---|---|--|--|
| SUELOS DE GRANO GRUESO | Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm) | Gravas limpias (sin o con pocos finos) | GW | Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. | Cu=D60/D10>4 Cc=(D30)2/D10xD60 entre 1 y 3 | | |
| | | | GP | Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. | No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. | | |
| | | Gravas con finos (apreciable cantidad de finos) | GM | Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo. | Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo. | Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. | Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. |
| | | | GC | Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla. | | Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7. | |
| | | Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm) | Arenas limpias (pocos o sin finos) | SW | Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. | Cu=D60/D10>6 Cc=(D30)2/D10xD60 entre 1 y 3 | |
| | | | | | SP | Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. | Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. |
| | Arenas con finos (apreciable cantidad de finos) | | SM | Arenas limosas, mezclas de arena y limo. | Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. | Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7. | Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble. |
| | | | | SC | | | |

ANEXO N°6.

Tabla de clasificación según SUCS

| | | | |
|--|---|--|---|
| SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200 | Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50 | ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad. | G= Grava, S=Arena, O=Suelo Organico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P=Mal Graduada, L=Baja Comprensibilidad, H=Alta Comprensibilidad |
| | | CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. | |
| | | OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad. | |
| | Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50 | MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos. | |
| | | CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta. | |
| | | OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos. | |
| Suelos muy orgánicos | PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico. | | |



ANEXO N°7.

Granulometría por lavado.



Nota: La foto muestra el lavado de material en el tamiz n°200 para luego secar y tamizar y pesar el material retenido en cada tamiz.

ANEXO N°8.

Tabla de clasificación según ASTM

| DIVISIÓN GENERAL | Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200) | | | | | | | Materiales Limo - arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200) | | | | | |
|---|--|-----------|------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--|-------|-------------------|--------------------|--------------------|--|
| | A - 1 | | A - 3 | A - 2 | | | | A - 4 | A - 5 | A - 6 | A - 7 | | |
| Subgrupo | A - 1 - a | A - 1 - b | | A - 2 - 4 | A - 2 - 5 | A - 2 - 6 | A - 2 - 7 | | | | A - 7 - 5 | A - 7 - 6 | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz) | | | | | | | | | | | | | |
| Serie ASTM | #10 | ≤ 50 | | | | | | | | | | | |
| | #40 | ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | | | | | | | | | |
| | #200 | ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | |
| Límite líquido | | | NP | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | > 41 (IP<LL-30) | > 42 (IP<LL-30) | |
| índice de plasticidad | ≤ 6 | | | ≤ 10 | ≤ 11 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≥ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≥ 11 | |
| | 0 | | 0 | 0 | | ≤ 4 | | ≤ 8 | ≤ 12 | ≤ 20 | | ≤ 20 | |
| TIPOLOGÍA | Fragmentos de piedra, grava y arena | | Arena fina | Gravas y arenas limosas o arcillosas | | | | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | | | |
| CALIDAD | EXCELENTE A BUENA | | | | | | | ACEPTABLE A MALA | | | | | |

ANEXO N°9.

Límites de plasticidad.



Nota: La foto muestra la elaboración del ensayo límite líquido para luego elaborar límite plástico y hallar índices de plasticidad.

ANEXO N°10.

Tabla para clasificación de tipo de método.

| MÉTODO | A | B | C |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| CONDICIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO | % Ret. Acum. N° 4 $\leq 20\%$ | % Ret. Acum. 3/8" $\leq 20\%$ | % Ret. Acum. 3/4" $\leq 30\%$ |
| | | % Ret. Acum. N° 4 $>20\%$ | % Ret. Acum. 3/8" $>20\%$ |
| TIPO DE MATERIAL UTILIZADO | Pasante la malla N° 4 | Pasante la malla 3/8" | Pasante la malla 3/4" |
| N° DE CAPAS (N) | 5 | 5 | 5 |
| N° DE GOLPES(N) | 25 | 25 | 56 |
| DIÁMETRO DE MOLDE(CM) | 10.16 \pm 0.04 | 10.16 \pm 0.04 | 10.16 \pm 0.04 |
| ALTURA DEL MOLDE (CM) | 11.64 \pm 0.05 | 11.64 \pm 0.05 | 11.64 \pm 0.05 |
| VOLUMEN DEL MOLDE V (CM3) | 944 \pm 0.14 | 944 \pm 0.14 | 944 \pm 0.14 |
| PESO DEL MARTILLO W (KG) | 4.54 \pm 0.01 | 4.54 \pm 0.01 | 4.54 \pm 0.01 |
| ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (CM) | 45.72 \pm 0.16 | 45.72 \pm 0.16 | 45.72 \pm 0.16 |
| DIÁMETRO DEL MARTILLO(CM) | 5.08 \pm 0.025 | 5.08 \pm 0.025 | 5.08 \pm 0.025 |
| ENERGÍA DE COMPACTACIÓN (KG/CM) CM3 | 27.485 | 27.485 | 27.363 |

ANEXO N° 11.

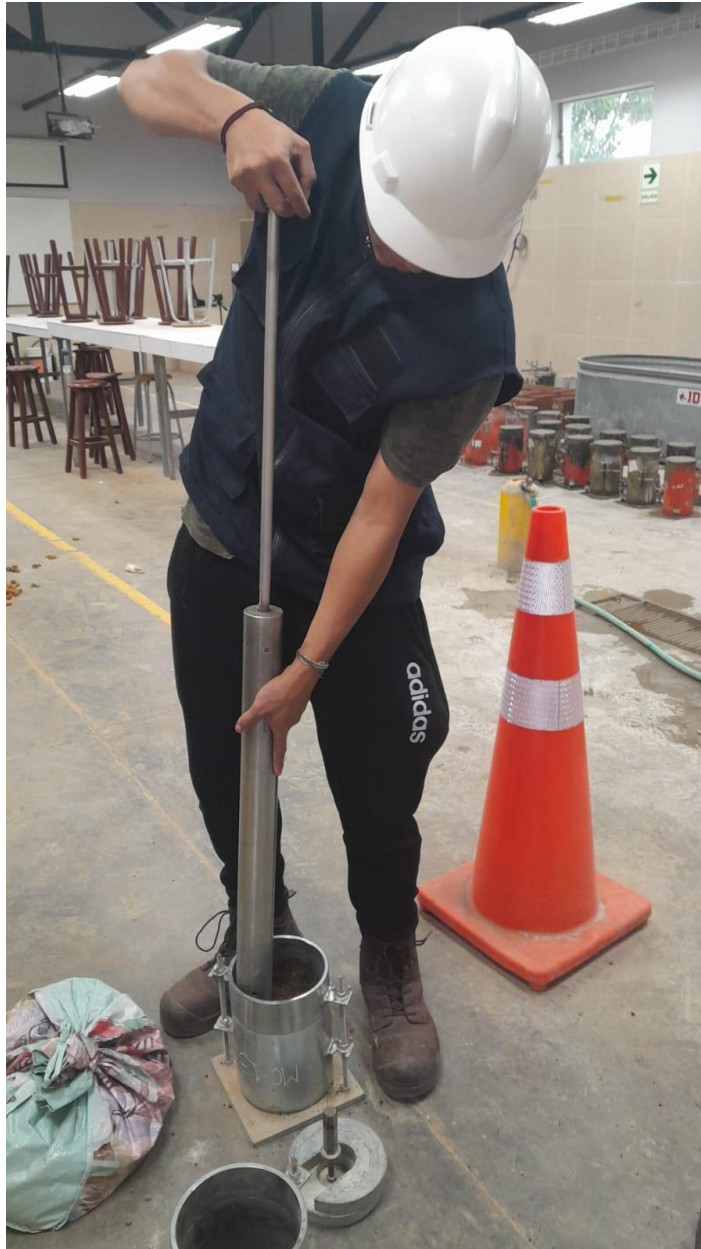
Proctor modificado.



Nota: La foto muestra la elaboración del ensayo Proctor modificado en el momento en el cual se enraza para luego pesar el molde con material húmedo.

ANEXO N°12.

Ensayo CBR.



Nota: La siguiente foto muestra la compactación por capa de material sin mejoramiento del ensayo CBR.

ANEXO N°13.

Ensayo EADES & GRIM.



Nota: La siguiente foto muestra la toma de valores de pH para suelos sin óxido de calcio y luego con adición de óxido de calcio en sus diferentes porcentajes (5%, 8%, 12%).

ANEXO N°14.

Ensayo límites de plasticidad con óxido de calcio.



Nota: La siguiente foto muestra la realización de ensayos de plasticidad aplicando diferentes porcentajes de cal (5%, 8%, 12%).

ANEXO N°15.

Ensayo Proctor modificado añadiendo óxido de calcio.



Nota: La foto muestra la mezcla realizada de suelo natural con óxido de calcio en sus diferentes porcentajes para la elaboración del ensayo Proctor modificado.

ANEXO N°16.

Ensayo CBR añadiendo óxido de calcio.



Nota: La foto muestra la compactación de material natural con óxido de calcio en sus diferentes porcentajes para la elaboración del ensayo CBR.

ANEXO N°17.

Pesado de muestras.



Nota: La foto muestra el pesado de muestras para ensayos de CBR.

ANEXO N°18.

Ensayo de carga-penetración.



Nota: La presente foto muestra la exposición del suelo compactado a la máquina de penetración para ver la resistencia luego de adicionar óxido de calcio para su mejoramiento.

ANEXO N°19.

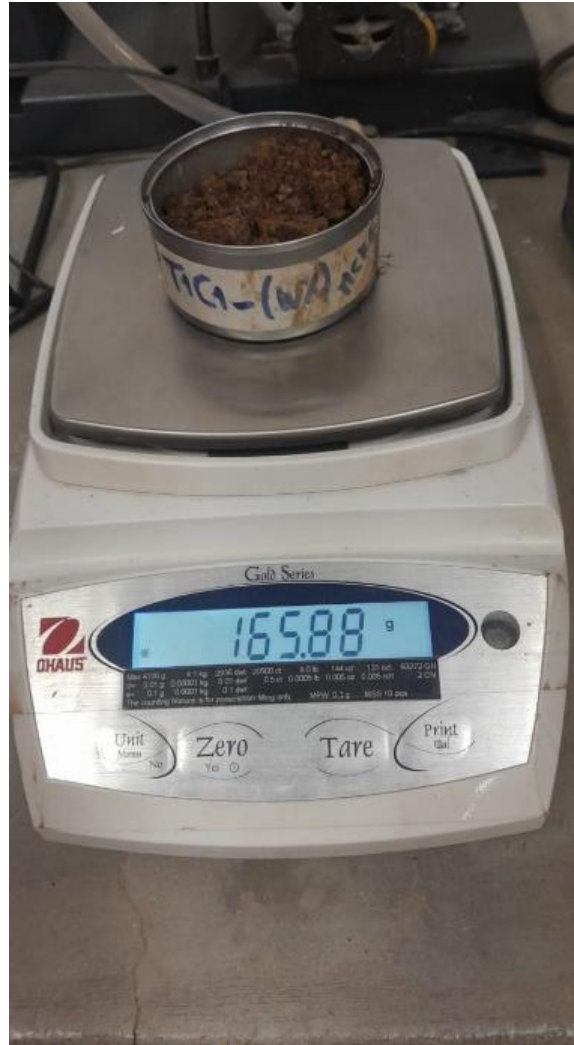
Elaboración de rotura de probetas en máquina de penetración.



Nota: La presente foto muestra la elaboración de ensayos de penetración bajo la supervisión de nuestro asesor Mario Carranza Liza y el encargado de laboratorio Jorge Hoyos Martínez.

ANEXO N°20.

Evidencia de peso de contenido de humedad calicata 1.



Nota: La presente foto muestra el peso del recipiente más la muestra húmeda.

ANEXO N°21.

Evidencia de peso de granulometría calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso inicial para realizar la granulometría por lavado de la calicata 2.

ANEXO N°22.

Evidencia de peso de limite liquido calicata 1



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda calicata 1.

ANEXO N°23.

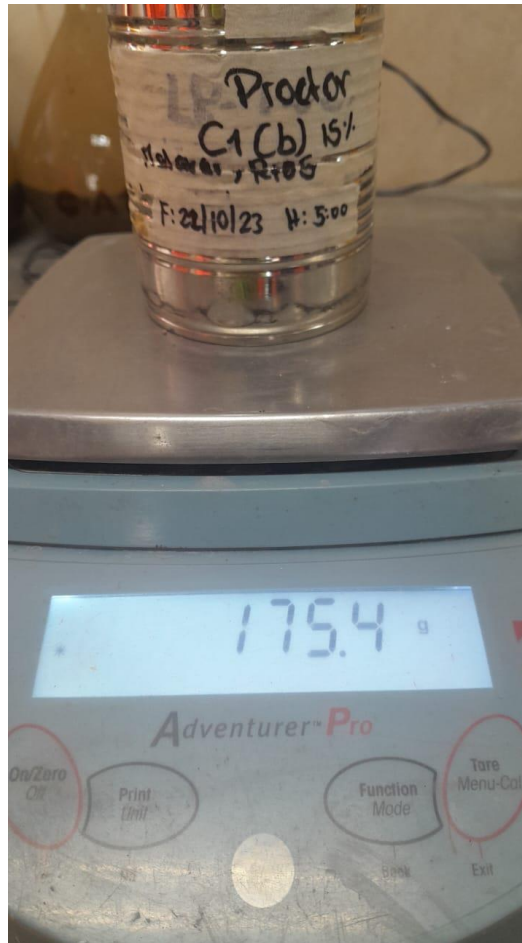
Evidencia de peso de limite liquido calicata 2



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca calicata 2.

ANEXO N°24.

Evidencia de peso de Proctor calicata 1.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda con 15% de agua parte b calicata 1.

ANEXO N°25.

Evidencia de peso de molde para Proctor.



Nota: La presente foto muestra el peso del molde para realizar el ensayo de Proctor.

ANEXO N°26.

Evidencia de peso de molde para CBR.



Nota: La presente foto muestra el peso del molde para realizar el ensayo de CBR.

ANEXO N°27.

Evidencia de peso de muestra calicata 3.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda para saber el porcentaje de humedad esta es de la parte b calicata 3.

ANEXO N°28.

Evidencia de peso de muestra calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca de limite liquido con mejoramiento de óxido de calcio al 8% en calicata 2.

ANEXO N°29.

Evidencia de peso de muestra calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda de limite liquido con mejoramiento de óxido de calcio al 12% en calicata 2.

ANEXO N°30.

Evidencia de peso de muestra calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca del Proctor con mejoramiento de óxido de calcio al 5% en calicata 2.

ANEXO N°31.

Evidencia de peso de muestra calicata 3.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca del Proctor con mejoramiento de óxido de calcio al 12% en calicata 3.

ANEXO N°32.

Evidencia de peso de muestra calicata 2



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda para determinar el contenido de humedad del mejoramiento de óxido de calcio al 12% en calicata 2.

ANEXO N°33.

Evidencia de peso de muestra calicata 3.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda para determinar el contenido de humedad del mejoramiento de óxido de calcio al 8% en calicata 3.

ANEXO N°34.

Protocolo de contenido de humedad.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
|---|--|---------------------------|---|---|--|
| PROTOCOLO | | | | | |
| ENSAYO: | CONTENIDO DE HUMEDAD | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC: | |
| NORMA: | MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127 | | | | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | |
| CALICATA: | 1, 2, 3 | TIPO DE MATERIAL: | C1, limo arenoso; C2 y C3, arcilloso de plasticidad media | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | C1, marrón claro(amarillento); C2 YC3, marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 20 de Abril del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 20 de Abril del 2023 | REVISADO POR: | | | |



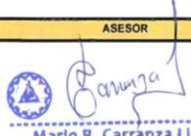


| | |
|--|-----------------------------------|
| Temperatura de secado 110 °C | Método Horno 110 ± 5 °C |
|--|-----------------------------------|

$$w\% = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} \times 100$$

| CONTENIDO DE HUMEDAD (C1) | | | | | |
|-----------------------------|---|-----|---------------|-----------|-----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | identificación de recipiente o tara | gr | T1C1 | T2C1 | T3C1 |
| B | peso de recipiente | gr | 27.53 | 38.38 | 39.77 |
| C | recipiente + suelo húmedo | gr | 165.88 | 289.5 | 286.57 |
| D | recipiente + suelo seco | gr | 149.3 | 257.8 | 251.7 |
| E | peso del material húmedo (W _{mh}) C-B | gr | 138.350 | 251.120 | 246.800 |
| F | peso suelo seco (W _s) D-B | gr | 121.77 | 219.42 | 211.93 |
| W% | porcentaje de humedad (E-F/F)*100 | % | 13.615833 | 14.447179 | 16.453546 |
| G | promedio porcentaje humedad | % | 14.839 | | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD (C2) | | | | | |
|-----------------------------|---|-----|---------------|---------|---------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | identificación de recipiente o tara | gr | T1C2 | T2C2 | T3C2 |
| B | peso de recipiente | gr | 38.360 | 35.090 | 35.110 |
| C | recipiente + suelo húmedo | gr | 291.320 | 332.130 | 312.280 |
| D | recipiente + suelo seco | gr | 240.440 | 270.130 | 256.320 |
| E | peso del material húmedo (W _{mh}) C-B | gr | 252.960 | 297.040 | 277.170 |
| F | peso suelo seco (W _s) D-B | gr | 202.080 | 235.040 | 221.210 |
| W% | porcentaje de humedad (E-F/F)*100 | % | 25.178 | 26.378 | 25.297 |
| G | promedio porcentaje humedad | % | 25.618 | | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD (C3) | | | | | |
|-----------------------------|---|-----|---------------|---------|---------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | identificación de recipiente o tara | gr | T1C3 | T2C3 | T3C3 |
| B | peso de recipiente | gr | 35.140 | 35.260 | 35.750 |
| C | recipiente + suelo húmedo | gr | 335.610 | 372.300 | 366.770 |
| D | recipiente + suelo seco | gr | 268.000 | 298.360 | 295.100 |
| E | peso del material húmedo (W _{mh}) C-B | gr | 300.470 | 337.040 | 331.020 |
| F | peso suelo seco (W _s) D-B | gr | 232.860 | 263.100 | 259.350 |
| W% | porcentaje de humedad (E-F/F)*100 | % | 29.035 | 28.103 | 27.634 |
| G | promedio porcentaje humedad | % | 28.257 | | |

| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | |  Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 65922 |
|  | | |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°35.

Protocolo de granulometría por lavado C1.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | |
| | ENSAYO: | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGT-LS-UPNC: |
| | NORMA: | ASTM D421 | | | |
| | TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | |
| CALICATA: | 1 | TIPO DE MATERIAL: | Limo arenoso | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón claro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 23 de Abril del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 23 de Abril del 2023 | REVISADO POR: | | | |

| | |
|--|--------|
| Muestra lavada húmeda + tara (Wh + t) | 460.75 |
| Muestra seca + tara (Ws + Wt) | 311.43 |
| Peso de tara (Wt) | 34.24 |
| Muestra seca luego del lavado (Ws) | 277.19 |
| peso perdido luego del lavado (Ws* - Ws) | 222.81 |
| % de peso perdido pasante malla 200 | 44.562 |

| | |
|----------------------------|--------|
| Peso muestra seca, Ws*(gr) | 500.00 |
|----------------------------|--------|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO | | | | | |
|--|---------------|--------------------|---------------|--------|------------|
| Malla | Abertura (mm) | Peso retenido (gr) | %RP | %RA | % que pasa |
| N° 4 | 4.76 | 17.98 | 3.60 | 3.60 | 96.40 |
| N° 10 | 2.00 | 29.31 | 5.86 | 9.46 | 90.54 |
| N° 20 | 0.84 | 37.04 | 7.41 | 16.87 | 83.13 |
| N° 30 | 0.59 | 18.99 | 3.80 | 20.66 | 79.34 |
| N° 40 | 0.42 | 21.41 | 4.28 | 24.95 | 75.05 |
| N° 60 | 0.25 | 45.07 | 9.01 | 33.96 | 66.04 |
| N° 100 | 0.15 | 54.03 | 10.81 | 44.77 | 55.23 |
| N° 200 | 0.074 | 53.36 | 10.67 | 55.44 | 44.56 |
| Pérdida Lavado | | 222.81 | 44.56 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | |

Curva granulométrica

| Diámetro de partículas (mm) | Porcentaje que pasa (%) |
|-----------------------------|-------------------------|
| 0.075 | 44.56 |
| 0.15 | 55.23 |
| 0.3 | 66.04 |
| 0.6 | 75.05 |
| 1.2 | 79.34 |
| 2.5 | 83.13 |
| 5.0 | 90.54 |
| 10.0 | 96.40 |

| OBSERVACIONES: | | |
|--|-------------------------------------|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°36.

