



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización de subrasante con cal en la carretera Yurimaguas
– Inía tramo Km. 0+720 al Km. 0+820, Loreto 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Coral Garcia, Moises (orcid.org/0000-0002-7024-1032)

Ruiz Sifuentes, Carlos Enrique (orcid.org/0000-0002-1086-3139)

ASESOR:

Mg. Fernández Valles, César Alfredo (orcid.org/0000-0002-8436-5327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TARAPOTO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, por ser el creador de todo lo que me rodea, en especial por la familia en que me permitió nacer.

A mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mi hermana por el apoyo que me brinda siempre.

A mi hijo por ser la razón de que me levante cada día, esforzarme por el presente y el mañana, es mi principal motivación.

Autor. Moisés Coral García

A Dios por darme la vida, en especial por la familia que me dio.

Dedico este trabajo con esfuerzo y con dedicación, a mis padres por todo el apoyo que me brindan para poder lograr mis metas ya que gracias a ellos he llegado a donde estoy, a punto de lograr mi meta al culminar mi Carrera de ingeniería civil.

Autor. Carlos Enrique Ruiz Sifuentes

Agradecimiento

Agradecemos a Dios, por darnos la vida, salud y sabiduría a lo largo de los años de estudios, a nuestros padres, especial agradecimiento, ya que además de la vida les debemos su entrega sin medida y desinteresado para perseguir nuestros sueños, a la universidad por ofrecernos una educación de calidad, a nuestro docente guía, por ser clave en la elaboración de nuestra tesis.

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variable y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de análisis de datos.....	17
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	62

Índice de tablas

Tabla 1. Grado de validez del instrumento de medición.....	15
Tabla 2. Grado de validez del instrumento de medición a utilizar.....	15
Tabla 3. Diagnóstico de la subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto L= 1+300 km.....	21
Tabla 4. Registro de excavación de calicatas.....	21
Tabla 5. Coordenadas UTM de la calicata 01.....	22
Tabla 6. Resumen de los ensayos determinados del suelo natural.....	23
Tabla 7. Resumen del ensayo de Proctor Modificado de la C-01 (M-1) y (M-2).....	24
Tabla 8. Análisis Granulométrico de la combinación (1era capa y 2da capa).....	25
Tabla 9. Resultados de (LL) de Subrasante Mejorada.....	26
Tabla 10. Resultados de (LP) de Subrasante Mejorada.....	27
Tabla 11. Resultado de cálculos (LL) y (LP) e (IP) Subrasante Mejorada.....	28
Tabla 12. Resumen del ensayo de Proctor Modificado de la Subrasante Mejorada (M-1 y M-2).....	28
Tabla 13. Determinación del CBR de la Subrasante Mejorada (M-1 y M-2).....	29
Tabla 14. Resumen de resultados de los ensayos de la mezcla (M-1 y M-2).....	29
Tabla 15. Resultados de la combinación 1era capa + 2da capa.....	30
Tabla 16. Análisis Granulométrico por tamizado suelo de Subrasante + Cal 5%.....	31
Tabla 17. Resultados de (LL) de suelo Subrasante + Cal 5%.....	32
Tabla 18. Resultados de (LP) de suelo Subrasante + Cal 5%.....	33
Tabla 19. Resultado de cálculos del (LL) y (LP) e (IP) Suelo Subrasante + Cal 5%.....	34
Tabla 20. Resumen del ensayo de Proctor Modificado de la Subrasante Mejorada + Cal 5%.....	34
Tabla 21. Determinación del CBR de la Subrasante + Cal 5%.....	34
Tabla 22. Análisis Granulométrico por tamizado suelo de Subrasante + Cal 8%.....	35
Tabla 23. Resultados de (LL) de suelo Subrasante + Cal 8%.....	36
Tabla 24. Resultados de (LP) de suelo Subrasante + Cal 8%.....	37

Tabla 25. Resultado de cálculos del (LL) y (LP) e (IP) Suelo Subrasante + Cal 8%.....	38
Tabla 26. Ensayo de Proctor Modificado de la Subrasante Mejorada + Cal 8%.....	38
Tabla 27. Determinación del CBR de la Subrasante + Cal 8%.....	38
Tabla 28. Resultados de estabilización de subrasante con cal al 8%.....	47

Índice de figuras

Figura 1. Variables.....	12
Figura 2. Mapa político del Perú y del departamento de Loreto.....	19
Figura 3. Mapa político de la Provincia de Alto Amazonas.....	20
Figura 4. Ubicación del proyecto.....	20
Figura 5. Curva granulométrica (Mezcla M-1 y M-2).....	26
Figura 6. Determinación del (LL) Subrasante Mejorada.....	27
Figura 7. Curva granulométrica con 5% de cal.....	32
Figura 8. Gráfico de la determinación del (LL) suelo Subrasante + Cal 5%.....	33
Figura 9. Curva granulométrica con 8% de cal.....	36
Figura 10. Gráfico de la determinación del (LL) Suelo Subrasante + Cal 8%.....	37
Figura 11. Comparaciones de resultados del Limite Liquido.....	39
Figura 12. Comparaciones de resultados del Limite Plástico.....	40
Figura 13. Comparaciones de resultados del índice de plasticidad.....	41
Figura 14. Comparaciones de resultados de humedad natural.....	42
Figura 15. Comparaciones de resultados del índice de la densidad máxima.....	43
Figura 16. Comparaciones de resultados del optimo contenido de humedad.....	44
Figura 17. Comparaciones de resultados del CBR al 95%.....	45
Figura 18. Comparaciones de resultados del CBR al 100%.....	46

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación ha sido estabilizar subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Iníá. La metodología utilizada fue de tipo aplicada con un diseño experimental, muestreo no probabilístico intencional, cuya técnica es la observación directa con fichas de recolección de datos. Mediante ensayos realizados en el laboratorio determinamos para la subrasante natural que el LL fue 28.5%, LP de 15.2%, su IP de 13.3%, calificando al suelo muy arcilloso y una subrasante pobre, por lo que se tuvo que mezclar la muestra 1 y 2 para mejorar la subrasante, obteniendo resultados de LL fue 23.5%, LP de 14.7%, su IP de 8.8%, CBR(95%) de 14.4% y CBR(100%) de 22.8%, calificándola como una subrasante buena para estabilizar, una vez estabilizado con cal al 5% y 8%, la subrasante tuvo cambios positivos en sus propiedades satisfaciendo así los parámetros que la norma estable, disminuyendo el IP a 6.8%, así mismo el CBR(100%) aumentó a 32.2% y 89.5% con respecto al CBR inicial. Concluyendo así que en la adición óptima de cal al 8% mejora las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante con los estándares mínimos del MTC.

Palabras Clave: Estabilización, cal, subrasante, CBR

ABSTRACT

The general objective of this investigation has been to stabilize the subgrade with lime on the road Yurimaguas - Inía. The methodology used was applied with an experimental design, intentional non-probabilistic sampling, whose technique is direct observation with data collection sheets. Through tests carried out in the laboratory, we determined for the natural subgrade that the LL was 28.5%, LP 15.2%, its IP 13.3%, qualifying the soil as very clayey and a poor subgrade, for which reason sample 1 and sample 1 had to be mixed. 2 to improve the subgrade, obtaining results of LL was 23.5%, LP of 14.7%, its IP of 8.8%, CBR (95%) of 14.4% and CBR (100%) of 22.8%, qualifying it as a good subgrade to stabilize. Once stabilized with 5% and 8% lime, the subgrade had positive changes in its properties, thus satisfying the parameters of the stable norm, decreasing the IP to 6.8%, likewise the CBR (100%) increased to 32.2% and 89.5% with respect to the initial CBR. Thus, concluding that the optimal addition of 8% lime improves the physical and mechanical properties of the subgrade with the minimum standards of the MTC.

Keywords: Stabilization, lime, subgrade, CBR

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las zonas rurales se encuentran en desventaja porque casi siempre carecen de un mantenimiento adecuado. las constantes lluvias contribuyen al fácil deterioro de estos caminos sin asfaltar. Hemos observado que hoy en día la inestabilidad de las subrasantes es el principal problema de las carreteras sin pavimentar, siendo las principales causas la acumulación de agua, la falta de capacidad portante, plasticidad en estado húmedo y el exceso desprendimientos de la carpeta de rodadura, la inestabilidad de la subrasante debido al alto contenido de humedad. Las consecuencias que se está ocasionando son los daños como: baches, encalaminados, hundimientos, erosión, deformación, los vehículos no pueden transitar en ese estado, afectando gravemente a las personas que utilizan del diario las carreteras no pavimentadas para poder llevar sus productos a los mercados. Siendo un inconveniente que se presenta a nivel nacional en el Perú, en la Selva y la Sierra especialmente, a veces los habitantes tienen que ver la forma de transportar sus productos si la vía no está en buenas condiciones. Los suelos en la selva se caracterizan por ser de baja capacidad portante y arcillosos, el cual crea problemas para el mantenimiento y renovación de caminos. Por lo tanto, en el **ámbito internacional**, las subrasantes muchas veces no tienen las mejores propiedades para utilizarse en diversos proyectos de ingeniería, debido a que tienen poca durabilidad, sufren deformaciones, desgaste y, a largo plazo, son dañados negativamente por los efectos de la atmósfera. A las subrasantes inestables se realiza un proceso de adecuación o mejora de estas propiedades para que el terreno sea apto a ser usado, evitando el traslado de materiales adicionales donde aumentan los montos constructivos dañando el medio ambiente. Estos procesos implican una determinada manipulación o tratamiento para aprovechar al máximo las características del suelo, haciéndose estable, firme y capaz de soportar las condiciones extremas. Siempre, nos vemos en la necesidad de realizar una mejora a las características naturales de la subrasante, Mejorando las condiciones durante el proceso a todos los problemas de construcción, este proceso se llama estabilización (Parra, 2018). En el **ámbito nacional**, la geología presenta una variedad de suelos, terreno accidentado y climas

diferentes, creados por las actividades de los Andes. El suelo es mayormente sedimentado en la zona selva siendo arcillosos y cuando se saturan manifiestan variaciones de volumen que crean inestabilidades, además tienen capacidad baja de soporte y no puede ser utilizado como subrasante, entre las muchas propiedades otorgadas del suelo, en el ámbito de la construcción la más importante es la plasticidad, de la que depende el equilibrio de la estructura, generando impactos desfavorables en la construcción. Siendo esto, una hinchazón que es el cambio de masa y profundización o asentamiento que provoca la rotura de estructuras y en algunos casos muerte por su colapso (Moale y Rivera, 2019). En el **ámbito local** Cuando se encuentra subrasante plástica (arcilla) en los caminos sin pavimentar, lo primero que se viene a la mente es cómo superar este problema y generalmente se resuelve retirando todo el material malo, por lo que incurre en mayores costos. Un buen tratamiento de la subrasante mediante la estabilización con cal ayudará a utilizar la tierra del lugar de trabajo, reduciendo el costo de préstamo, limpieza y transporte de equipos. Por lo expuesto anteriormente nos formulamos esta pregunta como **problema general** ¿Cómo lograr una estabilización de subrasante con cal en la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022?, de lo que se obtuvo los siguientes **problemas específicos**. ¿Cuál será el diagnóstico de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022?, ¿Cuáles serán los estudios físicos y mecánicos de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022?, ¿Cuál será la proporción óptima de cal para estabilizar subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022?. De lo mencionado se presenta la **justificación teórica**: Esta investigación en el aspecto teórico está basada en utilizar la cal como material estabilizador del suelo. Además, nos basamos técnicamente en el manual de carreteras por que tiene como referente normas institucionales conocidas internacionalmente como ASTM y AASHTO, los cuales indican los procedimientos a seguir para la estabilización de subrasantes. Asimismo, la **justificación práctica**: Este estudio ayudó a contribuir con la fluidez del tránsito de los vehículos livianos y pesados, reduciendo así el impacto ambiental negativo que tiene sobre el material particulado (polvo), generado por la actividad de los medios de transporte

causando molestias a los vecinos de la zona. De acuerdo a la **justificación por conveniencia**: Se realizó ensayos a las muestras de subrasante en el laboratorio, con adición de cal para estabilizarlo, para mejorar una vía en mal estado de una forma más económica y práctica. También tenemos la **justificación social**: puesto que al realizar la estabilización del suelo con cal a nivel de capa base, que lleva a la estabilización considerando estos parámetros y así no falla, lleva a una sociedad más satisfecha. Con respecto a la **justificación metodológica**: se recopiló información de repositorios institucionales y artículos de investigación, el estudio propuesto será replicable en futuros estudios al tomar como referencia la dosificación de cal, que tiene como objetivo estabilizar la superficie para aumentar la capacidad portante del mismo. Así mismo, dentro de nuestro **objetivo general**: Estabilizar subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Iníá, Loreto; tenemos como **objetivos específicos**: Realizar el diagnóstico de la subrasante de la carretera Yurimaguas – Iníá, Loreto. Realizar los estudios físicos y mecánicas de la subrasante de la carretera Yurimaguas - Iníá, Loreto. Determinar la proporción óptima de cal para estabilizar subrasante de la carretera Yurimaguas – Iníá, Loreto. Finalmente se presenta la **hipótesis general**: La cal si mejora la estabilización de subrasante en la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022, como **hipótesis específicas**: El diagnóstico ayuda a conocer el estado actual de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022. Los estudios físicos y mecánicas influyen en la clasificación de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022. La proporción óptima de cal si mejora la estabilización de subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022.

II. MARCO TEÓRICO

A **nivel internacional** también se desarrollaron investigaciones importantes sobre la estabilización de suelo, que sirven de ayuda como fuentes de futuras investigaciones. Como se tiene el caso de **(Hernández, Mejía y Zelaya, 2016)** en su tesis “Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador”. Propone estabilizar el suelo arcilloso sobre pavimento rígido, el cual hace mención: al momento de añadir cal al terreno natural es ampliar su CBR, para lograr el cumplimiento mínimo requerido para usarse en subrasante. Por eso, como resultado menciona que se debe adicionar 5% de cal al terreno natural, ya que esto puede incrementar su cantidad de resistencia de 1,93% a 54,00%. Concluyendo que, el suelo con un contenido de 5% de cal es viable formar parte de la carpeta de rodadura. Según a este trabajo, la incorporación de cal reduce el 45% al 0% de IP y reduce en un 88% su hinchamiento. Por su parte **(Sánchez, 2017)**, en su estudio “Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical Tosagua Provincia de Manabí”, el principal fin es la estabilización del suelo extensivo del sector Calcical del Cantón Tosagua, utilizando cemento y cal para disminuir su potencial expansivo. Concluyo que de acuerdo con SUCS lo clasifica como un suelo altamente plástico (CH) y su clasificación en el grupo (A-7-6) según AASHTO, en otras palabras, como arcillas plásticas; asimismo afirma que; con cemento al 9% logro conseguir un valor menos en el IP, disminuyendo al 36% en relación al estado natural, acrecentando el LL al 8% y el LP se aumenta al 61%. De la misma forma menciona que, con cemento al 3% logro disminuir el % de hinchamiento un 57%, y con cemento al 5% disminuyo en un 74%, y con el 7% logro una reducción de 87%. Según **(Sinha y Iyer, 2020)** realizaron un artículo sobre “Efecto de la estabilización sobre las características del suelo de subrasante en la revista Avances en Métodos Informáticos y Geomecánica (Advances in Computer Methods and Geomechanics) en Singapur”. El presente trabajo revisa el efecto de la estabilización del suelo (es decir, la influencia del contenido estabilizador, el período de curado, el espesor de la estabilización) en las características de la subrasante. Los resultados de estudios anteriores revelan que la cal es más

popular para la estabilización cohesiva del suelo con un contenido de cal óptimo reportado como 4-5%. Finalmente concluyen que observan un incremento en el C.B.R para suelos estabilizados en comparación con suelos no estabilizados. La estabilización del suelo disminuye el IP y la M.D.S de los suelos, mientras sube el contenido óptimo de humedad. **A nivel nacional** a continuación, se presentan algunos de ellos: **(Moale y Rivera, 2019)** en su trabajo de investigación titulada “Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica, Lima, Perú” cuyo principal objetivo es mejorar la capacidad portante de suelo, mediante estabilización del suelo de forma química, con el adecuado porcentaje de cal. Los resultados que obtuvieron son positivos ya que el valor obtenido del ensayo en su condición natural, el CBR es 3.3% al 95% de su densidad máxima seca, siendo alta su capacidad de soporte. Concluyeron, que añadiendo a la subrasante natural el 15% de cal, se incrementa en 78.8% el CBR. Así mismo **(Palacios y Villalobos, 2021)** en su propuesta de investigación “Estabilización del suelo adicionando cal para Mejorar el CBR de la carretera del Huito tramo km 0+100 al km 1+100, Jaén”. Cuyo principal objetivo es la estabilización de suelos añadiendo cal a fin de aumentar el CBR. Realizando prácticas obtuvieron los resultados en su estado natural con un 30% LP, 22% de LL y el 8% de IP y el 4.80% de CBR, calificándole al suelo como una subrasante pobre, realizado la estabilización con cal el suelo obtiene cambios positivos en sus características cumpliendo así los estándares que la norma establece. Concluyeron que al 2%, 4% y 8% de cal modifica las propiedades mecánicas y físicas del suelo para ser útil en una subrasante. Por un lado **(Tacca, 2021)** en su tesis de “Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de Evitamiento, Abancay – Apurímac”. En que el principal fin es la estabilización de un suelo de características arcillosas añadiendo cal a la subrasante en una vía. Cuyos resultados salieron que al añadir las proporciones de cal al 4%, 8% y 12% mejora el suelo y su capacidad de soporte, en consecuencia la estabilización de la subrasante mejora, el suelo mezclado con cal al 12% consiguió un porcentaje de 28.5% al CBR (95% 0.1”), continuo por el suelo mezclado con cal al 8%, que tiene 24.95% de CBR (95% 0.1”), de igual forma

el suelo mezclado cal al 4% logro un CBR (95% 0.1") de 19.2% lo cual es ampliamente más al CBR (95% 0.1") del suelo natural de 9.4%. el trabajo concluye que añadiendo las cantidades de cal al 4%, 8% y 12%, mejora la capacidad de soporte del suelo, en consecuencia, la estabilización de la subrasante mejora, asimismo logrando como dosificación optima el 8% de cal.

En el **marco conceptual** revisamos conceptos concernientes a la **variable independiente**: Cal, como **definición** en el artículo (Lime and limestone, 2018) menciona que la cal (piedra caliza) es un mineral natural que está compuesta primordialmente de carbonato de calcio. Generalmente contiene carbonato de magnesio como componente secundario. La piedra caliza se encuentra en muchas formas y se clasifica en términos de origen, composición química, estructura y formación geológica. Los depósitos se distribuyen por todo el mundo. En términos generales, es el producto constituido por magnesio y los hidróxidos y óxidos de calcio derivados de la calcinación de calizas y minerales (Usedo, 2017). La cal, muy utilizada carreteras y construcciones, es un producto blanco sólido y amorfo que resulta de la descomposición térmica calor (900°C) de piedra caliza resultando en la reacción siguiente: $CO_3Ca + calor \rightarrow CO_2 + CaO^{24}$.

Cal viva: El artículo (The effect of quicklime stabilization on soil properties, 2016) hace referencia que la cal obtenida por calcinación, al desprenderse gas dióxido de carbono, es convertido en óxido de calcio (CaO), y, por tanto, en presencia de agua, se pueden convertir en morteros de cal para realizar labores de estabilización. Algunas ventajas son el ahorro, ya que cuando material en cantidad de este se disminuyen los montos de transporte, al almacenar necesita menos volumen disponible, funciona bien en época de lluvias porque reduce la apertura de arcilla.

Cal hidratada: En el artículo (The effect of quicklime stabilization on soil properties, 2016) comentan que la cal es un tipo de cal cuyo principal componente es el hidróxido de cal formado por la reacción del óxido de calcio con el agua. cuyas ventajas, encontramos que es de fácil aplicación, es más eficaz en suelos con poca humedad. Como contrapartida, se genera polvo durante la construcción, los costos de transporte son más altos debido al peso volumétrico, la dosis se pierde en lugares con mucho viento y el proceso de hidratación es más costoso debido a la mayoría de las

veces. en fábricas especializadas. **Funciones de la cal:** El principal beneficio de la cal es que al mezclarse con agua forma una aleación que aumenta las propiedades de manipulación del material a utilizar a la larga, mejora la consistencia y resistencia del material. de acuerdo con (Bauzá, 2018), el primer cambio ayuda sustancialmente a la trabajabilidad de morteros, suelos y materiales, alterando su plasticidad, capacidad de retención de agua y su permeabilidad. el mecanismo subyacente implica la carbonatación de carbohidratos al contactarse con los dióxidos de carbono atmosféricos, aumentando la resistencia y durabilidad del material. **Estabilización con cal:** de acuerdo con él (Soil stabilization manual treated with lime, 2016), al estabilizar el suelo cambia drásticamente sus propiedades, creando una resistencia y estabilidad permanente a largo plazo, especialmente a los efectos del agua. La revista (Lime stabilization of clay minerals and soils, 2017) hace mención que la estabilización con cal es una técnica bien establecida donde mejorara la propiedad de la subrasante de diferentes suelos para la construcción. El suelo arcilloso se puede estabilizar a través de pequeños porcentajes añadidos en peso, de cal, mejorando así muchas de las propiedades de ingeniería del suelo y produciendo una capa mejorada de construcción. En relación a la **variable dependiente:** Estabilización de subrasante, (Yepes, 2021) lo define como un término general que se refiere a cualquier método físico, químico, mecánico, biológico o combinado de transformación del suelo natural para propósitos de ingeniería. La estabilización del suelo regula o mejora su estabilidad volumétrica, sube su módulo y resistencia de tensión-deformación, mejora su durabilidad y permeabilidad, y disminuye la sensibilidad al agua. Se necesitan ensayos de laboratorio y de campo para valorar la eficacia de la tecnología. **Subrasante:** Es la capa que resiste la carpeta de rodadura de una vía, la propiedad número uno es que define las características de los materiales que la compondrán. (DG, 2018). La cal puede estabilizar permanentemente suelos finos usados como base donde crea una capa de valor textural significativo en los sistemas de pavimentación. El suelo tratado se puede obtener del sitio de construcción (tierra) o de materiales prestados. La estabilización del sustrato por lo general involucra la mezcla in situ y normalmente necesita añadir cal en una