Protocolo de granulometría por lavado C2.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
|---|--|--------------------|--|---|--|
| PROTOCOLO | | | | | |
| ENSAYO: | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGTL-LS-UPNC: | |
| NORMA: | ASTM D421 | | | | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media | | |
| UBICACION: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 23 de Abril del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 23 de Abril del 2023 | REVISADO POR: | | | |

| | |
|--|--------|
| Muestra lavada húmeda +tara (Wh + t) | 506.58 |
| Muestra seca + tara (Ws +Wt) | 260.05 |
| Peso de tara (Wt) | 36.24 |
| Muestra seca luego del lavado (Ws) | 223.81 |
| peso perdido luego del lavado (Ws* - Ws) | 276.19 |
| % de peso perdido pasante malla 200 | 55.238 |

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO | | | | | |
|--|---------------|--------------------|---------------|--------|------------|
| Malla | Abertura (mm) | Peso retenido (gr) | %RP | %RA | % que pasa |
| N° 4 | 4.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N° 10 | 2.00 | 16.82 | 3.36 | 3.36 | 96.64 |
| N° 20 | 0.84 | 19.13 | 3.83 | 7.19 | 92.81 |
| N° 30 | 0.59 | 14.64 | 2.93 | 10.12 | 89.88 |
| N° 40 | 0.42 | 20.06 | 4.01 | 14.13 | 85.87 |
| N° 60 | 0.25 | 55.87 | 11.17 | 25.30 | 74.70 |
| N° 100 | 0.15 | 49.53 | 9.91 | 35.21 | 64.79 |
| N° 200 | 0.074 | 47.76 | 9.55 | 44.76 | 55.24 |
| Pérdida | Lavado | 276.19 | 55.24 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | |

Curva granulométrica

| Diámetro de partículas (mm) | Porcentaje que pasa (%) |
|-----------------------------|-------------------------|
| 0.074 | 55.24 |
| 0.15 | 64.79 |
| 0.25 | 74.70 |
| 0.42 | 85.87 |
| 0.59 | 89.88 |
| 0.84 | 92.81 |
| 2.00 | 96.64 |
| 4.76 | 100.00 |

| OBSERVACIONES: | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| | | |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN | NOMBRE: JORGEL. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°37.

Protocolo de granulometría por lavado C3.

| | | | | | |
|--------------------|--|--|--|-----------------------|-------|
| | LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | |
| | PROTOCOLO | | | | |
| | ENSAYO: | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | AGTL: |
| | NORMA: | ASTM D421 | | LS-UPNC: | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | |
| CALICATA: | 3 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 23 de Abril del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 23 de Abril del 2023 | REVISADO POR: | | | |

| | |
|--|--------|
| Muestra lavada húmeda + tara (Wh + t) | 440.1 |
| Muestra seca + tara (Ws +Wt) | 228.15 |
| Peso de tara (Wt) | 33.42 |
| Muestra seca luego del lavado (Ws) | 194.73 |
| peso perdido luego del lavado (Ws* - Ws) | 305.27 |
| % de peso perdido pasante malla 200 | 61.054 |

| | |
|----------------------------|--------|
| Peso muestra seca, Ws*(gr) | 500.00 |
|----------------------------|--------|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO | | | | | |
|--|---------------|--------------------|---------------|--------|------------|
| Malla | Abertura (mm) | Peso retenido (gr) | %RP | %RA | % que pasa |
| N° 4 | 4.76 | 1.45 | 0.29 | 0.29 | 99.71 |
| N° 10 | 2.00 | 12.33 | 2.47 | 2.76 | 97.24 |
| N° 20 | 0.84 | 16.85 | 3.37 | 6.13 | 93.87 |
| N° 30 | 0.59 | 13.62 | 2.72 | 8.85 | 91.15 |
| N° 40 | 0.42 | 19.26 | 3.85 | 12.70 | 87.30 |
| N° 60 | 0.25 | 40.97 | 8.19 | 20.90 | 79.10 |
| N° 100 | 0.15 | 45.44 | 9.09 | 29.98 | 70.02 |
| N° 200 | 0.074 | 44.81 | 8.96 | 38.95 | 61.05 |
| Pérdida Lavado | | 305.27 | 61.05 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | |

Curva granulométrica

| | | |
|--|---|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN FECHA: | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ FECHA: | Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL C.I.P. 65922 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: |

ANEXO N°38.

Límites de plasticidad C1.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|----------------------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | LÍMITES DE PLASTICIDAD | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: LP- | |
| NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | LS-UPNC | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 1 | TIPO DE MATERIAL: | Limo arenoso |
| UBICACION: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón claro |
| FECHA DE MUESTREO: | 25 de Abril del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 25 de Abril del 2023 | REVISADO POR: | |

| DETERMINACIÓN LIMITE LIQUIDO (LL) | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1C1 | T2C1 | T3C1 | T4C1 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 44.8 | 43.7 | 43.9 | 45.9 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 42.83 | 42.21 | 42.58 | 44.59 |
| D | Peso de recipiente | gr | 35.79 | 35.23 | 35.31 | 35.95 |
| E | Peso de agua | gr | 1.97 | 1.49 | 1.32 | 1.31 |
| F | Peso suelo seco | gr | 7.04 | 6.98 | 7.27 | 8.64 |
| G | Número de golpes | N° | 15 | 24 | 29 | 32 |
| H | Contenido de humedad | % | 27.98 | 21.35 | 18.16 | 15.16 |

| DETERMINACIÓN LIMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|------|------|------|------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1C1 | T2C1 | T3C1 | T4C1 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | | | | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | | | | |
| D | Peso de recipiente | gr | | | | |
| E | Peso de agua | gr | | | | |
| F | Peso suelo seco | gr | | | | |
| G | Contenido de humedad | % | | | | |
| H | Promedio límite plástico | % | | NP | | |

Límite Líquido (C1)

| | | |
|-------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 20.66 |
| Límite Plástico: | LP = | NP |
| Índice de Plasticidad : | IP = | NP |

| OBSERVACIONES: | | |
|--|--|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: | NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS FECHA: | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: |

ANEXO N°39.

Límites de plasticidad C2.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|---------------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | LÍMITES DE PLASTICIDAD | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | LP- |
| NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | LS-UPNC: | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 25 de Abril del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 25 de Abril del 2023 | REVISADO POR: | |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1C2 | T2C2 | T3C2 | T4C2 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 42.2 | 47.9 | 47.75 | 45.98 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 40.71 | 45.03 | 44.99 | 43.49 |
| D | Peso de recipiente | gr | 37.55 | 38.92 | 38.97 | 37.9 |
| E | Peso de agua | gr | 1.49 | 2.87 | 2.76 | 2.49 |
| F | Peso suelo seco | gr | 3.16 | 6.11 | 6.02 | 5.59 |
| G | Número de golpes | N° | 18 | 21 | 27 | 34 |
| H | Contenido de humedad | % | 47.15 | 46.97 | 45.85 | 44.54 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1C2 | T2C2 | T3C2 | T4C2 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 42.09 | 42.26 | 43.17 | 45.83 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 41.36 | 41.37 | 42.4 | 44.39 |
| D | Peso de recipiente | gr | 38.35 | 37.63 | 39.13 | 38.19 |
| E | Peso de agua | gr | 0.73 | 0.89 | 0.77 | 1.44 |
| F | Peso suelo seco | gr | 3.01 | 3.74 | 3.27 | 6.2 |
| G | Contenido de humedad | % | 24.25 | 23.80 | 23.55 | 23.23 |
| H | Promedio límite plástico | % | 23.71 | | | |

Límite Líquido (C2)

Contenido de humedad (W%) vs N° de golpes

Ecuación: $y = -0.1483x + 49.757$

| | | |
|-------------------------|------|-------|
| Limite Líquido: | LL = | 46.05 |
| Limite Plástico: | LP = | 23.71 |
| Indice de Plasticidad : | IP = | 22.34 |

| OBSERVACIONES: | | |
|----------------------------------|------------------------------------|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| | | |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | | Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 65922 |
| | | |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°40.

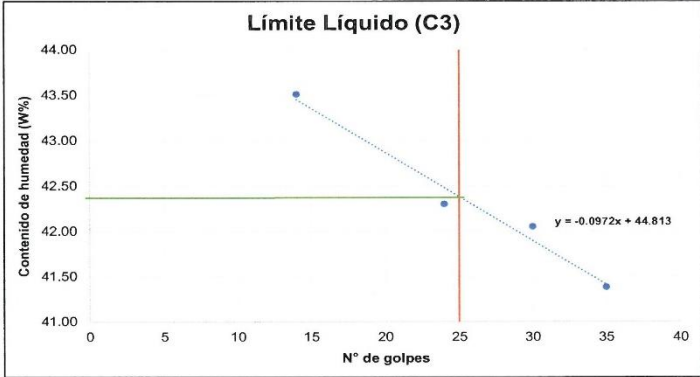
Límites de plasticidad C3.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-----------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | LIMITES DE PLASTICIDAD | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | LP-LS- |
| NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | UPNC: | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 3 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 27 de Abril del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Rios Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 27 de Abril del 2023 | REVISADO POR: | |


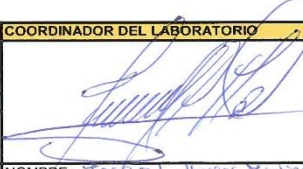
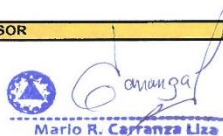

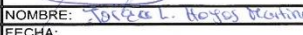
| DETERMINACIÓN LIMITE LIQUIDO (LL) | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1C3 | T2C3 | T3C3 | T4C3 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 52.3 | 48.6 | 48.2 | 52.2 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 47.07 | 44.78 | 44.47 | 47.21 |
| D | Peso de recipiente | gr | 35.05 | 35.75 | 35.6 | 35.15 |
| E | Peso de agua | gr | 5.23 | 3.82 | 3.73 | 4.99 |
| F | Peso suelo seco | gr | 12.02 | 9.03 | 8.87 | 12.06 |
| G | Número de golpes | N° | 14 | 24 | 30 | 35 |
| H | Contenido de humedad | % | 43.51 | 42.30 | 42.05 | 41.38 |

| DETERMINACIÓN LIMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|--|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1C3 | T2C3 | T3C3 | T4C3 | |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 39.69 | 45.75 | 45.74 | 46.96 | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 38.87 | 44.42 | 44.36 | 45.44 | |
| D | Peso de recipiente | gr | 35.32 | 38.63 | 38.44 | 38.88 | |
| E | Peso de agua | gr | 0.82 | 1.33 | 1.38 | 1.52 | |
| F | Peso suelo seco | gr | 3.55 | 5.79 | 5.92 | 6.56 | |
| G | Contenido de humedad | % | 23.10 | 22.97 | 23.31 | 23.17 | |
| H | Promedio limite plástico | % | 23.14 | | | | |

Límite Líquido (C3)



| | | |
|------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 42.38 |
| Límite Plástico: | LP = | 23.14 |
| Índice de Plasticidad: | IP = | 19.25 |

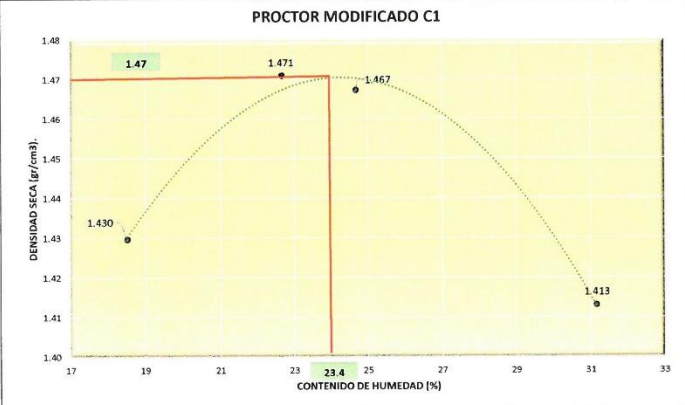
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|--|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
|  NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN |  |  Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL C.I.B. 88892 |
|  NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | | |
| FECHA: | NOMBRE:  FECHA: | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: |

ANEXO N°41.

Proctor modificado C1.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--------------------|--|--|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | | |
| NORMA: | | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141 | | | | UPNC: CPM-LS | | | |
| PROYECTO: | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | |
| CALICATA: | | I | | TIPO DE MATERIAL: | | Limo arenoso | | | |
| UBICACIÓN: | | El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: | | Marrón claro | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | | 29 de Abril del 2023 | | RESPONSABLE: | | Karla Malaver Cerdan, Yan Poll Ríos Cabanillas | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | | 29 de Abril del 2023 | | REVISADO POR: | | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 2 (11%) | | 3 (13%) | | 5 (15%) | | 6 (17%) | |
| A | Peso Molde | gr | 3953.0 | | 3953.0 | | 3940.0 | | 3940.0 | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5500.0 | | 5600.0 | | 5620.0 | | 5642 | |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1547.0 | | 1647.0 | | 1680.0 | | 1702.0 | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 913.0 | | 913.0 | | 918.3 | | 918.34 | |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.7 | | 1.804 | | 1.829 | | 1.853 | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 35.55 | 38.7 | 38.76 | 36.02 | 36.74 | 37.8 | 37.86 | 36.92 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 173.58 | 219.98 | 121.47 | 174.95 | 130.43 | 175.4 | 191.84 | 162.28 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 152.5 | 191 | 106.28 | 149.15 | 111.99 | 148 | 155.88 | 132 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 21.08 | 28.98 | 15.19 | 25.8 | 18.44 | 27.4 | 35.96 | 30.28 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 116.95 | 152.3 | 67.52 | 113.13 | 75.25 | 110.2 | 118.02 | 95.08 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W _p =(K/L)*100) | % | 18.0248 | 19.02823 | 22.49704 | 22.80562 | 24.50498 | 24.88388 | 30.46041 | 31.84687 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 18.53 | | 22.65 | | 24.68 | | 31.16 | |
| O | Densidad Seca Máxima; D _s | gr/cm ³ | 1.430 | | 1.471 | | 1.467 | | 1.413 | |


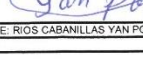

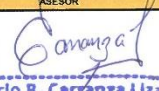



PROCTOR MODIFICADO C1

DENSIDAD SECA (gr/cm³) vs CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 23.4

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.470

| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA  NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: |  NOMBRE: ROYAL ROMERO FECHA: |   NOMBRE: ING. MARIO R. CABRANZA LIZA INGENIERO CIVIL FECHA: 07/05/23 |

ANEXO N°42.

Proctor modificado C2.

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | | |
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: OPM-LS | | | | | | | |
| NORMA: MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141 | | | | UPN/C: | | | | | | | |
| PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | | | | |
| CALICATA: 2 | | TIPO DE MATERIAL: Arcilloso | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: Marrón oscuro | | | | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: 02 de Mayo del 2023 | | RESPONSABLE: Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | | | | | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: 02 de Mayo del 2023 | | REVISADO POR: | | | | | | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (9%) | | 2 (11%) | | 3 (13%) | | 5 (15%) | | 6 (17%) | |
| A | Peso Molde | gr | 3953.0 | | 3953.0 | | 3953.0 | | 3940.0 | | 3940.0 | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5720 | | 5820 | | 5870 | | 5900 | | 5880 | |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1767.0 | | 1867.0 | | 1917 | | 1960.0 | | 1940.0 | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 912.95 | | 912.95 | | 912.95 | | 918.34 | | 918.34 | |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.935 | | 2.045 | | 2.100 | | 2.134 | | 2.113 | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 38.48 | 38.71 | 36.37 | 36.98 | 41.65 | 36.48 | 35.6 | 38.8 | 38.8 | 36.1 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 112.48 | 138.8 | 111.53 | 138.6 | 117 | 179.8 | 158.8 | 181.1 | 180.8 | 234.7 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 98.87 | 121.25 | 96.9 | 118.9 | 101.8 | 150.44 | 131.01 | 147.75 | 146.25 | 185.68 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 13.61 | 17.6 | 14.63 | 19.7 | 15.4 | 29.36 | 27.79 | 33.35 | 34.55 | 49.02 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 60.39 | 82.54 | 60.53 | 81.92 | 59.95 | 113.96 | 95.41 | 108.95 | 107.45 | 149.58 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W%= (KL)*100) | % | 22.53684 | 21.27453 | 24.16983 | 24.04785 | 25.68807 | 25.76343 | 29.12693 | 30.61037 | 32.15449 | 32.77176 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 21.91 | | 24.11 | | 25.73 | | 29.87 | | 32.46 | |
| O | Densidad Seca Máxima, Ds | gr/cm ³ | 1.588 | | 1.648 | | 1.670 | | 1.670 | | 1.595 | |

PROCTOR MODIFICADO C2

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 27.100

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.672

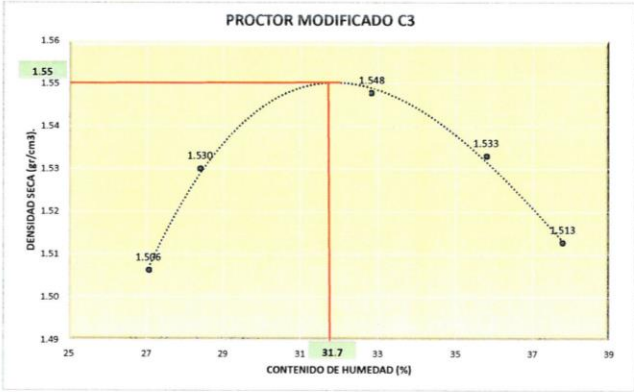
| | | |
|---|---|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

Proctor modificado C3.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | | |
| NORMA: | | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141 | | | | | | LPNC: CPM-LS | | | |
| PROYECTO: | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | | |
| CALICATA: | 3 | | | TIPO DE MATERIAL: | | | | Arcilloso | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | | Marrón oscuro | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 02 de Mayo del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 02 de Mayo del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--------------------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (9%) | | 2 (11%) | | 3 (13%) | | 4 (15%) | | 5 (17%) | |
| A | Peso Molde | gr | 3953.0 | | 3953.0 | | 3953.0 | | 3940.0 | | 3941.0 | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5700 | | 5810 | | 5830 | | 5876 | | 5855 | |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1747.0 | | 1857.0 | | 1877.0 | | 1936.0 | | 1914.0 | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 912.95 | | 912.95 | | 912.95 | | 918.34 | | 918.34 | |
| F | Densidad húmeda: (D _h =C/D) | gr/cm ³ | 1.914 | | 2.034 | | 2.056 | | 2.108 | | 2.084 | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 38.48 | 38.71 | 36.37 | 36.98 | 41.65 | 36.48 | 40.33 | 35.78 | 36.67 | 35.53 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 107.9 | 155.70 | 134.4 | 116.9 | 181.41 | 222.64 | 184.33 | 180.48 | 184.02 | 240.13 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 93 | 131 | 113 | 99 | 147.48 | 175.81 | 147.13 | 141.6 | 143.79 | 183.78 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 14.9 | 24.7 | 21.4 | 17.9 | 33.93 | 46.83 | 37.2 | 38.88 | 40.23 | 56.35 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 54.52 | 92.29 | 76.63 | 62.02 | 105.83 | 139.33 | 106.8 | 105.82 | 107.12 | 148.25 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W _p =(K _L)*100) | % | 27.32942 | 26.76346 | 27.9264 | 28.86166 | 32.06085 | 33.61085 | 34.83146 | 36.74164 | 37.55601 | 38.01012 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 27.05 | | 28.39 | | 32.84 | | 35.79 | | 37.78 | |
| O | Densidad Seca Máxima; D _s | gr/cm ³ | 1.506 | | 1.530 | | 1.548 | | 1.533 | | 1.513 | |

PROCTOR MODIFICADO C3



ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
31.700

MÁXIMA DENSIDAD SECA; D_s
1.550

| | | |
|---------------------------------------|----------------------------|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> |
| NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | | Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 85927 |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: <i>[Signature]</i> | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°44.