proporción de 3 a 6 % suelo seco por peso. **Suelos:** El suelo forma parte externa de la corteza de la tierra, formada fundamentalmente por partes rocosas y otros cambios físicos y químicos, Según (Juárez y Rico, 2005) dicen que los suelos son unas materias orgánicas resultante de las actividades biológicas en las superficies. **Estabilización de suelos:** Según él (Manual de Carreteras Suelo y Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014). Es la transformación natural en donde el suelo es sometido a determinados tratamientos o manipulaciones con el fin de utilizar sus mejores propiedades, obtener una superficie compacto y duradero teniendo la capacidad de resistir el impacto del tráfico y las exigencias climáticas más fuertes. (p. 89). De acuerdo al artículo (Soil and clay stabilization with calcium-and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques., 2018). La estabilización de suelos son técnicas donde mejoras las características geotécnicas y de ingeniería del suelo, como la compresibilidad, la resistencia mecánica, la durabilidad, la plasticidad y la permeabilidad. **Técnicas de estabilización de suelos:** Según el artículo (Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review., 2019). Para estabilizar el suelo, las personas suelen utilizar dos métodos: estabilización química y estabilización mecánica. Cada método se utiliza de manera independiente o simultánea con el fin de extender los beneficios de cada uno. Para suelos expandidos como las arcillas, los profesionales optan por modificar el suelo fisicoquímicamente para lograr durabilidad. Es decir, los cambios de volumen de expansión-consolidación se corrigen manteniendo o mejorando las características relacionadas con la resistencia durante un largo período de tiempo, lo que generalmente se logra con estabilizando química. **Propiedades de los suelos estabilizados:** Los suelos estabilizados tienen ciertas características físicas preestablecidas para poder obtener buenos resultados al momento de mejorar sus propiedades, las cuales son: Resistencia: el artículo (Stabilization with soil lime as a base, 2016) menciona que se debe aumentar la propiedad para obtener una mayor cohesión de las partículas de los suelos, cuando se añade cemento, vibración, carga o estabilización química (cal), para evitar hundimientos. Para suelos arcillosos, aumenta la resistencia impidiendo la penetración del agua en las partículas

mediante la adición de ligantes. **Compresibilidad:** el artículo (Stabilization with soil lime as a base, 2016) menciona que se debe prestar especial atención a esta característica porque si no se controla, inducirá otra degradación del suelo haciéndolo inadecuado para su uso; Esto significa que la fuerza entre las partículas es débil, provocando desplazamiento o expansión. Esta característica mejora uniendo partículas a un material duro para llenar los vacíos. **Permeabilidad:** Es la característica del suelo donde permite que los líquidos pasen por medio de ellos sin cambiar las propiedades que existen. Se tiene que tener en cuenta, la importancia del agua circundante y buenos medios de filtración, evitando el bombeo y no afectar negativamente el rendimiento de los suelos, ya que este material impermeable puede agregarse o formar estructuras aglomeradas. (Stabilization with soil lime as a base, 2016). **Retracción y expansión:** Ambas características deben tenerse en consideración ya que son causadas por alteraciones en la humedad del suelo, por lo que es importante agregar minerales arcillosos que puedan retener el agua, así como cementos que restrinjan la humedad. (Stabilization with soil lime as a base, 2016). **Durabilidad:** Las características del suelo se refieren a su capacidad para resistir la absorción de cargas de tráfico o eventos de erosión. En carreteras construyendo varias capas con los respectivos espesores se evita problemas de durabilidad y la estabilidad no es afectada. (Stabilization with soil lime as a base, 2016). **Límites de Atterbeg:** Según el ASTM D 4318 (2005) es aquel contenido de agua en el cual se modifica la característica del suelo. Conforme el contenido de agua sube, cambia el estado del suelo. También se refiere al LL y al LP (p.3) **Limite líquido:** Según el ASTM D 4318 (2005) Es el cambio de estados de un suelo, siendo así el cambio de plástico a líquido. O más conocido como el contenido de humedad. **Límite plástico:** Según el al ASTM D 4318 (2005) Es la transformación de un suelo semisólido a un estado de suelo plástico. **Granulometría:** Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.128 (2014), es una medida de las partículas de una formación de sedimentos y el cálculo de su abundancia relativa a cada tamaño predicho por una escala de granularidad para analizar tanto el origen como las propiedades mecánicas de los sedimentos (P.01). (Juárez y Rico, 2005), mencionaron que el tamaño

de partícula es el repartimiento del tamaño del material que determinan sus características físicas, el material de comportamiento mejor es la materia prima. (p.97). **Tipos de suelos:** Clasificar los suelos es uno de los principales fines de la mecánica de suelos. Clasificar los suelos se basa en las características mecánicas del suelo. Los suelos más comunes se mencionan a continuación, junto con los nombres comúnmente utilizados para su clasificación de campo por ASTM. Las Arenas y las gravas: Son detritos, redondos o angulares, de rocas minerales con poco o ningún cambio. Este tipo de suelo no tienen adhesión con las piezas. Los Limos: Este suelo es de grano fino (materiales que pasan el tamiz N°200), pero tienen menos ductilidad que las arcillas, a menudo con materia orgánica descompuesta. En ocasiones contienen restos evidentes de material vegetal relativamente descompuesto u otros componentes orgánicos. Las arcillas: Se trata de un suelo formado por partícula derivada de la degradación mineralógica provocada por componentes de la roca, habitualmente por agentes atmosféricos. Es un suelo de plástico que mojado y seco resulta muy duro, además de su extremadamente baja absorción de agua (Zapata, 2018). **California Bearing ratio (CBR).** De acuerdo con (Bowels, 2006), hace una descripción de la prueba donde se determina la resistencia de los suelos según relación (CBR), ensayo realizado con pruebas acondicionadas en laboratorio con condición de densidad y humedad, para obtener la capacidad portante del suelo, subbase o base y afirma (p. 1). **Proctor modificado:** Según (Bowels, 2006), menciona que es una prueba compactada utilizada en un laboratorio para obtener la relación entre el peso unitario seco y el contenido de humedad del suelo compactado en un molde de 6" de diámetro con un punzón de 10 lbf que se deja caer desde una altura de 18 pulgadas, produce 56 000 lbf/ft³ de potencia de compresión (p. 2). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones Manual de Ensayo de materiales, 2016).

III. METODOLOGÍA

Este estudio tiene un enfoque **cuantitativo** y se llama así ya que trata de hechos medibles mediante el uso de técnica estadística para analizar el dato recolectado, cuyos objetivos de mayores importancias están en las descripciones, explicaciones, predicciones. y el control objetivo de los hechos y su ocurrencia tan pronto como se revelan, en base a su conclusión sobre los rigurosos de las mediciones o cuantificaciones, como en la obtención del resultado como en los procesamientos, análisis e interpretaciones. Sánchez (2019)

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Será **aplicada** cuyo objetivo es identificar, mediante del conocimiento científico, los medios (tecnologías, protocolos y metodologías) para satisfacción de la necesidad específica y reconocida. (Concytec, 2020).

3.1.2. Diseño de Investigación

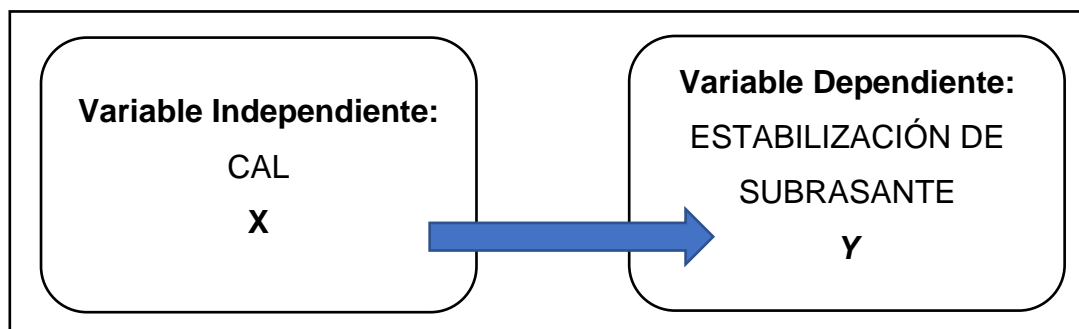
Se empleará un diseño **experimental** porque el desarrollo de la investigación se caracteriza por el interés del individuo por resolver los problemas que le rodean mediante la aplicación del método científico. Cuando los datos se recopilan mediante la observación de eventos ajustados por el investigador, donde solo se manipula una variable y se espera la respuesta de la otra variable. Ramos (2021).

Será un diseño **cuasi-experimental** según Ramos (2021), las características distintivas de este modelo de estudios son las asignaciones no aleatorias de los grupos de intervención. Por ejemplo, en investigaciones en las que se trabaja con dos grupos establecidos, no puede asignar grupos aleatoriamente.

3.2. Variable y operacionalización

En la investigación las variables son características cualitativas o cuantitativas, propiedades de un fenómeno u objeto que obtienes distintos valores, así mismo, cambian de acuerdo al tipo de observación. Carballo y Guelmes (2016)

Figura 1. Variables



Fuente: Elaboración propia.

Variable independiente: Cal

- **Definición Conceptual:** De acuerdo con Oates (2018), la cal es una sustancia de color grisáceo o blanco que consiste en óxido de calcio, que se produce cuando un mineral de cal se quema por completo.
- **Definición Operacional:** Cuando se utiliza como estabilizador, actúa sobre las arcillas, haciéndolas adecuadas para la construcción de carreteras u otros fines de carga. (NTP 334.125, 2017). Como dimensiones: Proporción de la Cal
- **Indicadores:**
 - ✓ 5%
 - ✓ 8%
- **Escala de medición:** Razón

Variable dependiente: Estabilización de Subrasante

- **Definición Conceptual:** Quispe (2020), menciona que es una parte esencial la estabilización de subrasante en las vías no pavimentadas, el cual sirve como soporte de la capa de rodadura. Para la estabilización sus características físicas, mecánicas y químicas deben ser segmentadas y evaluadas.

- **Definición Operacional:** Es una transformación físico o químico a través el cual se mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante, consiguiendo resultados como una estabilidad compacta. (Norma CE. 020) como dimensiones tenemos: Tipo de Suelo, Propiedades físicas y Propiedades mecánicas.
- **Indicadores:**
 - ✓ Grava
 - ✓ Arena
 - ✓ Material fino (limo, arcilla)
 - ✓ Ensayo de granulométrico
 - ✓ Ensayo de consistencia
 - ✓ Clasificación de suelo
 - ✓ Capacidad portante (CBR)
 - ✓ Compactación
 - ✓ Resistencia mecánica
- **Escala de medición:** Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

(The research sample, part I: sampling., 2017) “Es el conjunto de elementos de una misma especie que tienen propiedades similares o cumplen la misma definición, las características y relaciones de sus elementos a estudiar”.

La población para esta investigación será la subrasante de la carretera de Yurimaguas – Inía.

3.3.2. Muestra

Según la revista Journal of Prosthetics and Orthotics en el artículo (The research sample, part I: sampling., 2017) “es un subconjunto de sujetos representativos de una población determinada; esto se llama muestra. Se presentan los conceptos involucrados en la selección de sujetos para representar a la población más grande”.

para el trabajo de investigación será el tramo (0+720 km. al 0+820km.) de la subrasante.

3.3.3. Muestreo

(Hernández, 2017) argumenta que “el muestreo no probabilístico o directo cubre un subconjunto de la población, donde la elección de ítems no depende de la posibilidad sino de las particularidades del estudio”.

En esta investigación se tomarán muestras para subrasantes inestables y estables, y se tendrán en cuenta distintas dosis de cal y longitudes del segmento estudiado, y se determinará el tamaño de la muestra de forma no probabilística.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizará la **técnica de observación directa** en campo, que consiste en observar, hechos fenómenos, objetos, casos, situaciones, acciones, etc., con el fin de conseguir informaciones necesarias.