Ensayo CBR CI

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | |
| | ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC | | | |
| | NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | | | | |
| | PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | |
| CALICATA: | 1 | | TIPO DE MATERIAL: | | | | Limo arenoso | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: | | | | Marrón claro | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 08 de Mayo del 2023 | | RESPONSABLE: | | | | Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 08 de Mayo del 2023 | | REVISADO POR: | | | | | | | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | | | | |
| N° Golpes | | 5 | | 5 | | 5 | | | | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | 27 | | 56 | | | | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. | | | |
| Peso Molde | gr | 7216 | 7216 | 8020 | 8020 | 7975 | 7975 | | | |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 9823 | 10500 | 10929 | 11700 | 10837 | 11810 | | | |
| Peso Muestra húmeda | gr | 2607 | 3284 | 2909 | 3680 | 2862 | 3835 | | | |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 1399.6 | 1443.2 | 1548.5 | 1572.4 | 1548.5 | 1564.9 | | | |
| Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.86 | 2.28 | 1.88 | 2.34 | 1.85 | 2.45 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C |
| Peso Recipiente | gr | 39.10 | 39.40 | 39.60 | 35.40 | 34.80 | 34.79 | 36.70 | 38.80 | 39.01 |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 113.80 | 144.40 | 199.05 | 120.20 | 140.20 | 152.03 | 148.81 | 125.86 | 150.04 |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 94.90 | 120.00 | 151.03 | 100.30 | 116.90 | 120.50 | 119.20 | 118.20 | 118.82 |
| Peso del Agua | gr | 18.90 | 24.40 | 48.02 | 19.90 | 23.30 | 31.53 | 29.61 | 7.66 | 31.22 |
| Peso Muestra Seca | gr | 55.80 | 80.60 | 111.43 | 64.90 | 82.10 | 85.71 | 80.50 | 79.40 | 79.81 |
| Contenido de Humedad ; W% | % | 32.07 | | 43.09 | 29.52 | | 36.79 | | 23.21 | |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 37.58 | | | 33.15 | | | 31.17 | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.410 | | 1.450 | | 1.500 | | | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | |
| Horas | Días | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24.00 | 1.00 | 1.103 | 1.103 | 1.05 | 0.94 | 0.94 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.72 |
| 48.00 | 2.00 | 1.82 | 1.82 | 1.74 | 1.23 | 1.23 | 1.08 | 0.91 | 0.91 | 0.80 |
| 72.00 | 3.00 | 2.65 | 2.65 | 2.53 | 1.57 | 1.57 | 1.38 | 1.04 | 1.04 | 0.92 |
| 96.00 | 4.00 | 3.164 | 3.164 | 3.02 | 1.738 | 1.738 | 1.52 | 1.192 | 1.192 | 1.05 |

| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°45.



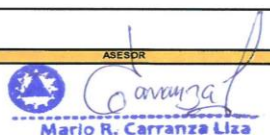
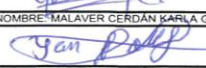
Ensayo CBR C2

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | |
|---|--|--------------------|--|--|--|-----------------------|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | LS-UPNC | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 08 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 08 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | | | | | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | |
| N° Golpes | | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | 27 | | 56 | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. |
| Peso Molde | gr | 7967 | 7967 | 8200 | 8200 | 8060 | 8060 |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 10793 | 11700 | 11393 | 12548 | 11475 | 12656 |
| Peso Muestra húmeda | gr | 2826 | 3733 | 3193 | 4348 | 3415 | 4596 |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 1400.93 | 1470.51 | 1547.09 | 1612.50 | 1549.85 | 1613.55 |
| Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 2.017 | 2.5 | 2.064 | 2.7 | 2.203 | 2.8 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C |
| Peso Recipiente | gr | 37.87 | 38.61 | 38.02 | 40.79 | 37.11 | 38.23 | 36.50 | 36.50 | 36.48 |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 124.08 | 119.01 | 304.02 | 138.21 | 167.90 | 270.03 | 178.80 | 175.30 | 187.04 |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 107.80 | 101.00 | 239.39 | 112.67 | 149.67 | 210.32 | 148.00 | 143.20 | 145.70 |
| Peso del Agua | gr | 16.28 | 18.01 | 64.63 | 25.54 | 18.23 | 59.71 | 30.80 | 32.10 | 41.34 |
| Peso Muestra Seca | gr | 69.03 | 62.39 | 201.37 | 71.88 | 112.56 | 172.09 | 111.50 | 106.70 | 109.22 |
| Contenido de Humedad ; W% | % | 26.07 | | | 25.86 | | | 28.85 | | |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 29.08 | | | 30.28 | | | 33.35 | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.600 | | | 1.640 | | | 1.710 | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | |
| Horas | Dias | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24.00 | 1.00 | 4.52 | 4.52 | 4.24 | 3.975 | 3.975 | 3.40 | 2.971 | 2.971 | 2.54 |
| 48.00 | 2.00 | 4.76 | 4.76 | 4.46 | 4.4 | 4.4 | 3.76 | 3.67 | 3.67 | 3.14 |
| 72.00 | 3.00 | 5 | 5 | 4.69 | 4.685 | 4.685 | 4.01 | 4.51 | 4.51 | 3.85 |
| 96.00 | 4.00 | 5.046 | 5.046 | 4.73 | 4.744 | 4.744 | 4.06 | 4.62 | 4.62 | 3.95 |

| | | |
|--|--|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA |  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ |  NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
|  NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°46.

Ensayo CBR C3.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------|--|--|--|------------------------------|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | |
| | ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS | | | |
| | NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | UPN/C | | | |
| | PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | |
| CALICATA: | 3 | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 09 de Mayo del 2023 | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán, Yan Poli Ríos Cabanillas | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 09 de Mayo del 2023 | | REVISADO POR: | | | | | | | |


| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| N° Golpes | | 5 | | | 5 | | | 5 | | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | | 27 | | | 56 | | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. | |
| Peso Molde | gr | 7764 | 7764 | 7985 | 7985 | 7800 | 7800 | | | |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 10341 | 11120 | 10975 | 12000 | 11006 | 11423 | | | |
| Peso Muestra húmeda | gr | 2577 | 3356 | 2990 | 4015 | 3206 | 3623 | | | |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 1399.55 | 1460.77 | 1548.47 | 1651.09 | 1548.47 | 1623.95 | | | |
| Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.841 | 2.297 | 1.931 | 2.432 | 2.070 | 2.231 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C |
| Peso Recipiente | gr | 39.10 | 39.40 | 39.67 | 35.40 | 34.80 | 34.83 | 38.80 | 38.70 | 39.00 |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 154.90 | 147.10 | 152.24 | 163.40 | 179.80 | 158.05 | 174.60 | 157.20 | 129.07 |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 138.50 | 117.70 | 123.39 | 127.80 | 156.80 | 123.32 | 143.80 | 124.70 | 102.60 |
| Peso del Agua | gr | 16.40 | 29.40 | 28.85 | 35.60 | 23.00 | 34.73 | 30.80 | 32.50 | 26.47 |
| Peso Muestra Seca | gr | 99.40 | 78.30 | 83.72 | 92.40 | 122.00 | 88.49 | 105.00 | 86.00 | 63.60 |
| Contenido de Humedad; W% | % | 27.02 | | 34.46 | 28.69 | | 39.25 | 33.56 | | 41.62 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 30.74 | | | 33.97 | | | 37.59 | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.450 | | | 1.500 | | | 1.550 | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | |
| Horas | Días | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24.00 | 1.00 | 4.07 | 4.07 | 3.84 | 0.171" | 4.3434 | 3.63 | 3.29 | 3.29 | 2.79 |
| 48.00 | 2.00 | 4.27 | 4.27 | 4.03 | 0.194" | 4.9276 | 4.12 | 3.72 | 3.72 | 3.16 |
| 72.00 | 3.00 | 4.33 | 4.33 | 4.09 | 0.279" | 7.0866 | 5.92 | 4.82 | 4.82 | 4.09 |
| 96.00 | 4.00 | 4.44 | 4.44 | 4.19 | 0.293" | 7.4422 | 6.22 | 5.474 | 5.474 | 4.65 |

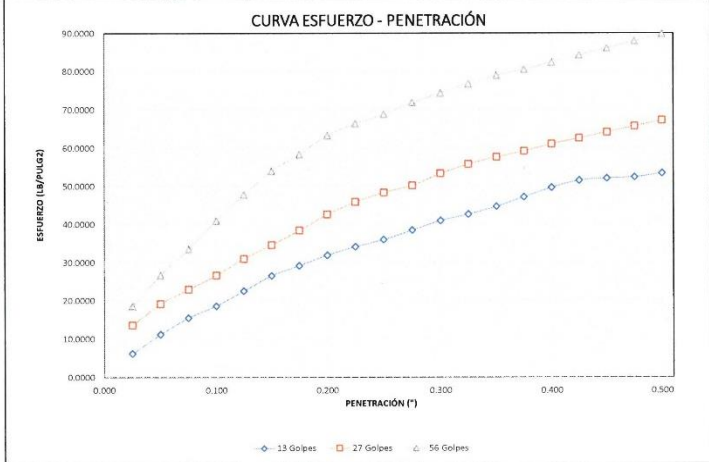
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|---------------------------------|--|--|--|------------------------------------|--|--|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | | | COORDINADOR DE LABORATORIO | | | | ASESOR | | |
| | | | | | | | | | |
| NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | | | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | | | | NOMBRE: ING MARIO R. CARRANZA LIZA | | |
| FECHA: | | | FECHA: | | | | FECHA: | | |

ANEXO N°47.

CBR CI.



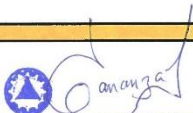

| | | | |
|---|--|------------------------------------|--|
|  | LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | |
| | PROTOCOLO | | |
| | ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM: |
| | NORMA: | MTCE 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | LS-UPNC |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 1 | TIPO DE MATERIAL: | Limo arenoso |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón claro |
| FECHA DE MUESTREO: | 11 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 11 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | |

| CARGA - PENETRACIÓN | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------------|--------------------|---------|-------------|--------------------|---------|-------------|--------------------|---------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | |
| mm | Pulg | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 25.4000 | 1.3093 | 6.1933 | 55.8800 | 2.8804 | 13.6252 | 76.2000 | 3.9278 | 18.5798 |
| 1.270 | 0.050 | 45.7200 | 2.3567 | 11.1479 | 78.7400 | 4.0588 | 19.1991 | 109.2200 | 5.6299 | 26.6310 |
| 1.905 | 0.075 | 63.5000 | 3.2732 | 15.4832 | 93.9800 | 4.8443 | 22.9151 | 137.1600 | 7.0701 | 33.4436 |
| 2.540 | 0.100 | 76.2000 | 3.9278 | 18.5798 | 109.2200 | 5.6299 | 26.6310 | 167.6400 | 8.6412 | 40.8755 |
| 3.175 | 0.125 | 92.4560 | 4.7658 | 22.5435 | 127.0000 | 6.5464 | 30.9663 | 195.5800 | 10.0814 | 47.6881 |
| 3.810 | 0.150 | 108.7120 | 5.6037 | 26.5072 | 141.7320 | 7.3058 | 34.5584 | 220.9800 | 11.3907 | 53.8814 |
| 4.445 | 0.175 | 119.3800 | 6.1536 | 29.1083 | 157.4800 | 8.1175 | 38.3982 | 238.7600 | 12.3072 | 58.2167 |
| 5.080 | 0.200 | 130.5560 | 6.7297 | 31.8334 | 174.4980 | 8.9947 | 42.5477 | 259.0800 | 13.3546 | 63.1713 |
| 5.715 | 0.225 | 139.7000 | 7.2010 | 34.0629 | 187.9600 | 9.6887 | 45.8301 | 271.7800 | 14.0093 | 66.2679 |
| 6.350 | 0.250 | 147.3200 | 7.5938 | 35.9209 | 198.1200 | 10.2124 | 48.3074 | 281.9400 | 14.5330 | 68.7452 |
| 6.985 | 0.275 | 157.4800 | 8.1175 | 38.3982 | 205.7400 | 10.6052 | 50.1654 | 294.6400 | 15.1876 | 71.8418 |
| 7.620 | 0.300 | 167.6400 | 8.6412 | 40.8755 | 218.4400 | 11.2598 | 53.2621 | 304.8000 | 15.7113 | 74.3191 |
| 8.255 | 0.325 | 174.4980 | 8.9947 | 42.5477 | 228.6000 | 11.7835 | 55.7394 | 314.9600 | 16.2351 | 76.7964 |
| 8.890 | 0.350 | 182.8800 | 9.4268 | 44.5915 | 236.2200 | 12.1763 | 57.5973 | 323.8500 | 16.6933 | 78.9641 |
| 9.525 | 0.375 | 193.0400 | 9.9505 | 47.0688 | 242.5700 | 12.6036 | 59.1456 | 330.2000 | 17.0206 | 80.5124 |
| 10.160 | 0.400 | 203.2000 | 10.4742 | 49.5461 | 250.1900 | 12.8964 | 61.0036 | 337.8200 | 17.4134 | 82.3704 |
| 10.795 | 0.425 | 210.8200 | 10.8670 | 51.4041 | 256.5400 | 13.2237 | 62.5519 | 345.4400 | 17.8062 | 84.2284 |
| 11.430 | 0.450 | 213.1060 | 10.9848 | 51.9615 | 262.8900 | 13.5510 | 64.1003 | 353.0600 | 18.1990 | 86.0863 |
| 12.065 | 0.475 | 214.3760 | 11.0503 | 52.2711 | 269.2400 | 13.8784 | 66.6486 | 360.6800 | 18.5918 | 87.9443 |
| 12.700 | 0.500 | 218.4400 | 11.2598 | 53.2621 | 275.5900 | 14.2057 | 67.1969 | 368.3000 | 18.9845 | 89.8023 |



ESFUERZO (kg/pulg²) vs PENETRACIÓN (")

Legend: 13 Golpes (blue diamonds), 27 Golpes (orange squares), 56 Golpes (grey triangles)

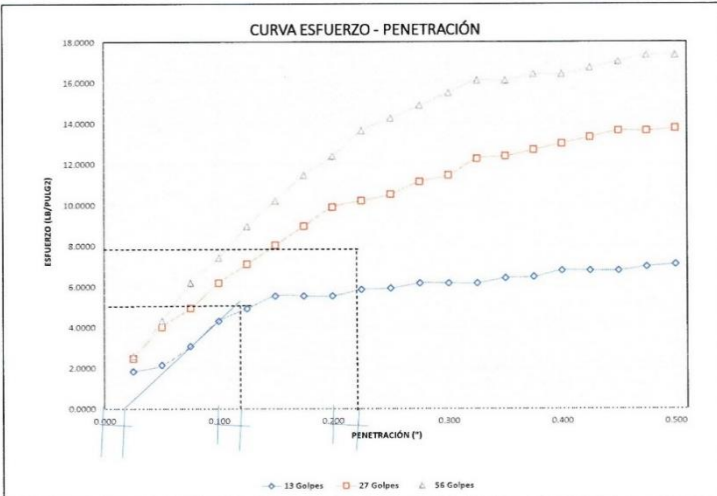
| | | |
|--|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN | COORDINADOR DE LABORATORIO  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | ASESOR   NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ FECHA: | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: |

ANEXO N°48.

CBR C2.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--------------------|--|--|--|--|--|
| PROTOKOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM. | | | |
| NORMA: | | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | LS-1/PNC: | | | |
| PROYECTO: | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | |
| CALICATA: | | 2 | | TIPO DE MATERIAL: | | Arcilloso | | | |
| UBICACIÓN: | | El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: | | Marrón oscuro | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | | 11 de Mayo del 2023 | | RESPONSABLE: | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | | 11 de Mayo del 2023 | | REVISADO POR: | | | | | |

| CARGA - PENETRACIÓN | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------------|--------------------|--------|-------------|--------------------|---------|-------------|--------------------|---------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | |
| mm | Pulg | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 7.6200 | 0.3928 | 1.8580 | 10.1600 | 0.5237 | 2.4773 | 10.6680 | 0.5499 | 2.6012 |
| 1.270 | 0.050 | 8.8900 | 0.4582 | 2.1676 | 16.5100 | 0.8510 | 4.0256 | 17.7800 | 0.9165 | 4.3353 |
| 1.905 | 0.075 | 12.7000 | 0.6546 | 3.0966 | 20.3200 | 1.0474 | 4.9546 | 25.4000 | 1.3093 | 6.1933 |
| 2.540 | 0.100 | 17.7800 | 0.9165 | 4.3353 | 25.4000 | 1.3093 | 6.1933 | 30.4800 | 1.5711 | 7.4319 |
| 3.175 | 0.125 | 20.3200 | 1.0474 | 4.9546 | 29.2100 | 1.5057 | 7.1223 | 36.8300 | 1.8985 | 8.9802 |
| 3.810 | 0.150 | 22.8600 | 1.1784 | 5.5739 | 33.0200 | 1.7021 | 8.0512 | 41.9100 | 2.1603 | 10.2189 |
| 4.445 | 0.175 | 22.8600 | 1.1784 | 5.5739 | 36.8300 | 1.8985 | 8.9802 | 46.9900 | 2.4222 | 11.4575 |
| 5.080 | 0.200 | 22.8600 | 1.1784 | 5.5739 | 40.6400 | 2.0948 | 9.9092 | 50.8000 | 2.6186 | 12.3865 |
| 5.715 | 0.225 | 24.1300 | 1.2438 | 5.8836 | 41.9100 | 2.1603 | 10.2189 | 55.8800 | 2.8804 | 13.6252 |
| 6.350 | 0.250 | 24.3840 | 1.2569 | 5.9455 | 43.1800 | 2.2258 | 10.5285 | 58.4200 | 3.0113 | 14.2445 |
| 6.985 | 0.275 | 25.4000 | 1.3093 | 6.1933 | 45.7200 | 2.3567 | 11.1479 | 60.9600 | 3.1423 | 14.8638 |
| 7.620 | 0.300 | 25.4000 | 1.3093 | 6.1933 | 46.9900 | 2.4222 | 11.4575 | 63.5000 | 3.2732 | 15.4832 |
| 8.255 | 0.325 | 25.4000 | 1.3093 | 6.1933 | 50.2920 | 2.5924 | 12.2627 | 66.0400 | 3.4041 | 16.1025 |
| 8.890 | 0.350 | 26.4160 | 1.3616 | 6.4410 | 50.8000 | 2.6186 | 12.3865 | 66.0400 | 3.4041 | 16.1025 |
| 9.525 | 0.375 | 26.6700 | 1.3747 | 6.5029 | 52.0700 | 2.6840 | 12.6962 | 67.3100 | 3.4696 | 16.4121 |
| 10.160 | 0.400 | 27.9400 | 1.4402 | 6.8126 | 53.3400 | 2.7495 | 13.0058 | 67.3100 | 3.4696 | 16.4121 |
| 10.795 | 0.425 | 27.9400 | 1.4402 | 6.8126 | 54.6100 | 2.8149 | 13.3155 | 68.5800 | 3.5351 | 16.7218 |
| 11.430 | 0.450 | 27.9400 | 1.4402 | 6.8126 | 55.8800 | 2.8804 | 13.6252 | 69.8500 | 3.6005 | 17.0315 |
| 12.065 | 0.475 | 28.7020 | 1.4795 | 6.9984 | 55.8800 | 2.8804 | 13.6252 | 71.1200 | 3.6660 | 17.3411 |
| 12.700 | 0.500 | 29.2100 | 1.5057 | 7.1223 | 56.3880 | 2.9066 | 13.7490 | 71.1200 | 3.6660 | 17.3411 |



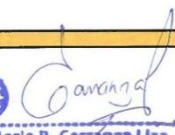


CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN

ESFUERZO (LB/PIUZZ)

PENETRACIÓN (")

○ 13 Golpes □ 27 Golpes △ 56 Golpes

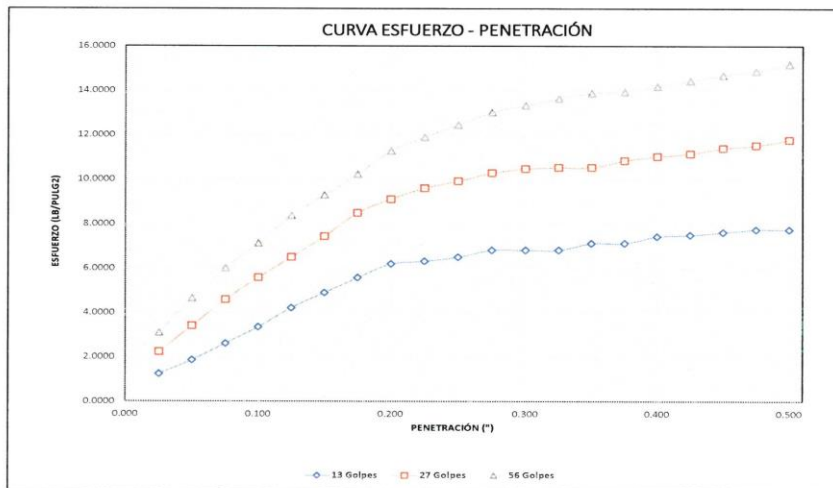
| | | |
|---|--|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | COORDINADOR DE LABORATORIO  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | ASESOR  NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ FECHA: | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: |

ANEXO N°49.