Los instrumentos requeridos para desarrollar esta investigación serán la comprobación de varias muestras, fichas de análisis y directivas del Ministerio de Transporte. Según (Hernández, 2017) considera que los recursos que los investigadores utilizan para anotar datos o información de las variables en las que están pensando y que estas deben estar asociadas a variables, dimensiones e índices.

Para el estudio llevaremos a cabo **los ensayos de laboratorio**, usando medidas por medio de los juicios de profesionales en la materia, mediante el manual MTC y las normas vigentes del ASTM que nos guíen para hacer los ensayos correspondientes.

Validez del Instrumento. De acuerdo a Hernández (2011, p.154), “se refiere al grado en que el instrumento mide realmente la variable que pretende medir”, donde estos se clasifican en validez de contenido, validez de criterio, validez de constructo y la validez de experto.

Según esta clasificación, para nuestra investigación se consideró la validez de expertos.

Por otra parte, para medir esta validez, (Oseda, 2011. P.154) menciona que se tendrá en cuenta la ficha siguiente.

Tabla 1

Grado de validez del instrumento de medición

Grado	Denominación
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Valida
0,66 a 0, 71	Muy valida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1,00	Validez perfecta

Fuente: (Oseda, 2011. P. 154)

Realizado el grado de validez en la ficha validación del instrumento de acuerdo a la tabla 1, este logro un valor de 0.94 de acuerdo a la tabla 1 se descifra como una excelente validez. **(ver anexo N°03)**

Tabla 2

Grado de validez del instrumento de medición a utilizar

Validez	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
TOTAL	0.95	0.90	1	0.95
Índice de Validez				0.95

Fuente: Elaboración Propia

Confiabilidad. Es el valor en donde el instrumento produce resultados consientes y consistentes, de acuerdo con (Hernández, 2017 p. 197).

La prueba de confiabilidad no se realiza en este estudio porque los documentos adjuntos fueron presentados en anexos, lo que permite una alta confiabilidad, además de que el instrumento de investigación no es un cuestionario porque se realiza en un laboratorio.

3.5. Procedimientos.

Para recabar información sobre la especificación de las propiedades mecánicas y físicas de las subrasantes estabilizadas con cal, primero es preciso saber las características o cualidad cuantitativos y cualitativos de los materiales involucrados en el desarrollo de estabilización, debiendo recurrir a los procesos indicados en las normas técnicas, como herramientas, junto con técnicas de observación, permitirán la validación de la recolección de datos para el análisis y caracterización de muestras representativas conforme a los pasos establecidos en las normas de las instituciones, tales como las del MTC, ASTM, AASHTO y NTP.

Revisión bibliográfica. Examinar los procedimientos de la prueba de muestreo e identificación para determinar las propiedades de las muestras involucrados en una estabilización de subrasante con cal, mediante la búsqueda de manuales, libros, reglamentos de acuerdo con los estándares establecidos y la identificación de los datos se convierte en instrumento de recolección.

Reconocimiento de campo. En este paso se crea el trazado de la ruta y se identifica el lugar para excavar a mano los pozos al aire libre. Además, se debe realizar una inspección ocular donde se obtenga información importante, con respecto a la topografía, el tipo del suelo, tipo de espesura en in situ donde muestre del suelo su naturaleza.

Excavación de calicatas a cielo abierto. La calicata será cavada a mano, de acuerdo con los requisitos en la norma CE. 010, que se ubica a lo largo de eje del proyecto, se alcanzara una profundidad mínima de 1 m. bajo tierra para obtener un perfil más detallado de la muestra y finalmente excavaremos 1 calicata para nuestro proyecto.

En la calicata se identificará y se describirá en forma visual las características del suelo encontrado que conforma la sección transversal, así como humedad, tipo de suelo, compacidad, forma, color, plasticidad, etc. profundidad, coordenadas geográficas, tipo de formación todos estos datos de acuerdo con lo descrito en las normas del MTC referente a exploración de campo, deben ser registradas en vistas fotográficas. Esta información se levantará en campo

con la ficha técnica, información que se trasladará al registro de calicata procesada en laboratorio.

Ensayos de laboratorio. Se realizarán muestras en laboratorios para cada transformación estratigráfica conforme a la norma técnica peruana.

3.6. Método de análisis de datos.

Nivel Descriptivo. Se ocupa del conteo y clasificación de los datos conseguidos de las observaciones. Las tablas integradas y los gráficos mostrados simplifican la complejidad de los datos implicados en la distribución. No se realiza cálculo de probabilidad y se limita a deducir claramente de los datos y parámetros logrados (Alan y Cortez, 2017).

Nivel Inferencial. El arte de sacar conclusiones con confianza sobre el comportamiento del fenómeno en estudio es objeto de varias técnicas de inferencia que existen. Plantear y resolver problemas que permitan hacer predicciones y conclusiones generales de una población desde los resultados encontrados de una muestra (Alan y Cortez, 2017).

Hay diferentes softwares donde se analizan información, su funcionalidad es muy parecida, contienen dos partes para los segmentos, una parte para las definiciones de las variables y la matriz de datos. Según (Hernández, 2017) menciona, que para llevar a cabo el trabajo de investigación se requieren programas de procesamientos de datos obtenidos de la investigación, también se utilizan programas como Excel, se deben verificar los resultados de los estudios a verificar e interpretado para cada objetivo.

3.7. Aspectos éticos.

Según los criterios **nacionales**, Gagñay y López (2020) comentan que es fundamental mantener una conducta ética en toda investigación, ensayo, tesis, etc. La ética es el comportamiento o conducta humana, distinguiendo aquí el bien del mal, el bien del mal, esta doctrina tiene las características humanas y nos hace conscientes de los principios morales que la caracterizan.

De acuerdo con Carcausto y Morales (2017) dicen que la ética es un área amplia que se aproxima el conocimiento de la naturaleza humana, lo que

ayuda a la educación universitaria, que en conexión con el conocimiento disciplinar contribuye adicionalmente a calificar el comportamiento de los estudiantes universitarios con su virtud.

De acuerdo a los criterios **internacionales**, Según Viorato y Reyes (2019) en México, hace mención que la ética es una enseñanza que se construye con la educación, asimismo indica que nuestra conducta tiene que ser una virtud como universitarios, por lo que como profesionales son importantes los valores, considerando que la ética y autenticidad del trabajo de investigación que estamos llevando a cabo con buenos resultados.

De acuerdo con la revista española cuyo artículo título (Ethical considerations of the publication of scientific articles, 2017) habla sobre la ética como una característica intelectual que contiene los derechos de autor y los derechos industriales es la correcta comprensión de la propiedad intelectual en este contexto como derecho de autor, sin embargo, es solo parcial, ya que incluye la propiedad de la obra del autor, su propiedad cuando llega a buen término. La presente investigación se ha asegurado que las fuentes sean confiables, que no existan instancias de plagio, que se hayan cumplido estrictamente los estándares internacionales de citación y referencia, teniendo en cuenta las normas internacionales ISO690, además la guía de elaboración de productos de investigación de la Universidad César Vallejo, aprobadas por el Vicerrectorado de Investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Objetivo específico: Realizar el diagnóstico de la subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto.

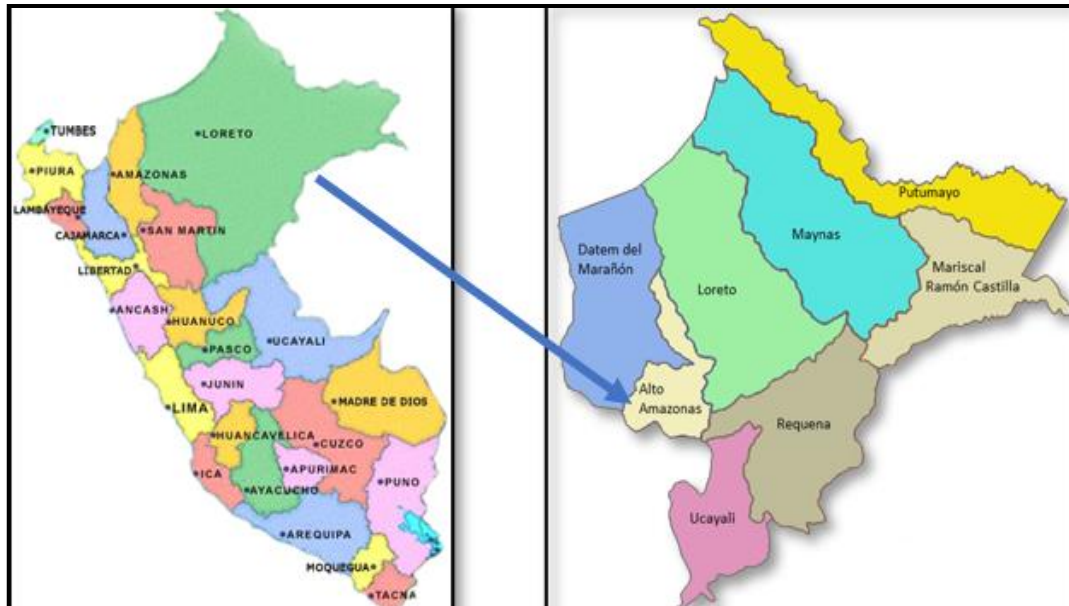
La carretera en estudio tiene 1+300 km de longitud y un ancho promedio de 4.50 m a 5.00 m, pendiente variable. Está a nivel de enripiado en algunos tramos y suelo natural en otros.

Debido a las continuas lluvias en la zona, hizo que la ruta actual se encontrara en mal estado en algunos tramos, con el terreno natural saturado, ahuellamientos, baches y hundimientos en la plataforma. La evaluación de campo, nos indicó que existe un tramo crítico que está en la progresiva 0+720 al 0+820.

La carretera presentaba una serviciabilidad regular, según el estado de daño observado en la superficie de rodadura, por lo mismo presentaba deficiencias del sistema de drenaje, por inclemencias de la naturaleza, etc.

Ubicación:

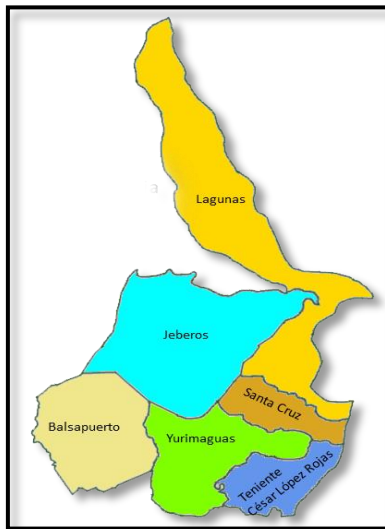
Figura 2. Mapa político del Perú y del departamento de Loreto



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 2 se observa que políticamente, el área del proyecto se encuentra en el Departamento de Loreto, Provincia de Alto Amazonas.

Figura 3. Mapa Político de la Provincia de Alto Amazonas



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 3 se aprecia el mapa de la provincia de alto amazonas y sus distritos, ya que el proyecto está en el distrito de Yurimaguas.

Figura 4. Ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura 4 se puede notar la ruta de la carretera Yurimaguas-Iníá, tramo que fue el objeto de estudio.

Tabla 3

Diagnóstico de la subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto L= 1+300 km.

Valor	Metros	%
Buena	400	30.77%
Regular	510	39.23%
Malo	290	22.31%
Critico	100	7.69%
Total	1300	100%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 3, se aprecia los resultados del estado actual de la subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía, muestra que el 39.23% (510) metros se encuentra en un estado regular, mientras que el 30.77% (400) metros se presenta estado bueno, asimismo el 22.31% (290) metros se encuentra en estado malo, solo el 7.69% (100) metros posee un estado crítico.

Trabajos de campo.

Las muestras se tomaron de acuerdo con la normativa del manual de carreteras sección suelos y pavimentos (MTC,2014, pág. 26), donde muestran que para una carretera de volumen bajo de tránsito se debe ejecutar una calicata por km con 1.50 m de profundidad.

Tabla 4

Registros de excavación de calicatas

Calicata N°	Tipo de excavación	Ubicación de excavación	Lado de excavación	Profundidad (m)
C-01	manual	tramo km. 0+720 – 0+820	margen derecha	1.50

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 4, se muestra registros de las investigaciones a través de la realización de 01 pozo exploratorio ó calicata a una profundidad de 1.50 m a lo largo y ancho del tramo km. 0+720 – 0+820. Margen derecha.

Tabla 5

Coordenadas UTM de la Calicata 01

18M 0376828	CALICATA N°01
UTM 9345507	
Km. 0+720 – 0+820 Margen: Derecha	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 5, podemos notar las coordenadas UTM de la calicata 01, donde se realizó el muestreo siendo identificadas e descritas por medio de una tarjeta con el número de muestra, ubicación y profundidad, posteriormente fueron colocados en bolsas de polietileno para ser llevados al laboratorio.

Prueba de hipótesis para el diagnóstico de la carretera

Ha: El diagnóstico ayuda a conocer el estado actual de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022.

Ho: El diagnóstico no ayuda a conocer el estado actual de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022.

De acuerdo a los resultados del diagnóstico realizado a la subrasante de la carretera mostraron un p valor menor a 0.05 a un 95% de confiabilidad, habiendo información suficiente para mencionar que el diagnóstico ayuda a conocer el estado actual de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022 y aceptamos la hipótesis alternativa (Ha)

4.2. Objetivo específico: Realizar los estudios físicos y químicos de la subrasante de la carretera Yurimaguas - Iníá, Loreto.

Estudios físicos y mecánicas

Las pruebas se ejecutaron guiándose de las normas establecidas por la (ASTM) y las Normas del MTC y NTP. Los cuales son:

Ensayo del suelo Natural C-01 (M-1)

✓ Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422)

La granulometría es la repartición del suelo según su tamaño, la cual se determina tamizando o paso del agregado a través de un tamiz de varios

diámetros hasta el N° 200 (de diámetro 0.074 mm). El análisis granulométrico da como resultado una curva granulométrica, donde el diámetro del tamiz se representa frente al porcentaje acumulado pasado o retenido según el uso previsto agregado.

Para esta investigación se tomó tres muestras de una calicata y a cada una se les realizó sus ensayos respectivos del suelo natural. Los resultados de los ensayos ejecutados se adjuntan en los anexos, del cual se desprenden los cuadros siguientes:

Tabla 6

Resumen de los ensayos determinados del suelo natural

CARACTERISTICAS FISICO - MECÁNICAS	18M 0376828 UTM 9345507 CALICATA N°01		
	M-1	M-2	M-3
Limite Liquido (%) ASTM D-4318	20.80	28.50	51.70
Limite Plástico (%) ASTM D-4318	14.50	15.20	21.30
Índice Plástico (%)	6.30	13.30	30.40
% Pasa Tamiz N° 4	57.00	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200 ASTM D-422	16.70	48.60	93.50
Clasificación SUCS ASTM D-2487	(SM-SC)	SC	CH
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	A-6(4)	A-7-6(18)
Hum. Natural "In Situ" (%) ASTM D-2216	8.21	14.10	31.60
Profundidad de Perforación	0.00 – 0.10	0.10 – 0.50	0.50 – 1.50

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 6, se observa el resumen de los resultados físicos de las tres muestras ensayadas en el laboratorio al nivel natural, obteniendo así un perfil estratigráfico de la calicata realizada.

Ensayos de Proctor modificado del suelo natural

✓ **Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D-1557)**

Esta prueba se hace antes de dar uso al agregado en el suelo para saber cuánta se debe agregar de agua, para lograr una compactación mejor.

La Densidad Máxima del Proctor Modificado y su óptimo contenido de humedad es importante, para la determinación del CBR y los cálculos del grado de compactación del relleno en construcción. Este ensayo se realizó con 5 capas y 56 golpes.

Tabla 7

Resumen del ensayo de Proctor Modificado de la C-01 (M-1) y (M-2)

Resultado Obtenido	Muestras	
	1	2
Densidad Máxima Seca	2.100 gr/cc	1.930 gr/cc
Humedad Optima	7.5 %	11.0%

Fuente. Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 7, se aprecia los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado de las dos muestras de la calicata 01, la muestra 01 tiene una densidad seca máxima de 2.100 gr/cc y una humedad optima de 7.5 %, la muestra 02 tiene una densidad seca máxima de 1.930 gr/cc y una humedad optima de 11.0 %.

Nivel freático

De acuerdo a los trabajos de campo realizados a los suelos de la calicata N° 01, No se encontró presencia de agua a 1.50 m de profundidad.

Se ha demostrado que el terreno sufre cambios de volumen durante lluvias intensas, lo que hace que el agua se acumule y sature el terreno, lo que se combina con la formación de su topografía. La saturación es del 35% sobre el terreno natural.

Descripción del material de subrasante

De acuerdo a las observaciones efectuadas en el campo durante la realización de los trabajos de exploración y los resultados de la clasificación de campo realizada, se han determinado las características del suelo a lo largo del tramo en estudio.

La Subrasante (Terreno Natural o Relleno), llamado también terreno de fundación tiene diferentes características, los suelos componentes son finos, predominando los siguientes tipos de suelos: (Estrato Superior) **Arena**

gravosa limosa, contiene 43% de grava, (Estrato Intermedio) **Arena limosa**, (Estrato Inferior) **Arcilla Inorgánica de alta plasticidad**.

Para lograr resultados mejores en la estabilización de la subrasante se realizó la combinación del estrato superior (1era capa) con el estrato intermedio (2da capa), se trabajó con una muestra de 6,000 gr.

Tabla 8

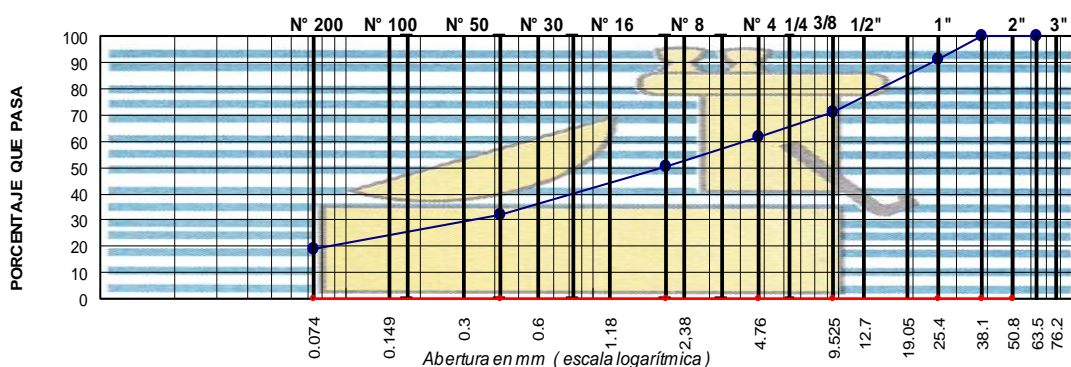
Análisis Granulométrico de la combinación (1era capa y 2da capa)

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO		PORCENTAJE	
		Retenido	Retenido	Acumulado	que pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	516.00	8.60	8.60	91.40
3/4"	19.050	762.00	12.70	21.30	78.70
1/2"	12.700	252.00	4.20	25.50	74.50
3/8"	9.525	198.00	3.30	28.80	71.20
1/4"	6.350				
N°4	4.760	588.00	9.80	38.60	61.40
N°6	3.360				
N°8	2.380	70.85	8.70	47.30	52.70
N°10	2.000	20.36	2.50	49.80	50.20
N°16	1.190	13.03	1.60	51.40	48.60
N°20	0.840	17.92	2.20	53.60	46.40
N°30	0.590	51.30	6.30	59.90	40.10
N°40	0.420	64.33	7.90	67.80	32.20
N°50	0.297	26.06	3.20	71.00	29.00
N°80	0.177	44.79	5.5	76.50	23.50
N°100	0.149	8.96	1.10	77.60	22.40
N°200	0.074	28.50	3.50	81.10	18.90
PAN	-	153.91	18.90	100.00	-

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla 8, muestra que el 18.90% pasa la malla #200, esta combinación o subrasante mejorada, está conformada por **suelo tipo (SC)** de acuerdo a la clasificación SUCS y según AASHTO pertenece a los grupos y sub – Grupos **A-2-4(0)**, **arena gravosa arcillosa**, color marrón claro, que contiene 38.6% de grava retenido en el tamiz N°4.

Figura 5. Curva granulométrica (Mezcla de M-1 y M-2)



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados realizados hicieron posibles generar la curva granulométrica tal como se muestra en la figura 5.

Tabla 9

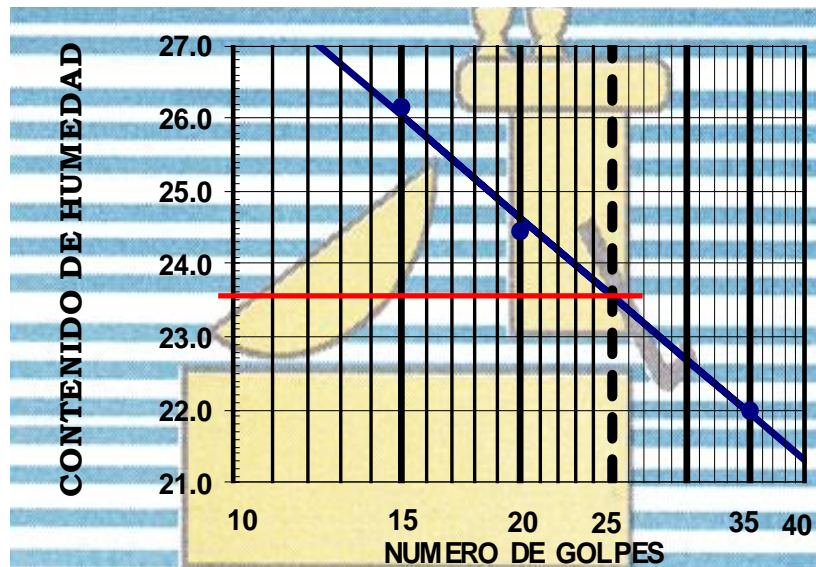
Resultados de (LL) de Subrasante Mejorada

LIMITE LIQUIDO			
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	1	2	3
Peso recip. + suelo húmedo	20.84	21.62	22.23
Peso recip. + suelo seco	19.30	19.81	20.19
Tara	12.30	12.41	12.39
Peso del agua	1.54	1.81	2.04
Peso del suelo seco	7.00	7.40	7.8
Contenido de humedad (%)	22.0	24.5	26.2

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 9. Se hicieron en 03 muestras, donde la muestra 01 finalizó en 35 aciertos con 22.0 %, la muestra 02 en 20 aciertos con 24.5% y la muestra 03 en 15 aciertos con 26.2% contenido de humedad, correspondientes.

Figura 6. Determinación del (LL) Subrasante Mejorada



Fuente. Elaboración propia

Interpretación: En la figura 6, se observan los datos de 3 ensayos realizados, los resultados luego, se promediaron, arrojando un **LL = 23.50%**.