CBR C3

| | | | |
|--|--|---------------------------|--|
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | US-UPNC: |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 3 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 15 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 15 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | |

| CARGA - PENETRACIÓN | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------------|----------|--------|-------------|----------|---------|-------------|----------|---------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| mm | Pulg | Carga kg | Esfuerzo | | Carga kg | Esfuerzo | | Carga kg | Esfuerzo | |
| | | | kg/cm² | Lb/pl² | | kg/cm² | Lb/pl² | | kg/cm² | Lb/pl² |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 5.0800 | 0.2619 | 1.2386 | 9.1440 | 0.4713 | 2.2296 | 12.7000 | 0.6546 | 3.0966 |
| 1.270 | 0.050 | 7.6200 | 0.3928 | 1.8579 | 13.9700 | 0.7201 | 3.4063 | 19.0500 | 0.9820 | 4.6449 |
| 1.905 | 0.075 | 10.6680 | 0.5499 | 2.6010 | 18.7960 | 0.9689 | 4.5830 | 24.6380 | 1.2700 | 6.0075 |
| 2.540 | 0.100 | 13.7160 | 0.7070 | 3.3442 | 22.8600 | 1.1784 | 5.5739 | 29.2100 | 1.5057 | 7.1223 |
| 3.175 | 0.125 | 17.2720 | 0.8903 | 4.2112 | 26.6700 | 1.3747 | 6.5029 | 34.2900 | 1.7675 | 8.3609 |
| 3.810 | 0.150 | 20.0660 | 1.0343 | 4.8924 | 30.4800 | 1.5711 | 7.4319 | 38.1000 | 1.9639 | 9.2899 |
| 4.445 | 0.175 | 22.8600 | 1.1784 | 5.5737 | 34.7980 | 1.7937 | 8.4848 | 41.9100 | 2.1603 | 10.2189 |
| 5.080 | 0.200 | 25.4000 | 1.3093 | 6.1930 | 37.3380 | 1.9246 | 9.1041 | 46.2280 | 2.3829 | 11.2717 |
| 5.715 | 0.225 | 25.9080 | 1.3355 | 6.3168 | 39.3700 | 2.0294 | 9.5996 | 48.7680 | 2.5138 | 11.8911 |
| 6.350 | 0.250 | 26.6700 | 1.3747 | 6.5026 | 40.6400 | 2.0948 | 9.9092 | 51.0540 | 2.6316 | 12.4485 |
| 6.985 | 0.275 | 27.9400 | 1.4402 | 6.8123 | 42.1640 | 2.1734 | 10.2808 | 53.3400 | 2.7495 | 13.0058 |
| 7.620 | 0.300 | 27.9400 | 1.4402 | 6.8123 | 42.9260 | 2.2127 | 10.4666 | 54.6100 | 2.8149 | 13.3155 |
| 8.255 | 0.325 | 27.9400 | 1.4402 | 6.8123 | 43.1800 | 2.2258 | 10.5285 | 55.8800 | 2.8804 | 13.6252 |
| 8.890 | 0.350 | 29.2100 | 1.5057 | 7.1219 | 43.1800 | 2.2258 | 10.5285 | 56.8960 | 2.9328 | 13.8729 |
| 9.525 | 0.375 | 29.2100 | 1.5057 | 7.1219 | 44.4500 | 2.2912 | 10.8382 | 57.1500 | 2.9459 | 13.9348 |
| 10.160 | 0.400 | 30.4800 | 1.5711 | 7.4315 | 45.2120 | 2.3305 | 11.0240 | 58.1660 | 2.9982 | 14.1826 |
| 10.795 | 0.425 | 30.7340 | 1.5842 | 7.4935 | 45.7200 | 2.3567 | 11.1479 | 59.1820 | 3.0506 | 14.4303 |
| 11.430 | 0.450 | 31.2420 | 1.6104 | 7.6173 | 46.7360 | 2.4091 | 11.3956 | 60.1980 | 3.1030 | 14.6780 |
| 12.065 | 0.475 | 31.7500 | 1.6366 | 7.7412 | 47.2440 | 2.4353 | 11.5195 | 60.9600 | 3.1423 | 14.8638 |
| 12.700 | 0.500 | 31.7500 | 1.6366 | 7.7412 | 48.2600 | 2.4876 | 11.7672 | 62.2300 | 3.2077 | 15.1735 |



OBSERVACIONES:

| | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
|  | FECHA: | FECHA: |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | | |

ANEXO N°50.

Límites de plasticidad C2-5% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|---------------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | LÍMITES DE PLASTICIDAD | | |
| NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 25 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 25 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 5% | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 48.18 | 38.6 | 45.3 | 43 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 44.65 | 35.72 | 42.34 | 40.45 |
| D | Peso de recipiente | gr | 28.96 | 21.96 | 27.99 | 26.55 |
| E | Peso de agua | gr | 3.53 | 2.88 | 2.96 | 2.55 |
| F | Peso suelo seco | gr | 15.69 | 13.76 | 14.35 | 13.9 |
| G | Número de golpes | N° | 16 | 22 | 26 | 34 |
| H | Contenido de humedad | % | 22.50 | 20.93 | 20.63 | 18.35 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|----|----|----|----|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | | | | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | | | | |
| D | Peso de recipiente | gr | | | | |
| E | Peso de agua | gr | | | | |
| F | Peso suelo seco | gr | | | | |
| G | Contenido de humedad | % | | | | |
| H | Promedio límite plástico | % | | | | NP |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | | |
|-------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 20.49 |
| Límite Plástico: | LP = | NP |
| Índice de Plasticidad : | IP = | NP |

| | | |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| | | |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| | | |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°51.

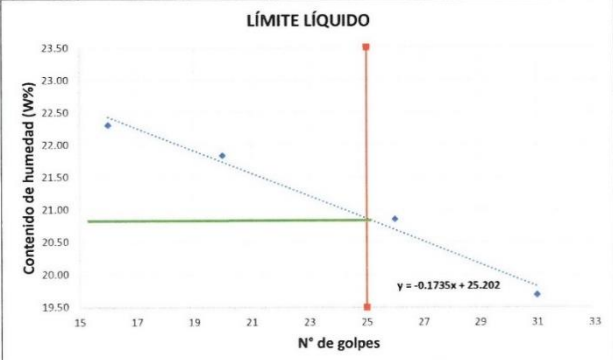
Límites de plasticidad C2-8% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|--------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | LÍMITES DE PLASTICIDAD | | |
| NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 25 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 25 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | |

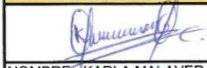
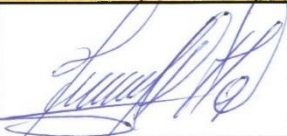

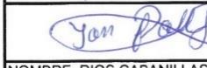
| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 8% | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 56.1 | 52 | 55.35 | 54.45 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 53 | 49.68 | 52.08 | 51.4 |
| D | Peso de recipiente | gr | 39.1 | 39.05 | 36.4 | 35.91 |
| E | Peso de agua | gr | 3.1 | 2.32 | 3.27 | 3.05 |
| F | Peso suelo seco | gr | 13.9 | 10.63 | 15.68 | 15.49 |
| G | Número de golpes | N° | 16 | 20 | 26 | 31 |
| H | Contenido de humedad | % | 22.30 | 21.83 | 20.85 | 19.69 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|----|----|----|----|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | | | | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | | | | |
| D | Peso de recipiente | gr | | | | |
| E | Peso de agua | gr | | | | |
| F | Peso suelo seco | gr | | | | |
| G | Contenido de humedad | % | | | | |
| H | Promedio límite plástico | % | NP | | | |

LÍMITE LÍQUIDO



| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | | |
|-------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 20.86 |
| Límite Plástico: | LP = | NP |
| Índice de Plasticidad : | IP = | NP |

| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | | |
|  | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°52.

Límites de plasticidad C2 – 12% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|---------------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | LIMITES DE PLASTICIDAD | | |
| NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 26 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 26 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | |


| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 12% | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 51.7 | 53.8 | 49.7 | 57.8 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 48.79 | 51.2 | 47.37 | 55.1 |
| D | Peso de recipiente | gr | 36.6 | 39.3 | 35.1 | 40.4 |
| E | Peso de agua | gr | 2.91 | 2.6 | 2.33 | 2.7 |
| F | Peso suelo seco | gr | 12.19 | 11.9 | 12.27 | 14.7 |
| G | Número de golpes | N° | 19 | 22 | 27 | 34 |
| H | Contenido de humedad | % | 23.87 | 21.85 | 18.99 | 18.37 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|----|----|----|----|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | | | | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | | | | |
| D | Peso de recipiente | gr | | | | |
| E | Peso de agua | gr | | | | |
| F | Peso suelo seco | gr | | | | |
| G | Contenido de humedad | % | | | | |
| H | Promedio límite plástico | % | | | | NP |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | | |
|-------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 20.95 |
| Límite Plástico: | LP = | NP |
| Índice de Plasticidad : | IP = | NP |

| OBSERVACIONES: | | |
|------------------------------|---------------------------------|--|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| | | Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 89872 |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | | |
| | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

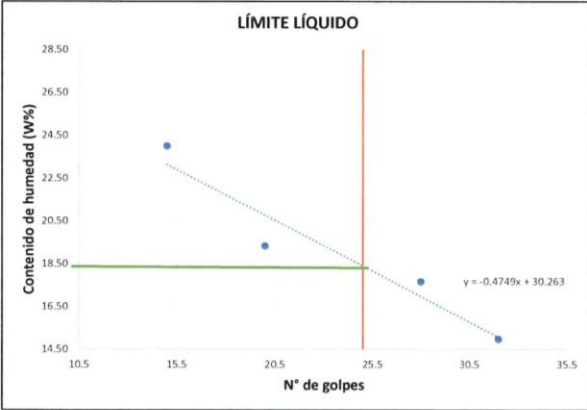
Límites de plasticidad C3-5% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | |
|---|--|------------------------------------|--|--|
|  | PROTÓCOLO | | | |
| | ENSAYO: | LÍMITES DE PLASTICIDAD | | |
| | NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | |
| CALICATA: | 3 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro | |
| FECHA DE MUESTREO: | 27 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas | |
| FECHA DE ENSAYO: | 27 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | | |

| DETERMINACIÓN LIMITE LIQUIDO (LL) 5% | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 41.4 | 32.5 | 38 | 42.9 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 39 | 30.8 | 36.5 | 40.7 |
| D | Peso de recipiente | gr | 29 | 22 | 28 | 26 |
| E | Peso de agua | gr | 2.4 | 1.7 | 1.5 | 2.2 |
| F | Peso suelo seco | gr | 10 | 8.8 | 8.5 | 14.7 |
| G | Número de golpes | N° | 15 | 20 | 28 | 32 |
| H | Contenido de humedad | % | 24.00 | 19.32 | 17.65 | 14.97 |



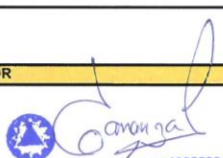

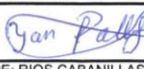
| DETERMINACIÓN LIMITE PLASTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|----|----|----|----|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | | | | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | | | | |
| D | Peso de recipiente | gr | | | | |
| E | Peso de agua | gr | | | | |
| F | Peso suelo seco | gr | | | | |
| G | Contenido de humedad | % | | | | |
| H | Promedio límite plástico | % | | | NP | |

LÍMITE LÍQUIDO



| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | | |
|-------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 18.39 |
| Límite Plástico: | LP = | NP |
| Índice de Plasticidad : | IP = | NP |

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | |  |
|  | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°54.

Límites de plasticidad C3-8% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|--|-----------------------|--------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| LÍMITES DE PLASTICIDAD | | | |
| ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | | | |
| "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | |
| CALICATA: | 3 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 27 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 27 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 8% | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 52.6 | 52.9 | 51.3 | 53.7 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 49.9 | 50.87 | 48.98 | 52 |
| D | Peso de recipiente | gr | 36 | 39.1 | 36.4 | 39.8 |
| E | Peso de agua | gr | 2.7 | 2.03 | 2.32 | 1.7 |
| F | Peso suelo seco | gr | 13.9 | 11.77 | 12.58 | 12.2 |
| G | Número de golpes | N° | 15 | 26 | 22 | 34 |
| H | Contenido de humedad | % | 19.42 | 17.25 | 18.44 | 13.93 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|----|----|----|----|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | | | | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | | | | |
| D | Peso de recipiente | gr | | | | |
| E | Peso de agua | gr | | | | |
| F | Peso suelo seco | gr | | | | |
| G | Contenido de humedad | % | | | | |
| H | Promedio límite plástico | % | | | | NP |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | | |
|-------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 17.04 |
| Límite Plástico: | LP = | NP |
| Índice de Plasticidad : | IP = | NP |

| OBSERVACIONES: | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| | | |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | | |
| | | Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 65927 |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°55.

Límites de plasticidad C3-12% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|------------------------------------|--|
| | PROTOCOLO | | |
| | ENSAYO: | LÍMITES DE PLASTICIDAD | |
| | NORMA: | ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111 | |
| TESIS: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 3 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso de plasticidad media |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 29 de Mayo del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Rios Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 29 de Mayo del 2023 | REVISADO POR: | |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 12% | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | 58.1 | 58.6 | 62.8 | 55.7 |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | 54.6 | 55.6 | 59.4 | 52.9 |
| D | Peso de recipiente | gr | 36.5 | 39.4 | 40.3 | 35 |
| E | Peso de agua | gr | 3.5 | 3 | 3.4 | 2.8 |
| F | Peso suelo seco | gr | 18.1 | 16.2 | 19.1 | 17.9 |
| G | Número de golpes | N° | 15 | 20 | 28 | 34 |
| H | Contenido de humedad | % | 19.34 | 18.52 | 17.80 | 15.64 |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|----|----|----|----|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Identificación de recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | T4 |
| B | Suelo húmedo + recipiente | gr | | | | |
| C | Suelo seco + recipiente | gr | | | | |
| D | Peso de recipiente | gr | | | | |
| E | Peso de agua | gr | | | | |
| F | Peso suelo seco | gr | | | | |
| G | Contenido de humedad | % | | | | |
| H | Promedio límite plástico | % | | | | NP |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | | |
|-------------------------|------|-------|
| Límite Líquido: | LL = | 17.69 |
| Límite Plástico: | LP = | NP |
| Índice de Plasticidad : | IP = | NP |

| OBSERVACIONES: | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DEL LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 65972 |
| NOMBRE: RIOS CABANILLAS YAN POLL | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°56.

Proctor modificado C2-5% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--------------------|--|-------------------------------|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-15- | | | |
| NORMA | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141 | | | | | UFNC: _____ | | | |
| PROYECTO | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | |
| CALICATA | 2 | | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 31 de Mayo del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 31 de Mayo del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 5% CAL | | | | | | |
|--|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (11%) | 2 (13%) | 3 (15%) | 5 (17%) |
| A | Peso Molde | gr | 3820.0 | 3820.0 | 3820.0 | 3820.0 |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5630 | 5720 | 5765 | 5756 |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1810.0 | 1900.0 | 1945.0 | 1936.0 |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 908.4 | 908.4 | 908.4 | 908.4 |
| F | Densidad húmeda, (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.993 | 2.092 | 2.141 | 2.131 |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 36.8 | 36.1 | 38.5 | 37.8 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 111.1 | 73.6 | 110.9 | 164.1 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 102.3 | 69.3 | 101 | 147.5 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 8.8 | 4.3 | 9.9 | 16.6 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 65.5 | 33.2 | 62.5 | 109.7 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100) | % | 13.43511 | 12.95181 | 15.84 | 15.13218 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 13.19 | 15.49 | 18.63014 | 19.55193 |
| O | Densidad Seca Máxima: Ds | gr/cm ³ | 1.760 | 1.811 | 1.798 | 1.766 |

PROCTOR MODIFICADO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 17.0

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.819

| | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> |
| NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | FECHA: | INGENIERO CIVIL |
| FECHA: | | |

ANEXO N°57.

Proctor modificado C2-8% óxido de calcio.

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|-------------------------------------|-------------------|--|--------------------|--|-------------------------------|--|--|--|--|
| | LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | |
| | PROTOCOLO | | | | | | | | | | |
| | ENSAYO: | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-LS- | | | | |
| | NORMA: | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141 | | | | | UPNC: _____ | | | | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | | | |
| CALICATA: | 2 | | TIPO DE MATERIAL: | | | | Arcilloso | | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | | COLOR DE MATERIAL: | | | | | | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 31 de Mayo del 2023 | | | | RESPONSABLE: | | | | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 31 de Mayo del 2023 | | | | REVISADO POR: | | | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO- 8% CAL | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (11%) | | 2 (13%) | | 3 (15%) | | 4 (17%) | |
| A | Peso Molde | gr | 4040.000 | | 4040.000 | | 4040.000 | | 4040.000 | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5864.000 | | 5940.000 | | 5985.000 | | 5960.000 | |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1824.000 | | 1900.000 | | 1945.000 | | 1920.000 | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 912.950 | | 912.950 | | 912.950 | | 912.950 | |
| F | Densidad húmeda, (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.998 | | 2.081 | | 2.130 | | 2.103 | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 37.2 | 38 | 39.5 | 36.4 | 38.4 | 35.2 | 35.5 | 35.4 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 138.3 | 167.8 | 136.1 | 143.3 | 109.1 | 154.6 | 135.4 | 161 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 127 | 153 | 124 | 130 | 98 | 137 | 119 | 141 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 11.3 | 14.8 | 12.1 | 13.3 | 11.1 | 17.6 | 16.4 | 20 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 89.8 | 115 | 84.5 | 93.6 | 59.6 | 101.8 | 83.5 | 105.6 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100) | % | 12.58352 | 12.86957 | 14.31953 | 14.2094 | 18.62416 | 17.2888 | 19.64072 | 18.93939 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 12.73 | | 14.26 | | 17.96 | | 19.29 | |
| O | Densidad Seca Máxima, D _s | gr/cm ³ | 1.772 | | 1.821 | | 1.806 | | 1.763 | |

PROCTOR MODIFICADO

Y-axis: DENSIDAD SECA (gr/cm³)

X-axis: CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

Peak values: 15.8% (W_{opt}), 1.835 (D_s)

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

15.8

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s

1.835

| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ FECHA: _____ | NOMBRE: ING. MARIO B. CABRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 90927 FECHA: _____ |

ANEXO N°58.

Proctor modificado C2-12% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|--------------------|--|-----------------------|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | CODIGO DEL DOCUMENTO: | | | |
| NORMA: | | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141 | | | | LUPNC: CPM-LS | | | |
| PROYECTO: | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | |
| CALICATA: | 2 | | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 01 de Junio del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 01 de Junio del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 12% CAL | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (11%) | | 2 (13%) | | 3 (15%) | | 4 (17%) | |
| A | Peso Molde | gr | 4040.000 | | 4040.000 | | 4040.000 | | 4040.000 | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5830.000 | | 5850.000 | | 5900.000 | | 5920.000 | |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1790.000 | | 1810.000 | | 1860.000 | | 1880.000 | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 912.950 | | 912.950 | | 912.950 | | 918.340 | |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.961 | | 1.983 | | 2.037 | | 2.047 | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 37.34 | 38.11 | 39.4 | 36.3 | 38.4 | 35.2 | 35.5 | 35.5 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 116.1 | 92.58 | 153.3 | 140.8 | 85.9 | 142.5 | 126.3 | 133 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 107 | 86 | 139 | 128 | 79 | 127 | 112 | 117 |
| K | Peso del Agua (L-J) | gr | 9.1 | 6.58 | 14.3 | 12.8 | 6.9 | 15.5 | 14.3 | 16 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 69.66 | 47.89 | 99.6 | 91.7 | 40.6 | 91.8 | 76.5 | 81.5 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100) | % | 13.06345 | 13.73982 | 14.35743 | 13.95856 | 16.99507 | 16.88453 | 18.69281 | 19.6319 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 13.40 | | 14.16 | | 16.94 | | 19.16 | |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.729 | | 1.737 | | 1.742 | | 1.718 | |

PROCTOR MODIFICADO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 15.9

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.745

| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: | COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ FECHA: | ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: |

ANEXO N°59.

Proctor modificado C3-5% óxido de calcio.

| | | | | | | |
|--------------------|--|-------------------------------------|--------------------|--|--|---------|
| | LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
| | PROTOCOLO | | | | | |
| | ENSAYO: | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | CODIGO DEL DOCUMENTO: | CPM-LS- |
| | NORMA: | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 839.141 | | | UPN/C: | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | |
| CALICATA: | 3 | | TIPO DE MATERIAL: | | Arcilloso | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: | | Marrón oscuro | |
| FECHA DE MUESTREO: | 02 de Junio del 2023 | | RESPONSABLE: | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | |
| FECHA DE ENSAYO: | 02 de Junio del 2023 | | REVISADO POR: | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 5% CAL | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (11%) | | 2 (13%) | | 3 (15%) | | 5 (17%) | |
| A | Peso Molde | gr | 4040.000 | | 4040.000 | | 4040.000 | | 4040.000 | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5846.000 | | 5929.000 | | 5972.000 | | 5958.000 | |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1806.000 | | 1889.000 | | 1932.000 | | 1918.000 | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 912.950 | | 912.950 | | 912.950 | | 912.950 | |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.978 | | 2.069 | | 2.116 | | 2.101 | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 36 | 39.2 | 37.6 | 39 | 37.5 | 39 | 36.1 | 39.2 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 123.02 | 163.1 | 126.4 | 164.4 | 130.7 | 158.2 | 110.6 | 143.9 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 113 | 148 | 115 | 147 | 116.77 | 140.26 | 98 | 127 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 10.02 | 15.14 | 11.4 | 17.4 | 13.93 | 17.94 | 12.6 | 16.9 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 77 | 108.8 | 77.4 | 108 | 79.27 | 101.26 | 61.9 | 87.8 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100) | % | 13.01299 | 13.91544 | 14.72868 | 16.11111 | 17.57285 | 17.71677 | 20.35541 | 19.24829 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 13.46 | | 15.42 | | 17.64 | | 19.80 | |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.743 | | 1.793 | | 1.799 | | 1.754 | |

PROCTOR MODIFICADO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.8

MÁXIMA DENSIDAD SECA Ds: 1.803

| | | |
|---|---|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: | COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ FECHA: | ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP: 85927 FECHA: |

ANEXO N°60.

Proctor modificado C3-8% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|--------------------|--|----------------------|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO | | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO | | | |
| NORMA | | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141 | | | | UPNC: CPM-15 | | | |
| PROYECTO | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | |
| CALICATA | 3 | | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 02 de Junio del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 02 de Junio del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 8% CAL | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (11%) | 2 (13%) | 3 (15%) | 4 (17%) | | | | |
| A | Peso Molde | gr | 4040.000 | 3820.000 | 4040.000 | 4040.000 | | | | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5880.000 | 5730.000 | 5970.000 | 5960.000 | | | | |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1840.000 | 1910.000 | 1930.000 | 1920.000 | | | | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 912.950 | 908.400 | 912.950 | 912.950 | | | | |
| F | Densidad húmeda (D _h =C/D) | gr/cm ³ | 2.015 | 2.103 | 2.114 | 2.103 | | | | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | | |
| H | Peso Recipiente | gr | 37.2 | 38 | 35.5 | 28.8 | 38.3 | 35 | 35.5 | 38.8 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 116.7 | 147.1 | 98.9 | 123.8 | 104.6 | 160.7 | 136.8 | 185.7 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 106.9 | 134.1 | 89.8 | 111 | 95 | 142.1 | 120 | 163.1 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 9.8 | 13 | 9.1 | 12.8 | 9.6 | 18.6 | 16.8 | 22.6 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 69.7 | 96.1 | 54.3 | 82.2 | 56.7 | 107.1 | 84.5 | 124.3 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100) | % | 14.06026 | 13.52758 | 16.75875 | 15.57178 | 16.93122 | 17.36695 | 19.88166 | 18.18182 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 13.79 | | 16.17 | | 17.15 | | 19.03 | |
| O | Densidad Seca Máxima, D _s | gr/cm ³ | 1.771 | 1.771 | 1.810 | 1.810 | 1.805 | 1.805 | 1.805 | 1.767 |

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

16.3

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s

1.809

| | | |
|---|---|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ | ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°61.

Proctor modificado C3-12% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | |
|---|--|
| PROTOCOLO | |
| ENSAYO: | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO |
| NORMA: | MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.341 |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" |
| CALICATA: | 3 |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc |
| FECHA DE MUESTREO: | 05 de Junio del 2023 |
| FECHA DE ENSAYO: | 05 de Junio del 2023 |
| TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso |
| COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| REVISADO POR: | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO- 12% CAL | | | | | | |
|--|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 (11%) | 2 (13%) | 3 (15%) | 4 (17%) |
| A | Peso Molde | gr | 4040.000 | 4040.000 | 4040.000 | 4040.000 |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5860.000 | 5930.000 | 5957.000 | 5967.000 |
| C | Peso Muestra Húmeda (B-A) | gr | 1820.000 | 1890.000 | 1917.000 | 1927.000 |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 912.950 | 912.950 | 912.950 | 918.340 |
| F | Densidad húmeda: (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.994 | 2.070 | 2.100 | 2.098 |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.38 | 28.56 | 27.15 | 26.81 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 99.96 | 138.97 | 86.13 | 117.58 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 91 | 126 | 78 | 105 |
| K | Peso del Agua (I-J) | gr | 8.96 | 12.97 | 8.13 | 12.58 |
| L | Peso Muestra Seca (J-H) | gr | 63.62 | 97.44 | 50.85 | 78.19 |
| M | Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100) | % | 14.08362 | 13.31076 | 15.9882 | 16.08901 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 13.70 | 16.04 | 17.71 | 20.22 |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.753 | 1.784 | 1.784 | 1.745 |

PROCTOR MODIFICADO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.7

MÁXIMA DENSIDAD SECA Ds: 1.787

| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: | COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ FECHA: | ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: |

ANEXO N°62.

Ensayo CBR C2-5% óxido de calcio.

| | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------|--|---|--|--|--|--|
| | LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
| | PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| | ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPN-C | | | | |
| | NORMA: MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | | | | | |
| PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | | | |
| CALCATA: | 2 | | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 06 de Junio del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 06 de Junio del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR- 5% CAL | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | | | | | |
| N° Golpes | | 5 | | 5 | | 5 | | | | | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | 27 | | 56 | | | | | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. | | | | |
| Peso Molde | gr | 8189 | 8189 | 7985 | 7985 | 7799 | 7799 | | | | |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 12169 | 12300 | 12160 | 12240 | 12111 | 12280 | | | | |
| Peso Muestra húmeda | gr | 3980 | 4111 | 4175 | 4255 | 4312 | 4481 | | | | |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 2173.0 | 2175.4 | 2114.0 | 2115.1 | 2120.0 | 2120.4 | | | | |
| Densidad húmeda, Dh | gr/cm ³ | 1.832 | 1.9 | 1.975 | 2.0 | 2.034 | 2.1 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | |
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C | |
| Peso Recipiente | gr | 35.90 | 26.50 | 36.21 | 36.60 | 37.30 | 38.00 | 39.40 | 39.30 | 39.56 | |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 140.86 | 94.69 | 173.30 | 179.00 | 168.20 | 173.98 | 153.00 | 147.10 | 252.15 | |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 136.53 | 87.86 | 158.23 | 168.90 | 156.90 | 158.48 | 140.92 | 140.20 | 228.70 | |
| Peso del Agua | gr | 4.33 | 6.83 | 15.07 | 10.10 | 11.30 | 15.50 | 12.08 | 6.90 | 23.45 | |
| Peso Muestra Seca | gr | 100.63 | 61.36 | 122.02 | 132.30 | 119.60 | 120.48 | 101.52 | 100.90 | 189.14 | |
| Contenido de Humedad, W% | % | 7.72 | | | 8.54 | | | 9.37 | | | 12.40 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 10.03 | | | 10.70 | | | 10.88 | | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.700 | | | 1.820 | | | 1.860 | | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|-------|------------|--------------|-------|------------|--------------|-------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | |
| Horas | Días | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0" | 0 | 0.000 | 0" | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 |
| 24.00 | 1.00 | 0.004" | 0.1016 | 0.085 | 0.0015" | 0.0381 | 0.033 | 0.01 | 0.01 | 0.009 |
| 48.00 | 2.00 | 0.005" | 0.127 | 0.108 | 0.0022" | 0.05588 | 0.048 | 0.02 | 0.02 | 0.017 |
| 72.00 | 3.00 | 0.0052" | 0.13208 | 0.110 | 0.0023" | 0.05842 | 0.050 | 0.022 | 0.022 | 0.019 |
| 96.00 | 4.00 | 0.0053" | 0.13462 | 0.112 | 0.0023" | 0.05842 | 0.050 | 0.022 | 0.022 | 0.019 |

| | | |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | NOMBRE: JORGE HOYOS MARTÍNEZ | NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | | |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|--|--------------------|--|---|--|-----------------------|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1893 / ASTM D4429 | | | | | | | C.B.R.L-UPNC | | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | | |
| CALCATA | 2 | TIPO DE MATERIAL: | | Arcilloso | | | | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | Marrón oscuro | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 10 de Junio del 2023 | | | RESPONSABLE: | | Karla Malaver Cerdán Yan Poll Ríos Cabanillas | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 10 de Junio del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 8% CAL | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| N° Golpes | | 5 | | | 5 | | | 5 | | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | | 27 | | | 56 | | |
| Condición de muestra | | Antes | | Despu. | Antes | | Despu. | Antes | | Despu. |
| Peso Molde | gr | 7500 | | 7500 | 8140 | | 8140 | 7900 | | 7900 |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 11530 | | 11589 | 12199 | | 12202 | 12130 | | 12361 |
| Peso Muestra húmeda | gr | 4030 | | 4089 | 4059 | | 4062 | 4230 | | 4461 |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 2078.61 | | 2080.84 | 2101.29 | | 2102.63 | 2101.29 | | 2102.21 |
| Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.939 | | 2.0 | 1.932 | | 1.9 | 2.013 | | 2.1 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C |
| Peso Recipiente | gr | 21.10 | 26.80 | 27.00 | 35.70 | 38.60 | 27.00 | 36.30 | 37.20 | 26.00 |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 135.50 | 133.70 | 113.00 | 195.00 | 189.90 | 120.00 | 182.40 | 202.80 | 88.00 |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 120.98 | 125.90 | 94.37 | 190.74 | 180.60 | 100.15 | 168.10 | 196.20 | 77.62 |
| Peso del Agua | gr | 14.52 | 7.80 | 18.63 | 4.26 | 9.30 | 19.85 | 14.30 | 6.60 | 10.38 |
| Peso Muestra Seca | gr | 99.88 | 99.10 | 67.37 | 155.04 | 142.00 | 73.15 | 131.80 | 159.00 | 51.62 |
| Contenido de Humedad; W% | % | 11.20 | | 27.65 | 4.65 | | 27.14 | 7.50 | | 20.11 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 19.43 | | | 15.89 | | | 13.80 | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.743 | | | 1.846 | | | 1.873 | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| Horas | Días | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | |
| | | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24.00 | 1.00 | 0.0034 | 0.08636 | 0.08 | 0.0016 | 0.04064 | 0.04 | 0.0015 | 0.0381 | 0.03 |
| 48.00 | 2.00 | 0.0042 | 0.10668 | 0.09 | 0.002 | 0.0508 | 0.04 | 0.0017 | 0.04318 | 0.04 |
| 72.00 | 3.00 | 0.0048 | 0.12192 | 0.11 | 0.0024 | 0.06096 | 0.05 | 0.0019 | 0.04826 | 0.04 |
| 96.00 | 4.00 | 0.0048 | 0.12192 | 0.11 | 0.0029 | 0.07365 | 0.06 | 0.002 | 0.0508 | 0.04 |

| | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | | |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ | NOMBRE: INDI MARIÑO ALVARO ENRIQUE LIZ |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°64.

Ensayo CBR C2-12% óxido de calcio.

| | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--|---------------------------|--|--|------------------------------|--|--|--|
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
| PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | | |
| NORMA: | | MTC E 132 / ASTM D1885 / ASTM D4429 | | | | CBR/LS/UPN/ | | | |
| PROYECTO: | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | |
| CALICATA | 2 | | TIPO DE MATERIAL: | | | | | | |
| UBICACIÓN | El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 10 de Junio del 2023 | | RESPONSABLE: | | | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 10 de Junio del 2023 | | REVISADO POR: | | | | | | |
| | | | | | | | | Arcilloso Marrón oscuro Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 12% CAL | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | | | | |
| N° Golpes | | 5 | | 5 | | 5 | | | | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | 27 | | 56 | | | | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. | | | |
| Peso Molde | gr | 7740 | 7740 | 8300 | 8300 | 7840 | 7840 | | | |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 12000 | 12161 | 12792 | 12809 | 12400 | 12429 | | | |
| Peso Muestra húmeda | gr | 4260 | 4421 | 4492 | 4509 | 4560 | 4589 | | | |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 2268.24 | 2276.12 | 2268.24 | 2271.97 | 2268.24 | 2269.99 | | | |
| Densidad húmeda, Dh | gr/cm ³ | 1.878 | 1.942 | 1.980 | 1.985 | 2.010 | 2.022 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C |
| Peso Recipiente | gr | 26.98 | 27.57 | 27.00 | 27.92 | 27.63 | 27.70 | 37.83 | 38.30 | 37.80 |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 141.56 | 171.41 | 140.96 | 150.19 | 116.62 | 158.22 | 193.62 | 213.29 | 171.98 |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 128.86 | 153.34 | 122.10 | 135.30 | 104.95 | 138.10 | 179.90 | 186.99 | 151.50 |
| Peso del Agua | gr | 12.70 | 18.07 | 18.86 | 14.89 | 11.67 | 20.12 | 13.72 | 26.30 | 20.48 |
| Peso Muestra Seca | gr | 101.88 | 125.77 | 95.10 | 107.38 | 77.32 | 110.40 | 142.07 | 148.69 | 113.70 |
| Contenido de Humedad ; W% | % | 13.42 | | 19.83 | 14.48 | | 18.22 | 13.67 | | 18.01 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | | | 16.62 | | | 16.35 | | | 15.84 |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | | | 1.656 | | | 1.730 | | | 1.789 |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|------------|--------------|------|--|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | |
| Horas | Días | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | |
| 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 24.00 | 1.00 | 0.016 | 0.4064 | 0.38 | 0.008 | 0.2032 | 0.17 | 0.003 | 0.0762 | 0.06 | |
| 48.00 | 2.00 | 0.017 | 0.4318 | 0.41 | 0.008 | 0.2032 | 0.17 | 0.0034 | 0.08636 | 0.07 | |
| 72.00 | 3.00 | 0.017 | 0.4318 | 0.41 | 0.008 | 0.2032 | 0.17 | 0.0038 | 0.09652 | 0.08 | |
| 96.00 | 4.00 | 0.0171 | 0.43434 | 0.41 | 0.0081 | 0.20574 | 0.17 | 0.0038 | 0.09652 | 0.08 | |

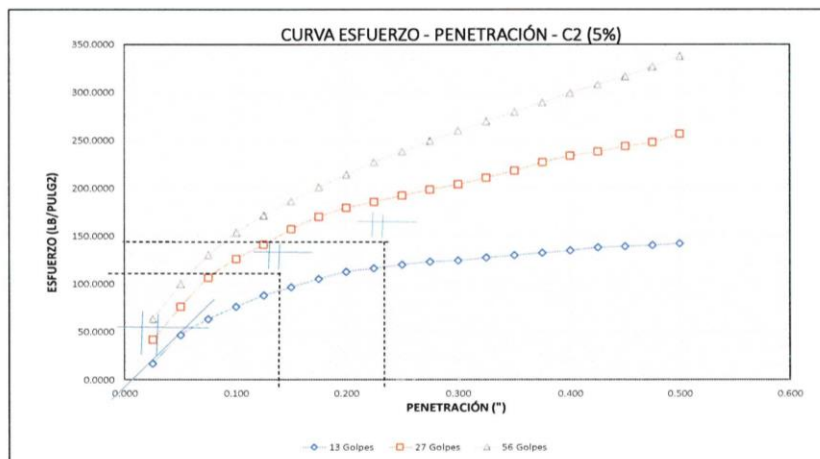
| | | |
|---|-------------------------------------|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 69927 |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°65.

Ensayo CBR C3-5% óxido de calcio.

| | | | |
|--|--|--------------------|--|
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | IS-UPNC: |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 10 de Junio del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 10 de Junio del 2023 | REVISADO POR: | |

| CARGA - PENETRACIÓN 5% CAL | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | |
| mm | Pulg | kg | kg/cm ² | Lb/pl ² | kg | kg/cm ² | Lb/pl ² | kg | kg/cm ² | Lb/pl ² |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 68.5800 | 3.5351 | 16.7210 | 171.4500 | 8.8376 | 41.8025 | 259.0800 | 13.3546 | 63.1682 |
| 1.270 | 0.050 | 190.5000 | 9.8196 | 46.4472 | 312.4200 | 16.1041 | 76.1734 | 408.9400 | 21.0794 | 99.7066 |
| 1.905 | 0.075 | 259.0800 | 13.3546 | 63.1682 | 436.8800 | 22.5196 | 106.5189 | 533.4000 | 27.4948 | 130.0521 |
| 2.540 | 0.100 | 312.4200 | 16.1041 | 76.1734 | 518.1600 | 26.7093 | 126.3363 | 629.9200 | 32.4701 | 153.5853 |
| 3.175 | 0.125 | 360.6800 | 18.5918 | 87.9400 | 579.1200 | 29.8515 | 141.1994 | 703.5800 | 36.2670 | 171.5449 |
| 3.810 | 0.150 | 396.2400 | 20.4247 | 96.6101 | 645.1600 | 33.2557 | 157.3011 | 764.5400 | 39.4093 | 186.4080 |
| 4.445 | 0.175 | 431.8000 | 22.2577 | 105.2803 | 698.5000 | 36.0052 | 170.3063 | 825.5000 | 42.5515 | 201.2711 |
| 5.080 | 0.200 | 462.2800 | 23.8289 | 112.7118 | 736.6000 | 37.9691 | 179.5958 | 878.8400 | 45.3010 | 214.2763 |
| 5.715 | 0.225 | 477.5200 | 24.6144 | 116.4276 | 762.0000 | 39.2784 | 185.7887 | 932.1800 | 48.0505 | 227.2815 |
| 6.350 | 0.250 | 492.7600 | 25.4000 | 120.1434 | 789.9400 | 40.7186 | 192.6010 | 977.9000 | 50.4072 | 238.4288 |
| 6.985 | 0.275 | 505.4600 | 26.0546 | 123.2398 | 815.3400 | 42.0278 | 198.7939 | 1023.6200 | 52.7639 | 249.5762 |
| 7.620 | 0.300 | 510.5400 | 26.3165 | 124.4784 | 838.2000 | 43.2062 | 204.3676 | 1066.8000 | 54.9897 | 260.1042 |
| 8.255 | 0.325 | 523.2400 | 26.9711 | 127.5749 | 866.1400 | 44.6464 | 211.1798 | 1107.4400 | 57.0845 | 270.0129 |
| 8.890 | 0.350 | 533.4000 | 27.4948 | 130.0521 | 896.6200 | 46.2175 | 218.6114 | 1148.0800 | 59.1794 | 279.9217 |
| 9.525 | 0.375 | 543.5600 | 28.0186 | 132.5293 | 932.1800 | 48.0505 | 227.2815 | 1188.7200 | 61.2742 | 289.8304 |
| 10.160 | 0.400 | 553.7200 | 28.5423 | 135.0065 | 960.1200 | 49.4907 | 234.0938 | 1229.3600 | 63.3691 | 299.7391 |
| 10.795 | 0.425 | 566.4200 | 29.1969 | 138.1029 | 977.9000 | 50.4072 | 238.4288 | 1264.9200 | 65.2021 | 308.4093 |
| 11.430 | 0.450 | 571.5000 | 29.4588 | 139.3415 | 1000.7600 | 51.5856 | 244.0025 | 1300.4800 | 67.0351 | 317.0794 |
| 12.065 | 0.475 | 576.5800 | 29.7206 | 140.5801 | 1018.5400 | 52.5021 | 248.3376 | 1342.3900 | 69.1954 | 327.2978 |
| 12.700 | 0.500 | 584.2000 | 30.1134 | 142.4380 | 1054.1000 | 54.3351 | 257.0077 | 1386.8400 | 71.4866 | 338.1355 |



OBSERVACIONES:

| | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| | | |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| | FECHA: | FECHA: |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | FECHA: | FECHA: |

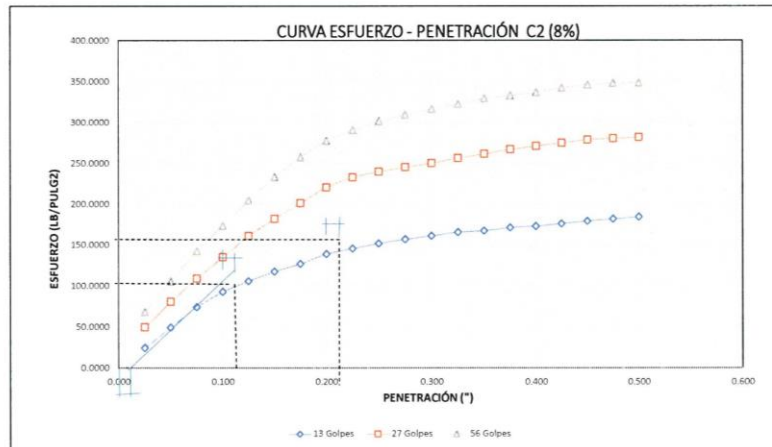
323

ANEXO N°66.