Tabla 10

Resultados de (LP) de Subrasante Mejorada

	LIMITE PLASTICO		HN
N° del recipiente	13	14	5
Peso recip. + suelo húmedo	7.12	7.1	272.39
Peso recip. + suelo seco	6.74	6.67	251.1
Tara	4.14	3.77	33.9
Peso del agua	0.38	0.43	21.29
Peso del suelo seco	2.60	2.9	217.2
Contenido de humedad (%)	14.6	14.8	9.80

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 10, en este trabajo 02 muestras se realizaron, el volumen de agua dividido por la masa de suelo seco multiplicado por 100, se consiguió para la primera muestra un 14.6% y para la segunda muestra un 14.8% de contenido de humedad. Por lo tanto, estos valores se promedian, arrojando un **LP = 14.7%**. Donde cuya humedad natural alcanza a 9.80%.

Tabla 11

Resultado de cálculos del (LL) y (LP) e (IP) Subrasante Mejorada

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
Limite liquido	23.50%
Limite plástico	14.70%
IP	9.80%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 11. Después de obtener los resultados del (LL), (LP) y (IP) se calculan de acuerdo a la fórmula siguiente ($IP = LL - LP$), como resultado se tiene un **IP = 9.80%**.

Se efectuó la prueba de Proctor Modificado de la Subrasante Mejorada (M1 y M2). Se trabajo en 5 capas con 56 golpes.

Tabla 12

Resumen del ensayo de Proctor Modificado de la Subrasante Mejorada (M-1 y M-2)

Resultado Obtenido	Muestra Subrasante Mejorada
Densidad Máxima Seca	1.970 gr/cc
Humedad Optima	10.30 %

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 12, se observa los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado de la combinación de las dos muestras (M-1 y M-2), mostrando datos de densidad seca máxima de 1.970 gr/cc y una humedad optima de 10.30 %.

Capacidad de soporte del suelo

Se presenta la capacidad de soporte de los suelos Subrasante mejorada (mezcla estrato superior + estrato intermedio) en función del índice CBR. De acuerdo a los resultados y los ensayos ejecutados a las muestras extraídas de la calicata aperturada en el tramo en función a las características predominantes del suelo y su capacidad de soporte.

Tabla 13*Determinación del CBR de la Subrasante Mejorada (M-1 y M-2)*

Resultados	CBR 95%	CBR 100%
Densidad máxima seca	1.872 gr/cc	1.970 gr/cc
CBR %	14.40%	22.80%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 13, se muestra la máxima densidad, del CBR al 95% siendo 14.40% y al 100%, obteniendo un 22.80% respectivamente de la combinación de la mezcla de la M-1 y M-2.

Tabla 14*Resumen de resultados de los ensayos de la mezcla (M-1 y M-2)*

Límite de consistencia			Clasificación		CBR del ensayo 0.1" de penetración		Calidad como
LL%	LP%	IP%	SUCS	AASHTO	100%	95%	SUBRASANTE
23.50	14.70	8.80	SC	A-2-4(0)	22.80	14.40	BUENA

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 14, se muestra los resultados de los ensayos de la combinación de la M-1 y M-2, obteniendo como subrasante buena.

Análisis de la subrasante

Se consideran apto para recubrir suelos con un CBR del 6% o superior. Si es menor, se retira esta capa de material y se coloca material con un CBR superior al 11% para su estabilización. de la subrasante. Las subrasantes en el tramo presentan una calidad muy buena, el cual nos permite realizar su estabilización con la cal.

Índice de grupo

Este es el índice utilizado actualmente por AASHTO para clasificar el suelo y se basa principalmente en los límites de Atterberg. Un índice de cero indica

una muy buena superficie, y un índice igual o superior a 20 indica una superficie que no se puede utilizar en carreteras.

Tabla 15

Resultados de la combinación 1era. capa + la 2da. Capa

CARACTERISTICAS FISICO – MECANICOS	Und	RESULTADOS
Limite Liquido del suelo	%	23.50
Limite Plástico del suelo	%	14.70
Índice de Plasticidad del suelo	%	8.80
Humedad natural del suelo	%	9.80
Granulometría (Finos pasa Tamiz N° 4)		61.40
Granulometría (Finos pasa Tamiz N° 200)	%	18.90
Análisis químico del suelo So4	%	0.0017
Densidad Máxima seca del Proctor Mod.	Gr/cc	1.970
Optimo contenido de humedad de Proctor Mod.	%	10.30
Valor Relativo de soporte, CBR 04 días de inmersión en agua	-	14.40
Clasificación SUCS	-	SC
Clasificación AASHTO	-	A-2-4(0)
Profundidad	m	0.00 – 0.50

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 15, se muestra los resultados de los ensayos de la combinación de la 1era y 2da capa, obteniendo como subrasante buena para ser estabilizada con cal.

Prueba de hipótesis para las propiedades físicas – mecánicas

Ha: Los estudios físicas y mecánicas influyen en la clasificación de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022.

Ho: Los estudios físicos y mecánicas no influyen en la clasificación de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022.

De acuerdo a los resultados de las propiedades físicos de los LL, LP, IP, M.D.S y CBR mostraron un p valor menor a 0.05 a un 95% de confiabilidad, habiendo información suficiente para mencionar que los estudios físicos y mecánicas influyen en la clasificación de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Iníá, Loreto 2022 y aceptamos la hipótesis alternativa (Ha)

4.3. Objetivo específico: Determinar la proporción óptima de cal para estabilizar subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto.

Caracterización Suelo de Subrasante + Cal 5% con una muestra de 7,000 gr.

Tabla 16

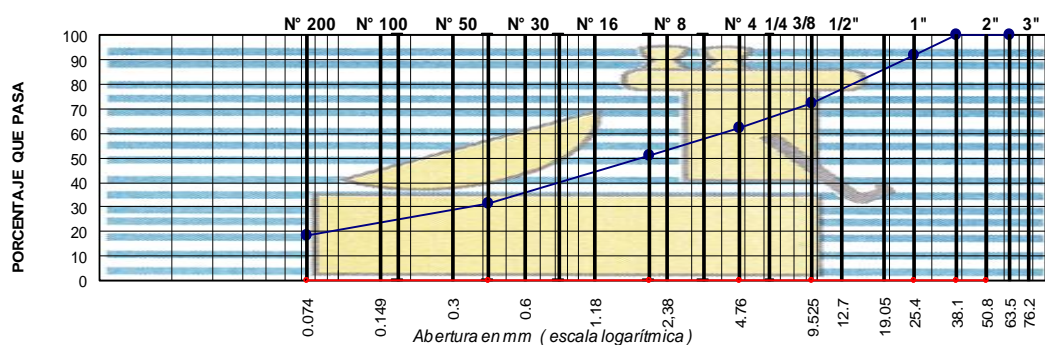
Análisis Granulométrico por tamizado Suelo de Subrasante + Cal 5%

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO Retenido	PORCENTAJE (%)		
			Retenido	Acumulado	que pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100
1"	25.400	553.00	7.90	7.90	92.1
3/4"	19.050	714.00	10.20	18.10	81.9
1/2"	12.700	385.00	5.50	23.60	76.4
3/8"	9.525	287.00	4.10	27.70	72.3
1/4"	6.350				
N°4	4.760	714.00	10.20	37.90	62.1
N°6	3.360				
N°8	2.380	74.07	9.20	47.10	52.9
N°10	2.000	16.91	2.10	49.20	50.8
N°16	1.190	15.30	1.90	51.10	48.9
N°20	0.840	21.74	2.70	53.80	46.2
N°30	0.590	43.48	5.40	59.20	40.8
N°40	0.420	75.68	9.40	68.60	31.4
N°50	0.297	26.57	3.30	71.90	28.1
N°80	0.177	45.89	5.7	77.60	22.4
N°100	0.149	11.27	1.40	79.00	21
N°200	0.074	22.54	2.80	81.80	18.2
PAN	-	205.72	18.20	100.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla 16, muestra que el 18.20% pasa la malla #200, esta, Esta combinación de cal y subrasante: Está conformada por **suelo tipo (SC)** de acuerdo a la clasificación SUCS y según AASHTO pertenece a los grupos y sub – Grupos **A-2-4(0), arena gravosa arcillosa**, color marrón claro, que contiene 37.9% de grava retenido en el tamiz N°4.

Figura 7. Curva granulométrica con 5% de cal



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Los resultados realizados hicieron posibles generar la curva granulométrica tal como se muestra en la figura 7.

Tabla 17

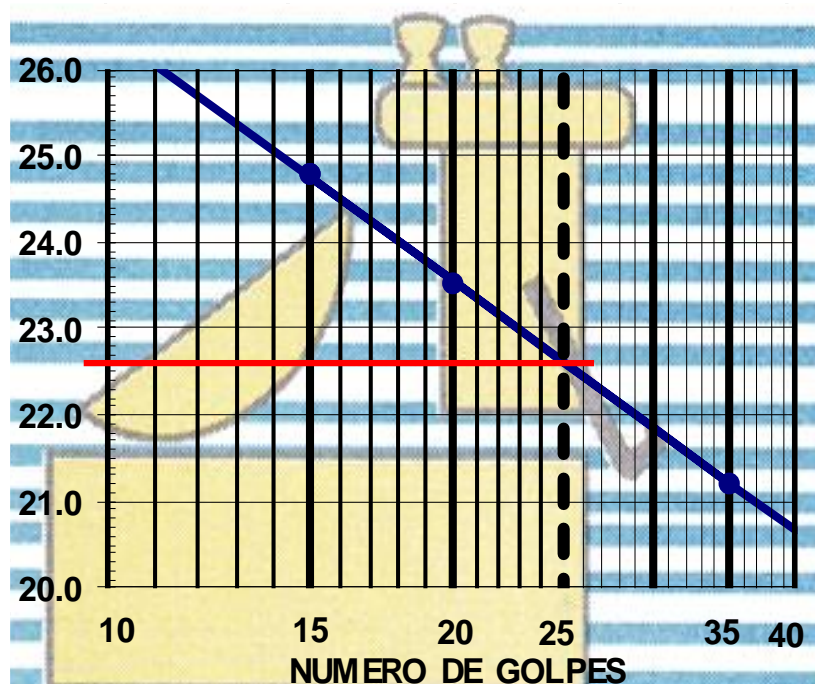
Resultados de (LL) de Suelo Subrasante + Cal 5%

LIMITE LIQUIDO			
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	4	5	6
Peso recip. + suelo húmedo	23.50	18.76	20.91
Peso recip. + suelo seco	21.59	16.55	18.48
Tara	12.59	7.15	8.68
Peso del agua	1.91	2.21	2.43
Peso del suelo seco	9.00	9.40	9.8
Contenido de humedad (%)	21.2	23.5	24.8

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 17. Se hicieron en 03 muestras, donde la muestra 01 finalizó en 35 aciertos con 21.2%, la muestra 02 en 20 aciertos con 23.5% y la muestra 03 en 15 aciertos con 24.8% de contenido de humedad correspondientes.

Figura 8. Gráfico de la determinación del (LL) Suelo Subrasante + Cal 5%



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 8, se observan los datos de 3 ensayos realizados, los resultados luego, se promediaron, arrojando un **LL = 22.6%**.