Ensayo CBR C3-8% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-----------------------|--|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | CPM- |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | LS-UPNC | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 13 de Junio del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 13 de Junio del 2023 | REVISADO POR: | |

| CARGA - PENETRACIÓN 8% CAL | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------------|-----------------|----------|-------------|-----------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| mm | Pulg | Carga kg | Esfuerzo kg/cm² | Lb/pf | Carga kg | Esfuerzo kg/cm² | Lb/pf | Carga kg | Esfuerzo kg/cm² | Lb/pf |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 101.6000 | 5.2371 | 24.7718 | 203.2000 | 10.4742 | 49.5437 | 279.4000 | 14.4021 | 68.1225 |
| 1.270 | 0.050 | 203.2000 | 10.4742 | 49.5437 | 330.2000 | 17.0206 | 80.5084 | 431.8000 | 22.2577 | 105.2803 |
| 1.905 | 0.075 | 304.8000 | 15.7113 | 74.3155 | 447.0400 | 23.0433 | 108.9960 | 584.2000 | 30.1134 | 142.4380 |
| 2.540 | 0.100 | 381.0000 | 19.6392 | 92.8944 | 553.7200 | 28.5423 | 135.0065 | 711.2000 | 36.6598 | 173.4028 |
| 3.175 | 0.125 | 434.3400 | 22.3887 | 105.8996 | 660.4000 | 34.0412 | 161.0169 | 838.2000 | 43.2062 | 204.3676 |
| 3.810 | 0.150 | 482.6000 | 24.8763 | 117.6662 | 746.7600 | 38.4928 | 182.0729 | 955.0400 | 49.2289 | 232.8552 |
| 4.445 | 0.175 | 520.7000 | 26.8402 | 126.9556 | 825.5000 | 42.5515 | 201.2711 | 1054.1000 | 54.3351 | 257.0077 |
| 5.080 | 0.200 | 568.9600 | 29.3278 | 138.7222 | 904.2400 | 46.6103 | 220.4693 | 1137.9200 | 58.6557 | 277.4445 |
| 5.715 | 0.225 | 596.9000 | 30.7680 | 145.5345 | 955.0400 | 49.2289 | 232.8552 | 1191.2600 | 61.4052 | 290.4497 |
| 6.350 | 0.250 | 622.3000 | 32.0773 | 151.7274 | 982.9800 | 50.6691 | 239.6674 | 1234.4400 | 63.6309 | 300.9777 |
| 6.985 | 0.275 | 642.6200 | 33.1247 | 156.6818 | 1005.8400 | 51.8474 | 245.2411 | 1267.4600 | 65.3330 | 309.0286 |
| 7.620 | 0.300 | 660.4000 | 34.0412 | 161.0169 | 1026.1600 | 52.8948 | 250.1955 | 1295.4000 | 66.7732 | 315.8408 |
| 8.255 | 0.325 | 678.1800 | 34.9577 | 165.3520 | 1051.5600 | 54.2041 | 256.3884 | 1320.8000 | 68.0825 | 322.0338 |
| 8.890 | 0.350 | 685.8000 | 35.3505 | 167.2098 | 1071.8800 | 55.2515 | 261.3428 | 1348.7400 | 69.5227 | 328.8460 |
| 9.525 | 0.375 | 701.0400 | 36.1361 | 170.9256 | 1094.7400 | 56.4299 | 266.9164 | 1363.9800 | 70.3082 | 332.5618 |
| 10.160 | 0.400 | 708.6600 | 36.5289 | 172.7835 | 1112.5200 | 57.3464 | 271.2515 | 1379.2200 | 71.0938 | 336.2776 |
| 10.795 | 0.425 | 721.3600 | 37.1835 | 175.8800 | 1127.7600 | 58.1320 | 274.9673 | 1402.0800 | 72.2722 | 341.8512 |
| 11.430 | 0.450 | 734.0600 | 37.8381 | 178.9765 | 1143.0000 | 58.9175 | 278.6831 | 1417.3200 | 73.0577 | 345.5670 |
| 12.065 | 0.475 | 744.2200 | 38.3619 | 181.4536 | 1150.6200 | 59.3103 | 280.5410 | 1424.9400 | 73.4505 | 347.4249 |
| 12.700 | 0.500 | 754.3800 | 38.8856 | 183.9308 | 1155.7000 | 59.5722 | 281.7795 | 1427.4800 | 73.5814 | 348.0442 |



| | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| | | |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| | FECHA: | FECHA: |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | | |
| FECHA: | | |

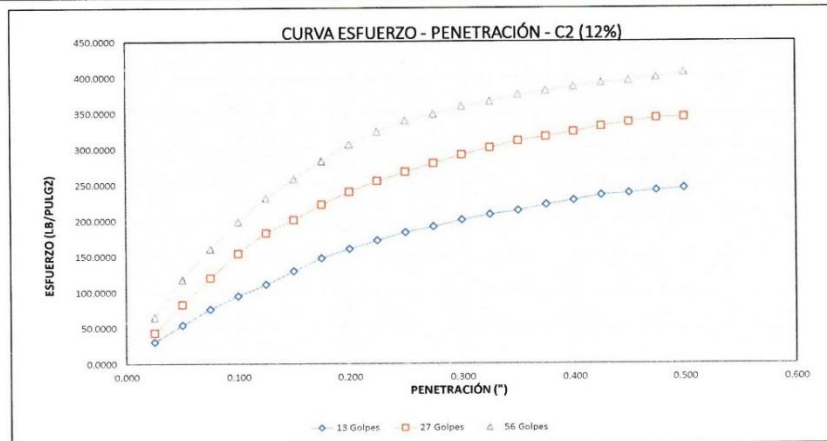
1/2023

ANEXO N°67.

Ensayo CBR C3-12% óxido de calcio.

| | | | |
|---|--|-----------------------|--|
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | CPM- |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | LS-UPNC | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA: | 2 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 13 de Junio del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 13 de Junio del 2023 | REVISADO POR: | |

| CARGA - PENETRACIÓN 12% CAL | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------------|--------------------|----------|-------------|--------------------|----------|-------------|--------------------|----------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | |
| mm | Pulg | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 127.0000 | 6.5464 | 30.9648 | 177.8000 | 9.1649 | 43.3507 | 266.7000 | 13.7474 | 65.0260 |
| 1.270 | 0.050 | 223.5200 | 11.5216 | 54.4980 | 340.3600 | 17.5443 | 82.9856 | 482.6000 | 24.8763 | 117.6662 |
| 1.905 | 0.075 | 314.9600 | 16.2351 | 76.7927 | 492.7600 | 25.4000 | 120.1434 | 660.4000 | 34.0412 | 161.0169 |
| 2.540 | 0.100 | 391.1600 | 20.1629 | 95.3715 | 632.4600 | 32.6010 | 154.2046 | 815.3400 | 42.0278 | 198.7939 |
| 3.175 | 0.125 | 457.2000 | 23.5670 | 111.4732 | 749.3000 | 38.6237 | 182.6922 | 949.9600 | 48.9670 | 231.6166 |
| 3.810 | 0.150 | 533.4000 | 27.4948 | 130.0521 | 825.5000 | 42.5515 | 201.2711 | 1059.1800 | 54.5969 | 258.2463 |
| 4.445 | 0.175 | 607.0600 | 31.2918 | 148.0117 | 911.8600 | 47.0031 | 222.3272 | 1160.7800 | 59.8340 | 283.0181 |
| 5.080 | 0.200 | 660.4000 | 34.0412 | 161.0169 | 985.5200 | 50.8000 | 240.2867 | 1257.3000 | 64.8093 | 306.5514 |
| 5.715 | 0.225 | 708.6600 | 36.5289 | 172.7835 | 1046.4800 | 53.9423 | 255.1498 | 1328.4200 | 68.4753 | 323.8916 |
| 6.350 | 0.250 | 754.3800 | 38.8856 | 183.9308 | 1099.8200 | 56.6918 | 268.1550 | 1391.9200 | 71.7485 | 339.3740 |
| 6.985 | 0.275 | 787.4000 | 40.5876 | 191.9817 | 1148.0800 | 59.1794 | 279.9217 | 1430.0200 | 73.7124 | 348.6635 |
| 7.620 | 0.300 | 825.5000 | 42.5515 | 201.2711 | 1196.3400 | 61.6670 | 291.6883 | 1473.2000 | 75.9381 | 359.1915 |
| 8.255 | 0.325 | 855.9800 | 44.1227 | 208.7026 | 1236.9800 | 63.7619 | 301.5970 | 1501.1400 | 77.3784 | 366.0038 |
| 8.890 | 0.350 | 878.8400 | 45.3010 | 214.2763 | 1275.0800 | 65.7258 | 310.8864 | 1539.2400 | 79.3423 | 375.2932 |
| 9.525 | 0.375 | 911.8600 | 47.0031 | 222.3272 | 1300.4800 | 67.0351 | 317.0794 | 1562.1000 | 80.5206 | 380.8669 |
| 10.160 | 0.400 | 937.2600 | 48.3124 | 228.5201 | 1328.4200 | 68.4753 | 323.8916 | 1587.5000 | 81.8299 | 387.0598 |
| 10.795 | 0.425 | 966.4700 | 49.8180 | 235.6420 | 1358.9000 | 70.0464 | 331.3232 | 1607.8200 | 82.8773 | 392.0142 |
| 11.430 | 0.450 | 977.9000 | 50.4072 | 238.4288 | 1381.7600 | 71.2247 | 336.8969 | 1620.5200 | 83.5320 | 395.1107 |
| 12.065 | 0.475 | 993.1400 | 51.1928 | 242.1446 | 1404.6200 | 72.4031 | 342.4705 | 1638.3000 | 84.4485 | 399.4457 |
| 12.700 | 0.500 | 1005.8400 | 51.8474 | 245.2411 | 1409.7000 | 72.6649 | 343.7091 | 1666.2400 | 85.8887 | 406.2580 |



| | | |
|----------------------------------|---------------------------------|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN | | Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL |
| <i>[Signature]</i> | | |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°68.

Ensayo CBR C2-5% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------|--|--|--|-----------------------|--|--|-----|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | | CBR |
| NORMA: | | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | L.B. UPNC | | | |
| PROYECTO: | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | |
| CALICATA | 3 | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | | | |
| UBICACION: | El empalme - Catilluc | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 15 de Junio del 2023 | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Foll Ríos Cabanillas | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 15 de Junio del 2023 | | REVISADO POR: | | | | | | | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR- 5% CAL | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | | | | |
| N° Golpes | | 5 | | 5 | | 5 | | | | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | 27 | | 56 | | | | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. | | | |
| Peso Moide | gr | 7186 | 7186 | 7233 | 7233 | 8026 | 8026 | | | |
| Peso Muestra húmeda + Moide | gr | 11380 | 11460 | 11568 | 11600 | 12575 | 12660 | | | |
| Peso Muestra húmeda | gr | 4194 | 4274 | 4335 | 4367 | 4549 | 4634 | | | |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 2279.5 | 2292.1 | 2305.1 | 2307.7 | 2271.9 | 2273.5 | | | |
| Densidad húmeda, Dh | gr/cm ³ | 1.840 | 1.9 | 1.881 | 1.9 | 2.002 | 2.0 | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C |
| Peso Recipiente | gr | 37.00 | 38.40 | 36.21 | 36.00 | 37.90 | 38.02 | 39.20 | 35.40 | 39.53 |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 123.80 | 116.80 | 130.87 | 126.20 | 154.70 | 133.73 | 155.10 | 122.30 | 212.78 |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 118.90 | 110.20 | 114.60 | 120.99 | 149.00 | 119.00 | 146.00 | 112.50 | 193.50 |
| Peso del Agua | gr | 4.90 | 6.60 | 16.27 | 5.21 | 5.70 | 14.73 | 9.10 | 9.80 | 19.28 |
| Peso Muestra Seca | gr | 81.90 | 71.80 | 78.39 | 84.99 | 111.10 | 80.98 | 106.80 | 77.10 | 153.97 |
| Contenido de Humedad ; W% | % | 7.59 | | 20.76 | 5.63 | | 18.19 | 10.62 | | 12.52 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 14.17 | | | 11.91 | | | 11.57 | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.710 | | | 1.780 | | | 1.810 | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|-------|------------|--------------|-------|------------|--------------|-------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | |
| Horas | Días | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 |
| 24.00 | 1.00 | 0.027" | 0.686 | 0.546 | 0.005" | 0.127 | 0.101 | 0.075 | 0.075 | 0.060 |
| 48.00 | 2.00 | 0.0272" | 0.691 | 0.551 | 0.0055" | 0.140 | 0.111 | 0.09 | 0.090 | 0.072 |
| 72.00 | 3.00 | 0.0272" | 0.691 | 0.551 | 0.0056" | 0.142 | 0.113 | 0.09 | 0.090 | 0.072 |
| 96.00 | 4.00 | 0.0272" | 0.691 | 0.551 | 0.0056" | 0.142 | 0.113 | 0.09 | 0.090 | 0.072 |

| | | |
|---|--|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA | COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ | ASESOR NOMBRE: ING MARIO R. CARRANZA LIZA |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | | |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°69.



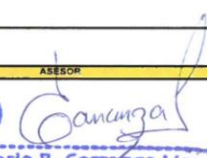


Ensayo CBR C2-8% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--------------------------|---------------------------|--|-------------------------------------|--|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS | | | | |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | UPN/C: | | | | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | | |
| CALICATA: | 3 | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 19 de Junio del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 19 de Junio del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 8% CAL | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | | |
| N° Golpes | | 5 | | 5 | | 5 | | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | 27 | | 56 | | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. | |
| Peso Molde | gr | 8189 | 8189 | 7985 | 7985 | 7799 | 7799 | |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 12300 | 12340 | 12085 | 12160 | 11960 | 11980 | |
| Peso Muestra húmeda | gr | 4111 | 4151 | 4100 | 4175 | 4161 | 4181 | |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 2173.00 | 2174.61 | 2114.00 | 2115.29 | 2120.00 | 2120.92 | |
| Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.892 | 1.9 | 1.939 | 2.0 | 1.963 | 2.0 | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Ensayo | N° | 1 - A | 1 - B | 1 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 3 - A | 3 - B | 3 - C | |
| Peso Recipiente | gr | 37.00 | 35.00 | 37.08 | 36.00 | 37.90 | 35.11 | 39.20 | 35.40 | 35.61 | |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 102.00 | 170.00 | 113.98 | 110.70 | 144.10 | 121.40 | 168.90 | 211.40 | 103.40 | |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 98.16 | 152.90 | 105.80 | 104.81 | 133.60 | 112.00 | 155.90 | 205.20 | 95.10 | |
| Peso del Agua | gr | 3.84 | 17.10 | 8.18 | 5.89 | 10.50 | 9.40 | 13.00 | 6.20 | 8.30 | |
| Peso Muestra Seca | gr | 61.16 | 117.90 | 68.72 | 68.61 | 95.70 | 76.89 | 116.70 | 169.80 | 59.49 | |
| Contenido de Humedad ; W% | % | 10.39 | | | 9.77 | | | 12.23 | | | 7.40 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 11.15 | | | 11.00 | | | 10.67 | | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.714 | | | 1.767 | | | 1.828 | | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------------|--------------|-------|------------|--------------|-------|------------|--------------|-------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | | Lectura | Hinchamiento | |
| Horas | Días | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % | Deforma. | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0" | 0 | 0.000 | 0" | 0 | 0.000 | 0" | 0 | 0.000 |
| 24.00 | 1.00 | 0.003" | 0.0762 | 0.064 | 0.0023" | 0.05842 | 0.050 | 0.001" | 0.0254 | 0.022 |
| 48.00 | 2.00 | 0.0032" | 0.08128 | 0.068 | 0.0025" | 0.0635 | 0.054 | 0.0016" | 0.04064 | 0.035 |
| 72.00 | 3.00 | 0.0035" | 0.0889 | 0.074 | 0.0028" | 0.07112 | 0.061 | 0.002" | 0.0508 | 0.043 |
| 96.00 | 4.00 | 0.0035" | 0.0889 | 0.074 | 0.0028" | 0.07112 | 0.061 | 0.002" | 0.0508 | 0.043 |

| | | |
|--|--|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA |  NOMBRE: JORGE L. ROYOS MARTINEZ |  NOMBRE: ING. MARIO R. GARRANZA LIZA |
|  NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN-POLL | |  NOMBRE: ING. MARIO R. GARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°70.



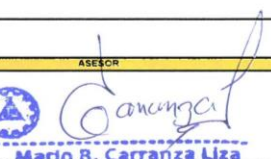
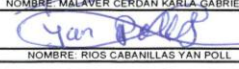
Ensayo CBR C2-12% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------|--|-----------------------------------|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR- | | | |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | LS-UPN0 | | | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | |
| CALICATA: | 3 | | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | |
| UBICACION: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 23 de Junio del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 23 de Junio del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | |

| CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 12% CAL | | | | | | | |
|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | |
| N° Golpes | | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° Golpes por capa | | 13 | | 27 | | 56 | |
| Condición de muestra | | Antes | Despu. | Antes | Despu. | Antes | Despu. |
| Peso Molde | gr | 7900 | 7900 | 8140 | 8140 | 7500 | 7500 |
| Peso Muestra húmeda + Molde | gr | 11999 | 12012 | 12387 | 12667 | 11611 | 11876 |
| Peso Muestra húmeda | gr | 4099 | 4112 | 4247 | 4527 | 4111 | 4376 |
| Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 2162.99 | 2164.00 | 2162.99 | 2164.55 | 2023.81 | 2027.06 |
| Densidad húmeda, Dh | gr/cm ³ | 1.895 | 1.900 | 1.963 | 2.061 | 2.031 | 2.159 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Ensayo | N° | 3 - A | 3 - B | 3 - C | 2 - A | 2 - B | 2 - C | 1 - A | 1 - B | 1 - C | |
| Peso Recipiente | gr | 39.70 | 35.30 | 34.99 | 38.00 | 35.00 | 39.41 | 36.00 | 35.00 | 35.44 | |
| Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 206.00 | 224.00 | 142.93 | 140.10 | 132.20 | 154.90 | 124.70 | 133.30 | 125.81 | |
| Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 189.00 | 200.60 | 123.90 | 130.30 | 120.00 | 136.80 | 113.00 | 123.20 | 110.20 | |
| Peso del Agua | gr | 17.00 | 23.40 | 19.03 | 9.80 | 12.20 | 18.10 | 11.70 | 10.10 | 15.61 | |
| Peso Muestra Seca | gr | 149.30 | 165.30 | 88.91 | 92.30 | 85.00 | 97.39 | 77.00 | 88.20 | 74.76 | |
| Contenido de Humedad ; W% | % | 12.77 | | | 21.40 | | | 12.49 | | | 18.59 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 17.09 | | | 15.54 | | | 17.10 | | | |
| Densidad Máxima Seca; Ds | gr/cm ³ | 1.680 | | | 1.746 | | | 1.792 | | | |

| ENSAYO DE HINCHAMIENTO | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|-------------|--------------|-------|-------------|--------------|-------|-------------|--------------|-------|
| TIEMPO ACUMULADO | | MOLDE N°01 | | | MOLDE N°02 | | | MOLDE N°03 | | |
| | | Lectura | Hinchamiento | % | Lectura | Hinchamiento | % | Lectura | Hinchamiento | % |
| Horas | Días | Deforma. mm | mm | % | Deforma. mm | mm | % | Deforma. mm | mm | % |
| 0.00 | 0.00 | 0" | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0" | 0 | 0.000 |
| 24.00 | 1.00 | 0.0045" | 0.1143 | 0.103 | 0.06 | 0.06 | 0.050 | 0.0015" | 0.0381 | 0.032 |
| 48.00 | 2.00 | 0.0047" | 0.11938 | 0.108 | 0.07 | 0.07 | 0.059 | 0.0019" | 0.04826 | 0.040 |
| 72.00 | 3.00 | 0.007" | 0.1778 | 0.160 | 0.08 | 0.08 | 0.067 | 0.0022" | 0.05588 | 0.047 |
| 96.00 | 4.00 | 0.007" | 0.1778 | 0.160 | 0.086 | 0.086 | 0.072 | 0.0022" | 0.05588 | 0.047 |

| | | |
|--|--|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA |  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ |  NOMBRE: ING. MARIO R. CABRANZA LIZA |
|  NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | FECHA: | FECHA: |

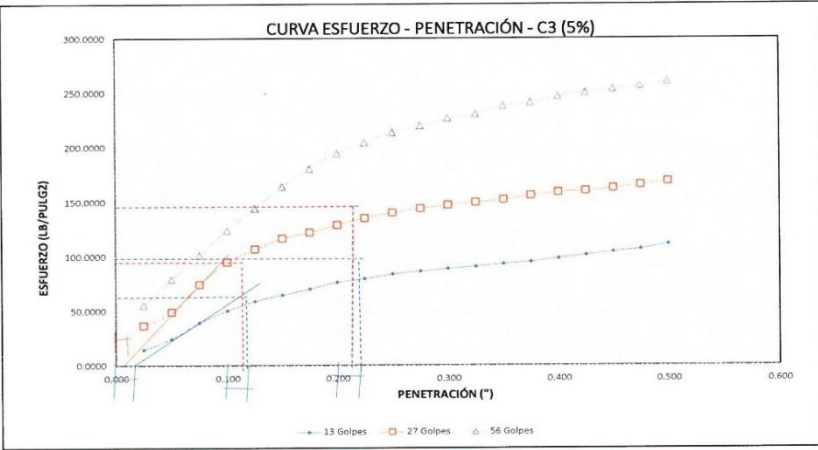
ANEXO N°71.




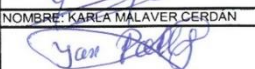
Ensayo CBR C3-5% óxido de calcio.

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|--|--|--------------------|-----------------------|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | | |
| NORMA: | | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | LS-UPNC: _____ | | | |
| PROYECTO: | | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | |
| CALICATA: | 3 | | | | | TIPO DE MATERIAL: | | Arcilloso | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | | | COLOR DE MATERIAL: | | Marrón oscuro | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 19 de Junio del 2023 | | | | | RESPONSABLE: | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 19 de Junio del 2023 | | | | | REVISADO POR: | | | | |

| CARGA - PENETRACIÓN 5% CAL | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------------|--------------------|----------|-------------|--------------------|----------|-------------|--------------------|----------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | |
| mm | Pulg | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf | kg | kg/cm ² | Lb/pf |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 60.9600 | 3.1423 | 14.8631 | 152.4000 | 7.8557 | 37.1577 | 228.6000 | 11.7835 | 55.7366 |
| 1.270 | 0.050 | 101.6000 | 5.2371 | 24.7718 | 203.2000 | 10.4742 | 49.5437 | 325.1200 | 16.7588 | 79.2698 |
| 1.905 | 0.075 | 162.5600 | 8.3794 | 39.6349 | 307.3400 | 15.8423 | 74.9348 | 416.5600 | 21.4722 | 101.5645 |
| 2.540 | 0.100 | 208.2800 | 10.7361 | 50.7822 | 391.1600 | 20.1629 | 95.3715 | 510.5400 | 26.3165 | 124.4784 |
| 3.175 | 0.125 | 243.8400 | 12.5691 | 59.4524 | 439.4200 | 22.6505 | 107.1382 | 591.8200 | 30.5062 | 144.2959 |
| 3.810 | 0.150 | 266.7000 | 13.7474 | 65.0260 | 480.0600 | 24.7454 | 117.0469 | 673.1000 | 34.8959 | 164.1134 |
| 4.445 | 0.175 | 289.5600 | 14.9258 | 70.5997 | 502.9200 | 25.9237 | 122.6205 | 739.1400 | 38.1000 | 180.2150 |
| 5.080 | 0.200 | 314.9600 | 16.2351 | 76.7927 | 530.8600 | 27.3639 | 129.4328 | 797.5600 | 41.1113 | 194.4588 |
| 5.715 | 0.225 | 327.6600 | 16.8897 | 79.8891 | 556.2600 | 28.6732 | 135.6258 | 838.2000 | 43.2062 | 204.3676 |
| 6.350 | 0.250 | 345.4400 | 17.8062 | 84.2242 | 576.5800 | 29.7206 | 140.5801 | 876.3000 | 45.1701 | 213.6570 |
| 6.985 | 0.275 | 355.6000 | 18.3299 | 86.7014 | 591.8200 | 30.5062 | 144.2959 | 901.7000 | 46.4794 | 219.8500 |
| 7.620 | 0.300 | 365.7800 | 18.8536 | 89.1786 | 604.5200 | 31.1608 | 147.3924 | 929.6400 | 47.9196 | 226.6622 |
| 8.255 | 0.325 | 373.3800 | 19.2464 | 91.0365 | 614.6800 | 31.6845 | 149.8696 | 944.8800 | 48.7052 | 230.3780 |
| 8.890 | 0.350 | 383.5400 | 19.7701 | 93.5137 | 624.8400 | 32.2082 | 152.3467 | 975.3600 | 50.2763 | 237.8095 |
| 9.525 | 0.375 | 391.1600 | 20.1629 | 95.3715 | 640.0800 | 32.9938 | 156.0625 | 988.0600 | 50.9309 | 240.9060 |
| 10.160 | 0.400 | 403.8600 | 20.8175 | 98.4680 | 652.7800 | 33.6485 | 159.1590 | 1010.9200 | 52.1093 | 246.4797 |
| 10.795 | 0.425 | 416.5600 | 21.4722 | 101.5645 | 657.8600 | 33.9103 | 160.3976 | 1026.1600 | 52.8948 | 250.1955 |
| 11.430 | 0.450 | 429.2600 | 22.1268 | 104.6610 | 668.0200 | 34.4340 | 162.8748 | 1038.8600 | 53.5495 | 253.2919 |
| 12.065 | 0.475 | 439.4200 | 22.6505 | 107.1382 | 680.7200 | 35.0887 | 165.9712 | 1051.5600 | 54.2041 | 256.3884 |
| 12.700 | 0.500 | 457.2000 | 23.5670 | 111.4732 | 693.4200 | 35.7433 | 169.0677 | 1066.8000 | 54.9897 | 260.1042 |

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN - C3 (5%)



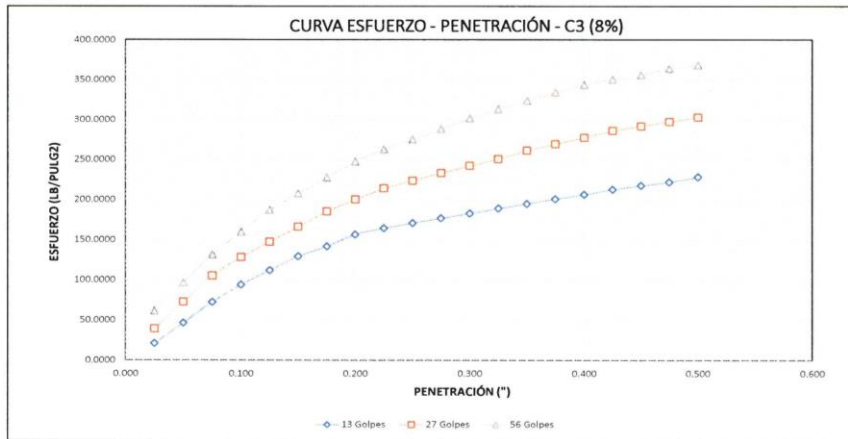
| | | |
|---|--|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN |  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ |  NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
|  NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°72.

Ensayo CBR C3-8% óxido de calcio.

| | | | |
|--|--|---------------------------|--|
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM- |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | IS-UPNC: |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALICATA | 3 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilloso |
| UBICACION: | El empalme - Catilluc | COLOR DE MATERIAL: | Marrón oscuro |
| FECHA DE MUESTREO: | 23 de Junio del 2023 | RESPONSABLE: | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas |
| FECHA DE ENSAYO: | 23 de Junio del 2023 | REVISADO POR: | |

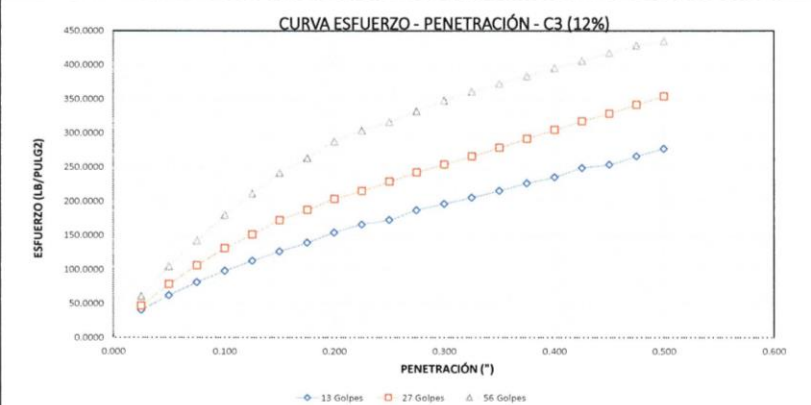
| CARGA - PENETRACIÓN 8% CAL | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | | Carga | Esfuerzo | |
| mm | Pulg | kg | kg/cm² | Lb/pf² | kg | kg/cm² | Lb/pf² | kg | kg/cm² | Lb/pf² |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 88.9000 | 4.5825 | 21.6753 | 162.5600 | 8.3794 | 39.6349 | 254.0000 | 13.0928 | 61.9296 |
| 1.270 | 0.050 | 193.0400 | 9.9505 | 47.0665 | 299.7200 | 15.4495 | 73.0769 | 398.7800 | 20.5557 | 97.2294 |
| 1.905 | 0.075 | 299.7200 | 15.4495 | 73.0769 | 434.3400 | 22.3887 | 105.8996 | 541.0200 | 27.8876 | 131.9100 |
| 2.540 | 0.100 | 388.6200 | 20.0320 | 94.7522 | 528.3200 | 27.2330 | 128.8135 | 657.8600 | 33.9103 | 160.3976 |
| 3.175 | 0.125 | 462.2800 | 23.8289 | 112.7118 | 607.0600 | 31.2918 | 148.0117 | 769.6200 | 39.6711 | 187.6466 |
| 3.810 | 0.150 | 533.4000 | 27.4948 | 130.0521 | 683.2600 | 35.2196 | 166.5905 | 853.4400 | 43.9918 | 208.0834 |
| 4.445 | 0.175 | 584.2000 | 30.1134 | 142.4380 | 762.0000 | 39.2784 | 185.7887 | 934.7200 | 48.1814 | 227.9008 |
| 5.080 | 0.200 | 645.1600 | 33.2557 | 157.3011 | 822.9600 | 42.4206 | 200.6518 | 1016.0000 | 52.3711 | 247.7183 |
| 5.715 | 0.225 | 676.9100 | 34.8923 | 165.0423 | 880.1100 | 45.3665 | 214.5860 | 1079.5000 | 55.6443 | 263.2007 |
| 6.350 | 0.250 | 702.3100 | 36.2015 | 171.2353 | 919.4800 | 47.3959 | 224.1850 | 1130.3000 | 58.2629 | 275.5866 |
| 6.985 | 0.275 | 727.7100 | 37.5108 | 177.4282 | 958.8500 | 49.4253 | 233.7841 | 1183.6400 | 61.0214 | 288.5918 |
| 7.620 | 0.300 | 751.8400 | 38.7546 | 183.3115 | 995.6800 | 51.3237 | 242.7639 | 1236.9800 | 63.7619 | 301.5970 |
| 8.255 | 0.325 | 777.2400 | 40.0639 | 189.5045 | 1031.2400 | 53.1567 | 251.4341 | 1285.2400 | 66.2495 | 313.3636 |
| 8.890 | 0.350 | 801.3700 | 41.3077 | 195.3878 | 1074.4200 | 55.3825 | 261.9621 | 1328.4200 | 68.4753 | 323.8916 |
| 9.525 | 0.375 | 825.5000 | 42.5515 | 201.2711 | 1107.4400 | 57.0845 | 270.0129 | 1371.6000 | 70.7010 | 334.4197 |
| 10.160 | 0.400 | 848.3600 | 43.7299 | 206.8448 | 1140.4600 | 58.7866 | 278.0638 | 1409.7000 | 72.6649 | 343.7091 |
| 10.795 | 0.425 | 873.7600 | 45.0392 | 213.0377 | 1176.0200 | 60.6196 | 286.7339 | 1437.6400 | 74.1052 | 350.5214 |
| 11.430 | 0.450 | 894.0800 | 46.0866 | 217.9921 | 1198.8800 | 61.7979 | 292.3076 | 1460.5000 | 75.2835 | 356.0950 |
| 12.065 | 0.475 | 911.8600 | 47.0031 | 222.3272 | 1221.7400 | 62.9763 | 297.8812 | 1493.5200 | 76.9856 | 364.1459 |
| 12.700 | 0.500 | 937.2600 | 48.3124 | 228.5201 | 1244.6000 | 64.1546 | 303.4549 | 1511.3000 | 77.9021 | 368.4809 |



| | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN | | |
| <i>[Signature]</i> | | <i>[Signature]</i> |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZAVILA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--------------------|--|--|--|--|--|--|------|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR | | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | | | CPM: |
| NORMA: | MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 | | | | | | LS-UPN: | | | | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023" | | | | | | | | | | |
| CALICATA: | 3 | | | TIPO DE MATERIAL: | | | Arcilloso | | | | |
| UBICACIÓN: | El empalme - Catilluc | | | COLOR DE MATERIAL: | | | Marrón oscuro | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 27 de Junio del 2023 | | | RESPONSABLE: | | | Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 27 de Junio del 2023 | | | REVISADO POR: | | | | | | | |

| CARGA - PENETRACIÓN 12% CAL | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| PENETRACIÓN | | MOLDE N° 01 | | | MOLDE N° 02 | | | MOLDE N° 03 | | |
| mm | Pulg | Carga | Esfuerzo | Lb/pf | Carga | Esfuerzo | Lb/pf | Carga | Esfuerzo | Lb/pf |
| 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.635 | 0.025 | 165.1000 | 8.5103 | 40.2542 | 190.5000 | 9.8196 | 46.4472 | 248.9200 | 12.8309 | 60.6910 |
| 1.270 | 0.050 | 254.0000 | 13.0928 | 61.9296 | 320.0400 | 16.4969 | 78.0313 | 426.7200 | 21.9959 | 104.0417 |
| 1.905 | 0.075 | 332.7400 | 17.1515 | 81.1277 | 434.3400 | 22.3887 | 105.8996 | 581.6600 | 29.9825 | 141.8187 |
| 2.540 | 0.100 | 401.3200 | 20.6866 | 97.8487 | 535.9400 | 27.6258 | 130.6714 | 736.6000 | 37.9691 | 179.5958 |
| 3.175 | 0.125 | 462.2800 | 23.8289 | 112.7118 | 619.7600 | 31.9464 | 151.1082 | 866.1400 | 44.6464 | 211.1798 |
| 3.810 | 0.150 | 518.1600 | 26.7093 | 126.3363 | 706.1200 | 36.3979 | 172.1642 | 990.6000 | 51.0619 | 241.5253 |
| 4.445 | 0.175 | 571.5000 | 29.4588 | 139.3415 | 767.0800 | 39.5402 | 187.0273 | 1079.5000 | 55.6443 | 263.2007 |
| 5.080 | 0.200 | 632.4600 | 32.6010 | 154.2046 | 833.1200 | 42.9443 | 203.1290 | 1181.1000 | 60.8814 | 287.9725 |
| 5.715 | 0.225 | 680.7200 | 35.0887 | 165.9712 | 881.3800 | 45.4320 | 214.8956 | 1244.6000 | 64.1546 | 303.4549 |
| 6.350 | 0.250 | 708.6600 | 36.5289 | 172.7835 | 937.2600 | 48.3124 | 228.5201 | 1297.9400 | 66.9041 | 316.4601 |
| 6.985 | 0.275 | 767.0800 | 39.5402 | 187.0273 | 993.1400 | 51.1928 | 242.1446 | 1363.9800 | 70.3082 | 332.5618 |
| 7.620 | 0.300 | 805.1800 | 41.5041 | 196.3167 | 1041.4000 | 53.6804 | 253.9112 | 1427.4800 | 73.5814 | 348.0442 |
| 8.255 | 0.325 | 843.2800 | 43.4680 | 205.6062 | 1089.6600 | 56.1680 | 265.6779 | 1480.8200 | 76.3309 | 361.0494 |
| 8.890 | 0.350 | 883.9200 | 45.5629 | 215.5149 | 1143.0000 | 58.9175 | 278.6831 | 1529.0800 | 78.8186 | 372.8160 |
| 9.525 | 0.375 | 929.6400 | 47.9196 | 226.6622 | 1196.3400 | 61.6670 | 291.6883 | 1574.8000 | 81.1753 | 383.9633 |
| 10.160 | 0.400 | 965.2000 | 49.7526 | 235.3324 | 1249.6800 | 64.4165 | 304.6935 | 1623.0600 | 83.6629 | 395.7300 |
| 10.795 | 0.425 | 1021.0800 | 52.6330 | 248.9569 | 1303.0200 | 67.1660 | 317.6987 | 1666.2400 | 85.8887 | 406.2580 |
| 11.430 | 0.450 | 1041.4000 | 53.6804 | 253.9112 | 1348.7400 | 69.5227 | 328.8460 | 1714.5000 | 88.3763 | 418.0246 |
| 12.065 | 0.475 | 1092.2000 | 56.2990 | 266.2971 | 1402.0800 | 72.2722 | 341.8512 | 1760.2200 | 90.7330 | 429.1719 |
| 12.700 | 0.500 | 1137.9200 | 58.6557 | 277.4445 | 1452.8800 | 74.8907 | 354.2371 | 1785.6200 | 92.0423 | 435.3649 |



ESFUERZO (LB/PULGZ)

PENETRACIÓN (")

13 Golpes (blue diamonds), 27 Golpes (orange squares), 56 Golpes (grey triangles)



| | | |
|----------------------------------|---------------------------------|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
| NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN | | Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL |
| NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL | NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: |

ANEXO N°74.

Ensayo EADES & GRIM.

| LABORATORIO DE QUÍMICA - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|--|--|--|--|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> ENSAYO: EADES & GRIM NORMA: ASTM D-6276 PROYECTO: MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023¹ </td> <td style="width: 50%; text-align: right;"> CÓDIGO DEL DOCUMENTO: EADES & GRIM-IQ-LPNC: </td> </tr> </table> | ENSAYO: EADES & GRIM NORMA: ASTM D-6276 PROYECTO: MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023 ¹ | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: EADES & GRIM-IQ-LPNC: | |
| ENSAYO: EADES & GRIM NORMA: ASTM D-6276 PROYECTO: MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023 ¹ | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: EADES & GRIM-IQ-LPNC: | | |
| CALICATA: 1. UBICACIÓN: CARRETERA EMPAL-CATILLUC FECHA DE MUESTREO: 10/04/2023 FECHA DE ENSAYO: 10/04/2023 | TIPO DE MATERIAL: LIMO ARENOSO COLOR DE MATERIAL: MARRON CLARO- AMARILLENTO RESPONSABLE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN REVISADO POR: MARUJA DEL SOCORRO REQUEIME CHUQUIMANGO | | |

| MUESTRA SOLO MATERIAL | MUESTRA AL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO | MUESTRA AL 8% DE ÓXIDO DE CALCIO | MUESTRA AL 12% DE ÓXIDO DE CALCIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|----|------|----|------|----|------|----------|------|---|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----------|-------|--|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----------|-------|--|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----------|-------|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>1</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>2</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>3</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>4</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>5</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>6</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>7</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>8</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>9</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>10</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>11</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>12</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>5.22</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 5.23 | 1 | 5.23 | 2 | 5.23 | 3 | 5.23 | 4 | 5.23 | 5 | 5.22 | 6 | 5.22 | 7 | 5.22 | 8 | 5.22 | 9 | 5.22 | 10 | 5.22 | 11 | 5.22 | 12 | 5.22 | Promedio | 5.22 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.07</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.09</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.11</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.12</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.14</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.14</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.16</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.17</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.18</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.18</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.19</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.20</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.21</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.15</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.07 | 1 | 12.09 | 2 | 12.11 | 3 | 12.12 | 4 | 12.14 | 5 | 12.14 | 6 | 12.16 | 7 | 12.17 | 8 | 12.18 | 9 | 12.18 | 10 | 12.19 | 11 | 12.20 | 12 | 12.21 | Promedio | 12.15 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.68</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.68</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.69</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.69</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.7</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.71</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.71</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.71</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.73</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.71</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.68 | 1 | 12.68 | 2 | 12.69 | 3 | 12.69 | 4 | 12.7 | 5 | 12.71 | 6 | 12.71 | 7 | 12.71 | 8 | 12.72 | 9 | 12.72 | 10 | 12.72 | 11 | 12.72 | 12 | 12.73 | Promedio | 12.71 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.45</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.47</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.48</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.51</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.52</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.53</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.54</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.54</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.55</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.51</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.42 | 1 | 12.45 | 2 | 12.47 | 3 | 12.48 | 4 | 12.5 | 5 | 12.51 | 6 | 12.52 | 7 | 12.53 | 8 | 12.54 | 9 | 12.54 | 10 | 12.55 | 11 | 12.56 | 12 | 12.56 | Promedio | 12.51 |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 5.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 5.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 5.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 5.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 5.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 5.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | ASESOR |
|---|---|
|  NOMBRE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN FECHA: 18-07-2023 |  NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 08-08-2023 |

OBSERVACIONES: Los datos se obtuvieron por instrumentos sin certificado de calibración, ya que dichos instrumentos son utilizados netamente para temas académicos.