Tabla 18

Resultados de (LP) de Suelo Subrasante + Cal 5%

	LIMITE PLASTICO		HN
N° del recipiente	15	16	6
Peso recip. + suelo húmedo	7.69	7.91	253.24
Peso recip. + suelo seco	7.21	7.36	235.69
Tara	4.01	7.36	33.99
Peso del agua	0.48	3.74	17.55
Peso del suelo seco	3.20	0.55	201.7
Contenido de humedad (%)	15.00	15.2	8.7

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 18. En este trabajo 02 muestras se realizaron, el volumen de agua dividido por la masa de suelo seco multiplicado por 100, se obtuvo para la primera muestra un 15.0% y para la segunda muestra un 15.2% contenido de humedad. Por lo tanto, estos valores se promedian, arrojando un **LP = 15.1%**. Donde cuya humedad natural alcanza a 8.7%

Tabla 19*Resultado de cálculos del (LL) y (LP) e (IP) Suelo Subrasante + Cal 5%*

INDICE DE PLASTICIDAD	
Limite liquido	22.60%
Limite plástico	15.10%
IP	7.50%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 19. Después de obtener los resultados del (LL), (LP) y (IP) se calculan de acuerdo a la fórmula siguiente ($IP = LL - LP$), como resultado se tiene un **IP = 8.7%**.

Tabla 20*Resumen del ensayo de Proctor Modificado de la Subrasante Mejorada + Cal 5%*

Resultado Obtenido	Muestra Subrasante + Cal 5%
Densidad Máxima Seca	1.990 gr/cc
Humedad Optima	9.4 %

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 20, se aprecia los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado de la combinación de subrasante + cal 5%, mostrando datos de densidad seca máxima de 1.990 gr/cc y una humedad optima de 9.4 %.

Tabla 21*Determinación del CBR de la Subrasante + Cal 5%*

Resultados	CBR 95%	CBR 100%
Densidad máxima seca	1.891 gr/cc	1.990 gr/cc
CBR %	24.8%	32.2%

Fuente. Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 21, se muestra la máxima densidad, del CBR al 95% siendo 24.8% y al 100%, obteniendo un 32.2% respectivamente de la combinación de la mezcla de Subrasante + Cal 5%.

Caracterización Suelo de Subrasante + Cal 8% con una muestra de 9,000 gr.

Tabla 22

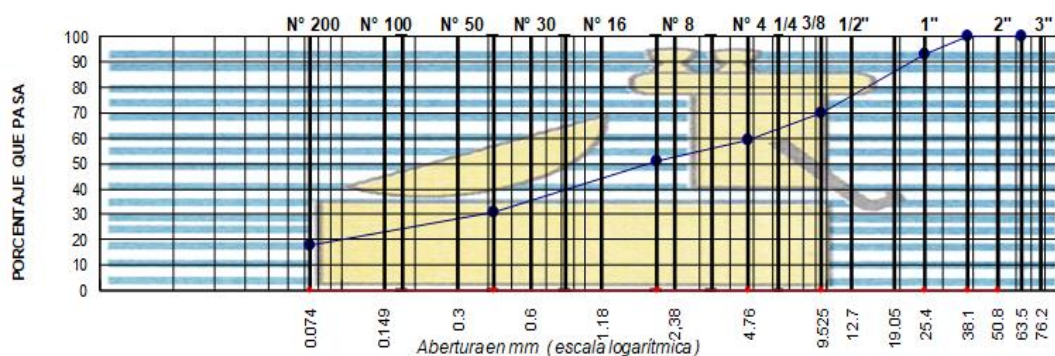
Análisis Granulométrico por tamizado Suelo de Subrasante + Cal 8%

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO		PORCENTAJE	
		Retenido	Retenido	Acumulado	que pasa
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.0
1"	25.400	621.00	6.90	6.90	93.1
3/4"	19.050	873.00	9.70	16.60	83.4
1/2"	12.700	702.00	7.80	24.40	75.6
3/8"	9.525	504.00	5.60	30.00	70
1/4"	6.350				
N°4	4.760	972.00	10.80	40.80	59.2
N°6	3.360				
N°8	2.380	49.83	5.90	46.70	53.3
N°10	2.000	21.96	2.60	49.30	50.7
N°16	1.190	11.82	1.40	50.70	49.3
N°20	0.840	21.11	2.50	53.20	46.8
N°30	0.590	56.59	6.70	59.90	40.1
N°40	0.420	77.70	9.20	69.10	30.9
N°50	0.297	29.56	3.50	72.60	27.4
N°80	0.177	41.39	4.9	77.50	22.5
N°100	0.149	15.20	1.80	79.30	20.7
N°200	0.074	26.18	3.10	82.40	17.6
PAN	-	148.65	17.60	100.00	-

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla 22, muestra que el 17.6% pasa la malla #200, esta combinación o subrasante con cal 8%: Está conformada por suelo tipo (SM-SC) de acuerdo a clasificación SUCS y según AASHTO pertenece a los grupos y sub – Grupos A-2-4(0), arena gravosa limosa, color amarillento claro, que contiene 40.80% de grava retenido en el tamiz N°4.

Figura 9. Curva granulométrica con 8% de cal



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados realizados hicieron posibles generar la curva granulométrica tal como se muestra en la figura 9.

Tabla 23

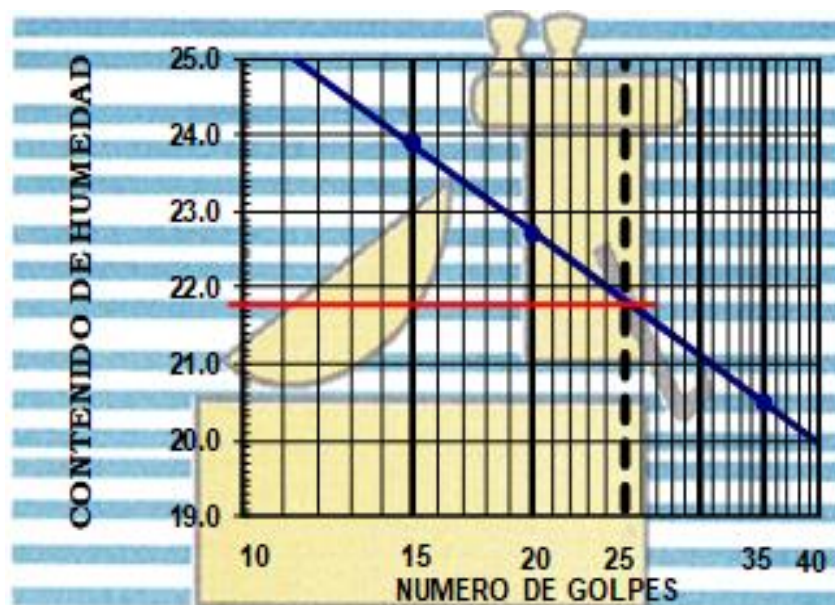
Resultados de (LL) de Suelo Subrasante + Cal 8%

LIMITE LIQUIDO			
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	7	8	9
Peso recip. + suelo húmedo	22.00	21.61	25.71
Peso recip. + suelo seco	19.95	19.25	23.13
Tara	9.95	8.85	12.33
Peso del agua	2.05	2.36	2.58
Peso del suelo seco	10.00	10.40	10.8
Contenido de humedad (%)	20.5	22.7	23.9

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 23, se hicieron en 03 muestras, donde la muestra 01 finalizó en 35 aciertos con 20.5%, la muestra 02 en 20 aciertos 22.7% y la muestra 03 en 15 aciertos con 23.9 % de contenido de humedad correspondientes.

Figura 10. Gráfico de la determinación del (LL) Suelo Subrasante + Cal 8%



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 10, se observan los datos de 3 ensayos realizados, los resultados luego, se promediaron, arrojando un **LL = 21.7%**.

Tabla 24

Resultados de (LP) de Suelo Subrasante + Cal 8%

	LIMITE PLASTICO		HN
N° del recipiente	17	18	2
Peso recip. + suelo húmedo	7.92	8.28	276.22
Peso recip. + suelo seco	7.39	7.69	258.03
Tara	3.81	3.76	41.53
Peso del agua	0.53	0.59	18.19
Peso del suelo seco	3.58	3.93	216.5
Contenido de humedad (%)	14.8	15.0	8.40

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 24. En este trabajo 02 muestras se realizaron, el volumen de agua dividido por la masa de suelo seco multiplicado por 100, se obtuvo para la primera muestra un 14.8% y para la segunda muestra un 15.0% con humedad. Por lo tanto, estos valores se promedian, arrojando un **LP = 14.9%**. Donde cuya humedad natural alcanza a 8.40%.

Tabla 25

Resultado de cálculos del (LL) y (LP) e (IP) Suelo Subrasante + Cal 8%

INDICE DE PLASTICIDAD	
Limite liquido	21.70%
Limite plástico	14.90%
IP	6.80%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los resultados de la tabla 25. Después de obtener los resultados del (LL), (LP) y (IP) se calculan de acuerdo a la fórmula siguiente ($IP = LL - LP$), como resultado se tiene un **IP = 6.8%**.

Tabla 26

Ensayo de Proctor Modificado de la Suelo Subrasante + Cal 8%

Resultado Obtenido	Muestra Subrasante + Cal 8%
Densidad Máxima Seca	2.040 gr/cc
Humedad Optima	8.5 %

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 26, se aprecia los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado de la combinación de subrasante + cal 8%, mostrando datos de densidad seca máxima de 2.040 gr/cc y una humedad optima de 8.5 %.

Tabla 27

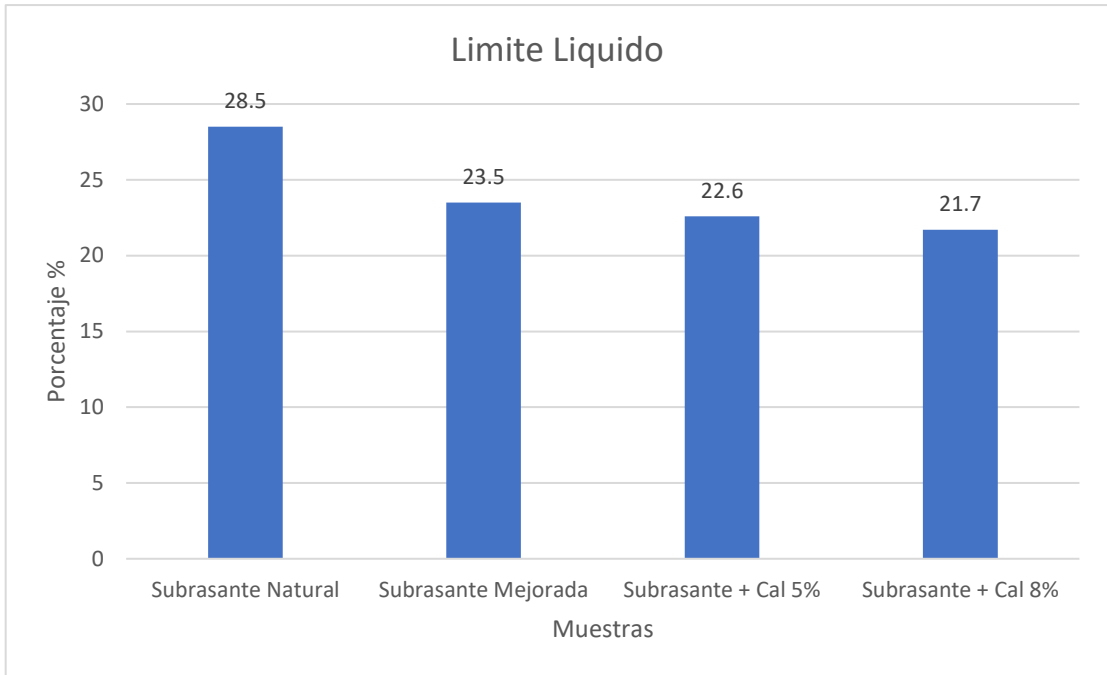
Determinación del CBR de la Subrasante + Cal 8%

Resultados	CBR 95%	CBR 100%
Densidad máxima seca	1.938 gr/cc	2.040 gr/cc
CBR %	79.5%	89.5%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 27, se observa la máxima densidad, del CBR al 95% siendo 89.5% y al 100%, obteniendo un 79.5% respectivamente de la combinación de la mezcla de Subrasante + Cal 8%.