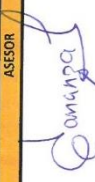
ANEXO N°75.

Ensayo EADES & GRIM.

| | | | |
|---|--|------------------------------|---|
| LABORATORIO DE QUÍMICA - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | PROTOCOLO | |
| ENSAYO: | EADES & GRIM | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | EADES & |
| NORMA: | ASTM D-6276 | GRIMLO-UPN: | |
| PROYECTO: | "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023" | | |
| CALCATA | 2 | TIPO DE MATERIAL: | ARCILLOSO |
| UBICACIÓN: | CARRETERA EMPAL-CATILLUC | COLOR DE MATERIAL: | MARRÓN OSCURO |
| FECHA DE MUESTREO: | 10/04/2023 | RESPONSABLE: | KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN |
| FECHA DE ENSAYO: | 10/04/2023 | REVISADO POR: | MARUJA DEL SOCORRO REQUELME CHUQUIMANGO |






| MUESTRA SOLO MATERIAL | MUESTRA AL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO | MUESTRA AL 8% DE ÓXIDO DE CALCIO | MUESTRA AL 12% DE ÓXIDO DE CALCIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|----|------|----|------|----|-------|----------|------|--|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----------|-------|--|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----------|-------|--|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----------|-------|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>6.53</td></tr> <tr><td>1</td><td>6.61</td></tr> <tr><td>2</td><td>6.68</td></tr> <tr><td>3</td><td>6.74</td></tr> <tr><td>4</td><td>6.79</td></tr> <tr><td>5</td><td>6.84</td></tr> <tr><td>6</td><td>6.89</td></tr> <tr><td>7</td><td>6.92</td></tr> <tr><td>8</td><td>6.96</td></tr> <tr><td>9</td><td>6.99</td></tr> <tr><td>10</td><td>7.02</td></tr> <tr><td>11</td><td>7.05</td></tr> <tr><td>12</td><td>7.008</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>6.85</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 6.53 | 1 | 6.61 | 2 | 6.68 | 3 | 6.74 | 4 | 6.79 | 5 | 6.84 | 6 | 6.89 | 7 | 6.92 | 8 | 6.96 | 9 | 6.99 | 10 | 7.02 | 11 | 7.05 | 12 | 7.008 | Promedio | 6.85 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.36</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.43</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.45</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.46</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.46</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.42</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.36 | 1 | 12.38 | 2 | 12.39 | 3 | 12.4 | 4 | 12.41 | 5 | 12.42 | 6 | 12.42 | 7 | 12.43 | 8 | 12.44 | 9 | 12.44 | 10 | 12.45 | 11 | 12.46 | 12 | 12.46 | Promedio | 12.42 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.29</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.32</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.33</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.35</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.43</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.38</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.29 | 1 | 12.32 | 2 | 12.33 | 3 | 12.35 | 4 | 12.38 | 5 | 12.38 | 6 | 12.39 | 7 | 12.4 | 8 | 12.41 | 9 | 12.42 | 10 | 12.43 | 11 | 12.44 | 12 | 12.44 | Promedio | 12.38 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.29</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.31</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.33</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.34</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.35</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.36</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.43</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.37</td></tr> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.29 | 1 | 12.31 | 2 | 12.33 | 3 | 12.34 | 4 | 12.35 | 5 | 12.36 | 6 | 12.38 | 7 | 12.39 | 8 | 12.4 | 9 | 12.41 | 10 | 12.41 | 11 | 12.42 | 12 | 12.43 | Promedio | 12.37 |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 6.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 6.61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 6.68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 6.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 6.79 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 6.84 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6.89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 6.92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 6.96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 6.99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 7.02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 7.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 7.008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 6.85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: Los datos se obtuvieron por instrumentos sin certificado de calibración, ya que dichos instrumentos son utilizados netamente para temas académicos.

| | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN | NOMBRE: MARUJA DEL SOCORRO REQUELME CHUQUIMANGO | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA |
| FECHA: 18-07-2023 | FECHA: 01/10/2023 | FECHA: 08-08-2023 |

ANEXO N°76.

Ensayo EADES & GRIM

| LABORATORIO DE QUIMICA - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - CAJAMARCA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|------|----|------|----|-------|----------|-------|---|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----------|-------|
|  UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | PROTOCOLO EADES & GRIM ASTM D-6276 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: NORMA: PROYECTO: | CODIGO DEL DOCUMENTO: EADES & GRIM I.Q. UPNC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAUCITA UBICACION: FECHA DE MUESTREO: FECHA DE ENSAYO: | TIPO DE MATERIAL: COLOR DE MATERIAL: RESPONSABLE: REVISADO POR: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC 10/04/2023 10/04/2023 | ARCILLOSO MARRON OSCURO KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN MARUJA DEL SOCORRO REQUELME CHUQUIMANGO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA SOLO MATERIAL | MUESTRA AL 12% DE OXIDO DE CALCIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>9.29</td></tr> <tr><td>1</td><td>9.28</td></tr> <tr><td>2</td><td>9.27</td></tr> <tr><td>3</td><td>9.27</td></tr> <tr><td>4</td><td>9.25</td></tr> <tr><td>5</td><td>9.24</td></tr> <tr><td>6</td><td>9.23</td></tr> <tr><td>7</td><td>9.22</td></tr> <tr><td>8</td><td>9.22</td></tr> <tr><td>9</td><td>9.21</td></tr> <tr><td>10</td><td>9.21</td></tr> <tr><td>11</td><td>9.2</td></tr> <tr><td>12</td><td>9.2</td></tr> <tr><td>13</td><td>9.19</td></tr> <tr><td>14</td><td>9.19</td></tr> <tr><td>15</td><td>9.18</td></tr> <tr><td>16</td><td>9.18</td></tr> <tr><td>17</td><td>9.18</td></tr> <tr><td>18</td><td>9.17</td></tr> <tr><td>19</td><td>9.16</td></tr> <tr><td>20</td><td>9.16</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>9.21</td> </tr> </tbody> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 9.29 | 1 | 9.28 | 2 | 9.27 | 3 | 9.27 | 4 | 9.25 | 5 | 9.24 | 6 | 9.23 | 7 | 9.22 | 8 | 9.22 | 9 | 9.21 | 10 | 9.21 | 11 | 9.2 | 12 | 9.2 | 13 | 9.19 | 14 | 9.19 | 15 | 9.18 | 16 | 9.18 | 17 | 9.18 | 18 | 9.17 | 19 | 9.16 | 20 | 9.16 | Promedio | 9.21 | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>12.17</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.2</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.24</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.26</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.27</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.29</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.31</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.32</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.33</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.34</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.35</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.36</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.37</td></tr> <tr><td>13</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>14</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>15</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>16</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>17</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>18</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>19</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>20</td><td>12.41</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>12.33</td> </tr> </tbody> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.17 | 1 | 12.2 | 2 | 12.24 | 3 | 12.26 | 4 | 12.27 | 5 | 12.29 | 6 | 12.31 | 7 | 12.32 | 8 | 12.33 | 9 | 12.34 | 10 | 12.35 | 11 | 12.36 | 12 | 12.37 | 13 | 12.38 | 14 | 12.38 | 15 | 12.39 | 16 | 12.4 | 17 | 12.41 | 18 | 12.41 | 19 | 12.41 | 20 | 12.41 | Promedio | 12.33 |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 9.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 9.28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 9.27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 9.27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 9.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 9.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 9.23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 9.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 9.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 9.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 9.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 9.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 9.19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 9.19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 9.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 9.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 9.18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 9.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 9.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 9.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 9.21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 12.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 12.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 12.39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 12.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>12.29</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.33</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.35</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.37</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.43</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.45</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.46</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.46</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.47</td></tr> <tr><td>13</td><td>12.48</td></tr> <tr><td>14</td><td>12.48</td></tr> <tr><td>15</td><td>12.48</td></tr> <tr><td>16</td><td>12.49</td></tr> <tr><td>17</td><td>12.49</td></tr> <tr><td>18</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>19</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>20</td><td>12.51</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>12.44</td> </tr> </tbody> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.29 | 1 | 12.33 | 2 | 12.35 | 3 | 12.37 | 4 | 12.39 | 5 | 12.41 | 6 | 12.42 | 7 | 12.43 | 8 | 12.44 | 9 | 12.45 | 10 | 12.46 | 11 | 12.46 | 12 | 12.47 | 13 | 12.48 | 14 | 12.48 | 15 | 12.48 | 16 | 12.49 | 17 | 12.49 | 18 | 12.5 | 19 | 12.5 | 20 | 12.51 | Promedio | 12.44 | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>12.47</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.48</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.49</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.51</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.51</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.52</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.52</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.53</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.53</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.54</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.54</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.55</td></tr> <tr><td>13</td><td>12.55</td></tr> <tr><td>14</td><td>12.55</td></tr> <tr><td>15</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>16</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>17</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>18</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>19</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>20</td><td>12.56</td></tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>12.53</td> </tr> </tbody> </table> | Tiempo (s) | pH | 0 | 12.47 | 1 | 12.48 | 2 | 12.49 | 3 | 12.5 | 4 | 12.51 | 5 | 12.51 | 6 | 12.52 | 7 | 12.52 | 8 | 12.53 | 9 | 12.53 | 10 | 12.54 | 11 | 12.54 | 12 | 12.55 | 13 | 12.55 | 14 | 12.55 | 15 | 12.56 | 16 | 12.56 | 17 | 12.56 | 18 | 12.56 | 19 | 12.56 | 20 | 12.56 | Promedio | 12.53 |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 12.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 12.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 12.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 12.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 12.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 12.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 12.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 12.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo (s) | pH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 12.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 12.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 12.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 12.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 12.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 12.52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12.52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 12.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 12.54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 12.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 12.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 12.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 12.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 12.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: Los datos se obtuvieron por instrumentos sin certificado de calibración, ya que dichos instrumentos son utilizados netamente para temas académicos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ASESOR  | ASESOR  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN FECHA: 18-07-2023 | NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 08-08-2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO N°77.

ubicación de canteras

Cantera La Tuna Blanca

Acceso: A 4.20 km del final del tramo en la Carretera Santa Cruz - Chiclayo.

Descripción: es una cantera de matriz rocosa tipo caliza y brechas de suelo compacto de textura "gravo-areno-arcillosa" del tipo GP-GM.]

Clasificación SUCS: GP - GM

| | |
|-----------------------|---|
| Área de la Cantera | 48,287.60 m2. |
| Potencia Útil: | 121,322.60 m3 |
| Clasificación AASHTO: | A-1-a (0) |
| Clasificación SUCS: | GP - GM |
| Abrasión Los Ángeles: | 38.30 % |
| Descripción: | Material granular Agregado |
| Usos: | Material de afirmado, sub base, base, T.S.B, piedra grande, mediana y obras de concreto |
| Tratamiento: | Zarandeado |
| Acceso: | Directo |
| Explotación: | Tractor de (Rendimiento 45 m3/h - |

Cantera Quebrada Onda

Acceso: A 14.50 km del Empalme- por la Carretera Cajamarca Hualgayoc.

Descripción: Es una cantera también de matriz rocosa tipo caliza y brechas de suelo compacto de textura "gravo arenosas" tipo GP.

Clasificación SUCS: GP

Explotación : Con equipo convencional

Tratamiento : Chancadora, Zarandeado

| | |
|-----------------------|---|
| Área de la Cantera | 112,567.33 m2. |
| Potencia Útil: | 282,825.42 m3 |
| Clasificación AASHTO: | A-1-a |
| Clasificación SUCS: | GP |
| Abrasión Los Ángeles: | 26. |
| Descripción: | Material granular (Agregado grueso, afirmado y piedra Chancada) |
| Usos: | Material de afirmado, sub base, base, |
| Tratamiento: | Chancadora, Zarandeado |
| Acceso: | Directo |
| Explotación: | Tractor, de (Rendimiento 45 m3/h |

ANEXO N°78.

Análisis estadístico (Software SPSS27)

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos window. The title bar indicates the file is '*ANOVA C2(DATOS).sav [ConjuntoDatos0]'. The menu bar includes Archivo, Editar, Ver, Datos, Transformar, Analizar, Gráficos, Utilidades, Ampliaciones, Ventana, and Ayuda. The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The main data view shows a table with 12 rows and 11 columns. The first two columns are labeled 'suelo' and 'cbr'. The data for 'suelo' is 1,00, 1,00, 2,00, 2,00, 3,00, 3,00, 4,00, 4,00, and the remaining rows are empty. The data for 'cbr' is ,66, ,68, 11,00, 11,30, 13,00, 15,00, 16,80, 17,20, and the remaining rows are empty. The status bar at the bottom indicates 'IBM SPSS Statistics Processor está listo' and 'Unicode:ACTIVADO'.

| | suelo | cbr | var | var | var | var | var | var | var | var |
|----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1,00 | ,66 | | | | | | | | |
| 2 | 1,00 | ,68 | | | | | | | | |
| 3 | 2,00 | 11,00 | | | | | | | | |
| 4 | 2,00 | 11,30 | | | | | | | | |
| 5 | 3,00 | 13,00 | | | | | | | | |
| 6 | 3,00 | 15,00 | | | | | | | | |
| 7 | 4,00 | 16,80 | | | | | | | | |
| 8 | 4,00 | 17,20 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |

ANEXO N°79.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 100%

| ANOVA | | | | | |
|---------------------|-------------------|----|------------------|---------|-------|
| CBR (100% del 0.1") | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 302.767 | 3 | 100.922 | 189.953 | 0.000 |
| Dentro de grupos | 2.125 | 4 | 0.531 | | |
| Total | 304.892 | 7 | | | |

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico ANOVA para CBR (100% a 0.1") donde la variación es significativa.

ANEXO N°80.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 100%

| Comparaciones múltiples CBR (100% de 0.1") | | | | | | |
|--|---------|----------------------------|----------------|-------|--|-----------------|
| Variable dependiente: | | | | | | |
| HSD Tukey | | | | | | |
| (I) suelo | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% Límite inferior | Límite superior |
| 0% CAL | 5% CAL | -10,48000* | 0.72890 | 0.000 | -13.4473 | -7.5127 |
| | 8% CAL | -13,33000* | 0.72890 | 0.000 | -16.2973 | -10.3627 |
| | 12% CAL | -16,33000* | 0.72890 | 0.000 | -19.2973 | -13.3627 |
| 5% CAL | 0% CAL | 10,48000* | 0.72890 | 0.000 | 7.5127 | 13.4473 |
| | 8% CAL | -2.85000 | 0.72890 | 0.057 | -5.8173 | 0.1173 |
| | 12% CAL | -5,85000* | 0.72890 | 0.005 | -8.8173 | -2.8827 |
| 8% CAL | 0% CAL | 13,33000* | 0.72890 | 0.000 | 10.3627 | 16.2973 |
| | 5% CAL | 2.85000 | 0.72890 | 0.057 | -0.1173 | 5.8173 |
| | 12% CAL | -8% CAL000* | 0.72890 | 0.048 | -5.9673 | -0.0327 |
| 12% CAL | 0% CAL | 16,33000* | 0.72890 | 0.000 | 13.3627 | 19.2973 |
| | 5% CAL | 5,85000* | 0.72890 | 0.005 | 2.8827 | 8.8173 |
| | 8% CAL | 8% CAL000* | 0.72890 | 0.048 | 0.0327 | 5.9673 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico post hoc para CBR (100% a 0.1”) donde la variación es significativa.

ANEXO N°81.

Análisis estadístico (Software SPSS27)

| | suelo | cbr | var | var | var | var | var | var | var | var |
|----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1,00 | ,49 | | | | | | | | |
| 2 | 1,00 | ,43 | | | | | | | | |
| 3 | 2,00 | 8,20 | | | | | | | | |
| 4 | 2,00 | 6,20 | | | | | | | | |
| 5 | 3,00 | 10,10 | | | | | | | | |
| 6 | 3,00 | 9,80 | | | | | | | | |
| 7 | 4,00 | 9,54 | | | | | | | | |
| 8 | 4,00 | 10,90 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |

ANEXO N°82.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 95%

| ANOVA | | | | | |
|-------------------|-------------------|----|------------------|--------|-------|
| CBR (95% de 0.1") | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 123.751 | 3 | 41.250 | 55.526 | 0.001 |
| Dentro de grupos | 2.972 | 4 | 0.743 | | |
| Total | 126.722 | 7 | | | |

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico ANOVA para CBR (95% a 0.1") donde la variación es significativa.

ANEXO N°83.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 95%

| Comparaciones múltiples CBR (95% de 0.1") | | | | | | |
|---|---------|----------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| Variable dependiente: | | | | | | |
| HSD Tukey | | | | | | |
| (I) suelo | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 0% CAL | 5% CAL | -6,74000* | 0.86192 | 0.005 | -10.2487 | -3.2313 |
| | 8% CAL | -9,49000* | 0.86192 | 0.001 | -12.9987 | -5.9813 |
| | 12% CAL | -9,76000* | 0.86192 | 0.001 | -13.2687 | -6.2513 |
| 5% CAL | 0% CAL | 6,74000* | 0.86192 | 0.005 | 3.2313 | 10.2487 |
| | 8% CAL | -2.75000 | 0.86192 | 0.105 | -6.2587 | 0.7587 |
| | 12% CAL | -3.02000 | 0.86192 | 0.080 | -6.5287 | 0.4887 |
| 8% CAL | 0% CAL | 9,49000* | 0.86192 | 0.001 | 5.9813 | 12.9987 |
| | 5% CAL | 2.75000 | 0.86192 | 0.105 | -0.7587 | 6.2587 |
| | 12% CAL | -0.27000 | 0.86192 | 0.988 | -3.7787 | 3.2387 |
| 12% CAL | 0% CAL | 9,76000* | 0.86192 | 0.001 | 6.2513 | 13.2687 |
| | 5% CAL | 3.02000 | 0.86192 | 0.080 | -0.4887 | 6.5287 |
| | 8% CAL | 0.27000 | 0.86192 | 0.988 | -3.2387 | 3.7787 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico post hoc para CBR (95% a 0.1") donde la variación es significativa.

ANEXO N°84.

Matriz de Consistencia.

| Formulación de problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Metodología |
|--|---|---|---|---|
| <p>¿De qué manera influye el óxido de calcio en el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, en la provincia de San Miguel?</p> | OBJETIVO GENERAL | | | TIPO DE INVESTIGACIÓN |
| | <p>Determinar la influencia del óxido de calcio en el suelo a nivel de la Subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, en la provincia de San Miguel.</p> | | | <p>La investigación tiene un alcance descriptivo con diseño experimental</p> |
| | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | | | VARIABLES INDEPENDIENTES |
| | <p>Analizar las propiedades físicas y mecánicas que influyen en la capacidad portante del suelo a nivel de subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, en la provincia de San Miguel.</p> | <p>La capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso se incrementa en 5%, 8% y 12%, a medida que se incorpora el óxido de calcio.</p> | <p>Oxido de calcio</p> | <p>La población de la siguiente investigación constas del tramo de la carretera Empalme - Catilluc., mientras que la muestra consta del análisis de la subrasante mediante 3 calicatas.</p> |
| | <p>Establecer una dosificación de las bolsas de polietileno con adición del 5%, 8% y 12% para el mejoramiento de la subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, en la provincia de San Miguel.</p> | | <p>Mejoramiento de suelo a nivel de subrasante.</p> | TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. |
| | | | | <p>La técnica de recolección de datos se hará mediante ensayos empleando equipos del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte</p> |