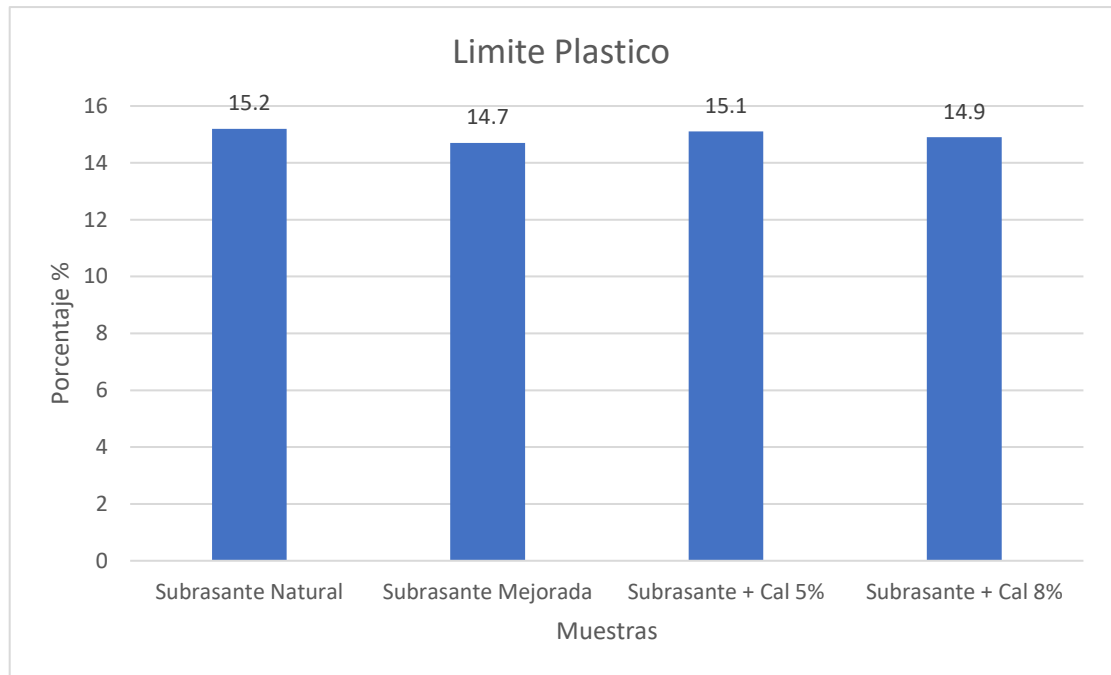
Figura 11. Comparaciones de resultados del Limite Liquido



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 11, se aprecia el resultado del límite líquido de las muestras ensayadas, con diferentes porcentajes de cal, de tal manera que en la subrasante natural se obtiene 28.5%, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 23.5%, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 22.6%, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 21.7% de limite liquido respectivamente.

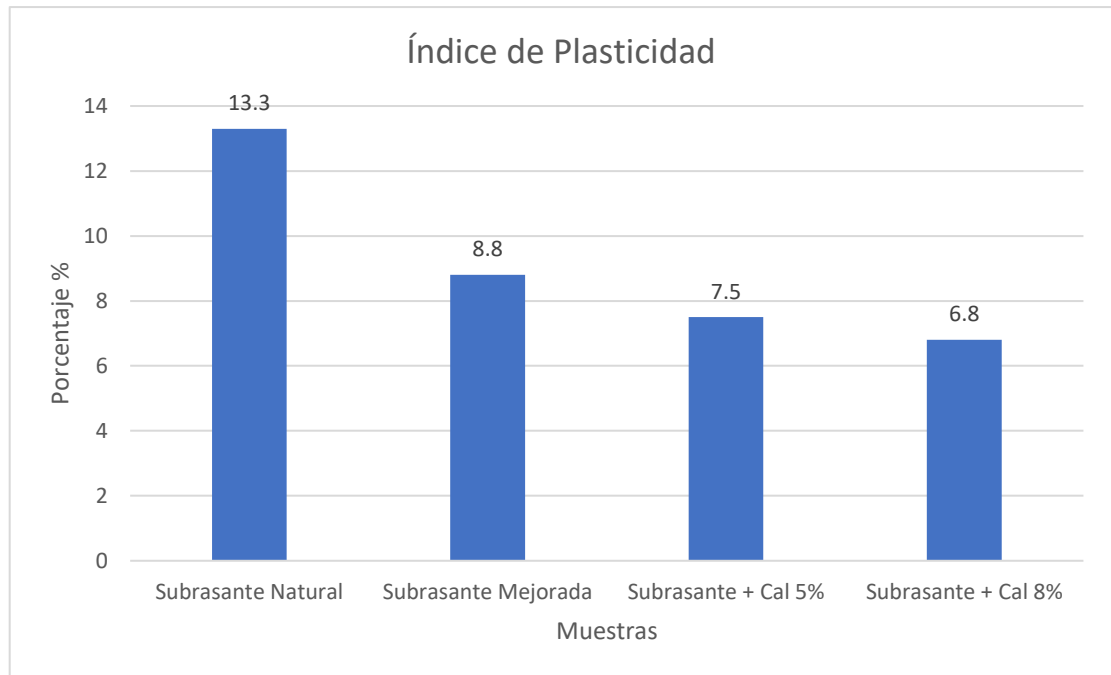
Figura 12. Comparaciones de resultados del Limite Plástico



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 12, se muestra el resultado del límite plástico de las muestras ensayadas, con distintos porcentajes de cal, de tal manera que en la subrasante natural se obtiene 15.2%, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 14.7%, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 15.1%, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 14.9% de limite plástico respectivamente.

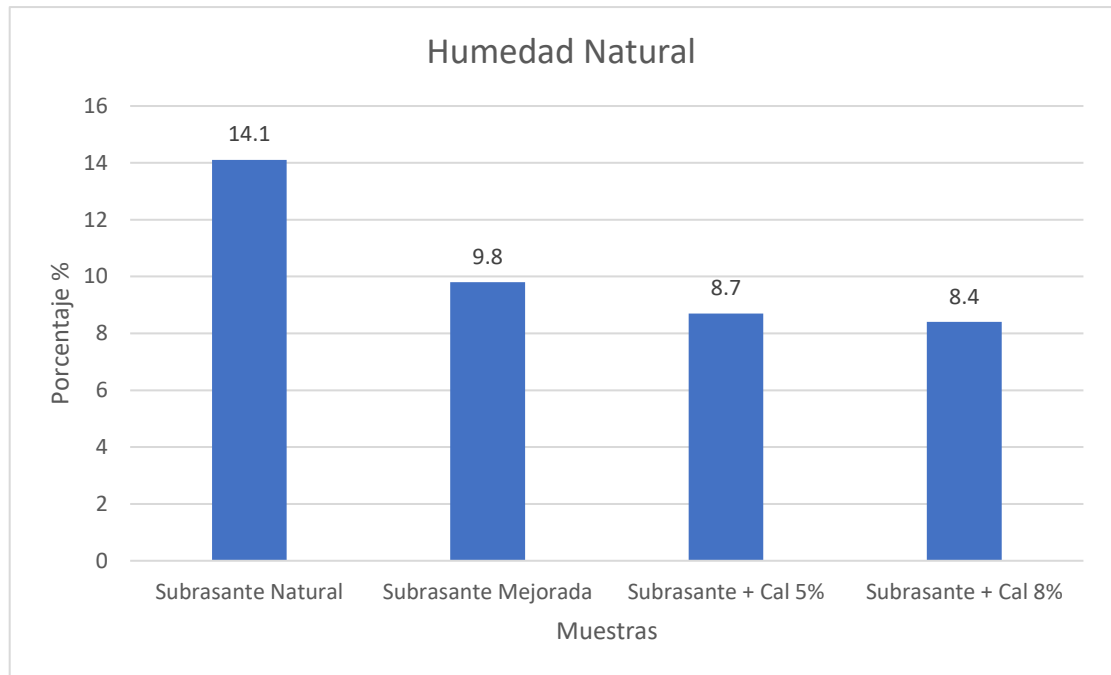
Figura 13. Comparaciones de resultados del índice de plasticidad



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 13, se muestra el resultado del índice plástico de las muestras ensayadas, con distintos porcentajes de cal, de tal manera que en la subrasante natural se obtiene 13.3%, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 8.8%, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 7.5%, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 6.8% de índice de plasticidad respectivamente.

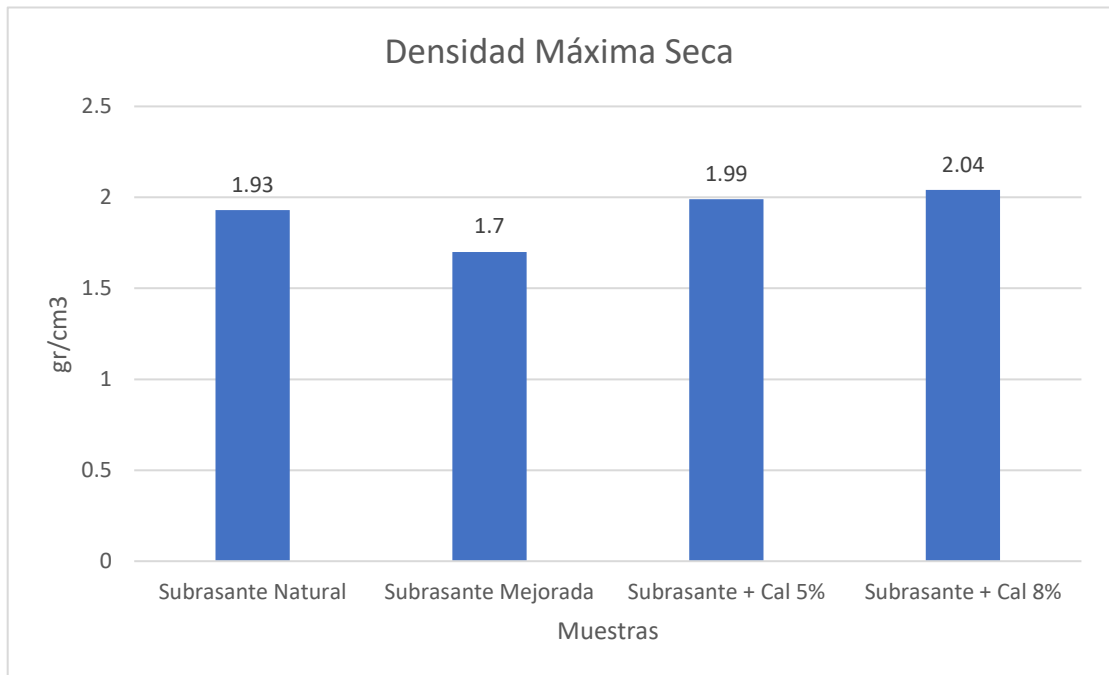
Figura 14. Comparaciones de resultados de humedad natural



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 14, se muestra el resultado de humedad natural de las muestras ensayadas, con diferentes porcentajes de cal, de tal manera que en la subrasante natural se obtiene 14.1%, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 9.8%, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 8.7%, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 8.4% de humedad natural respectivamente.

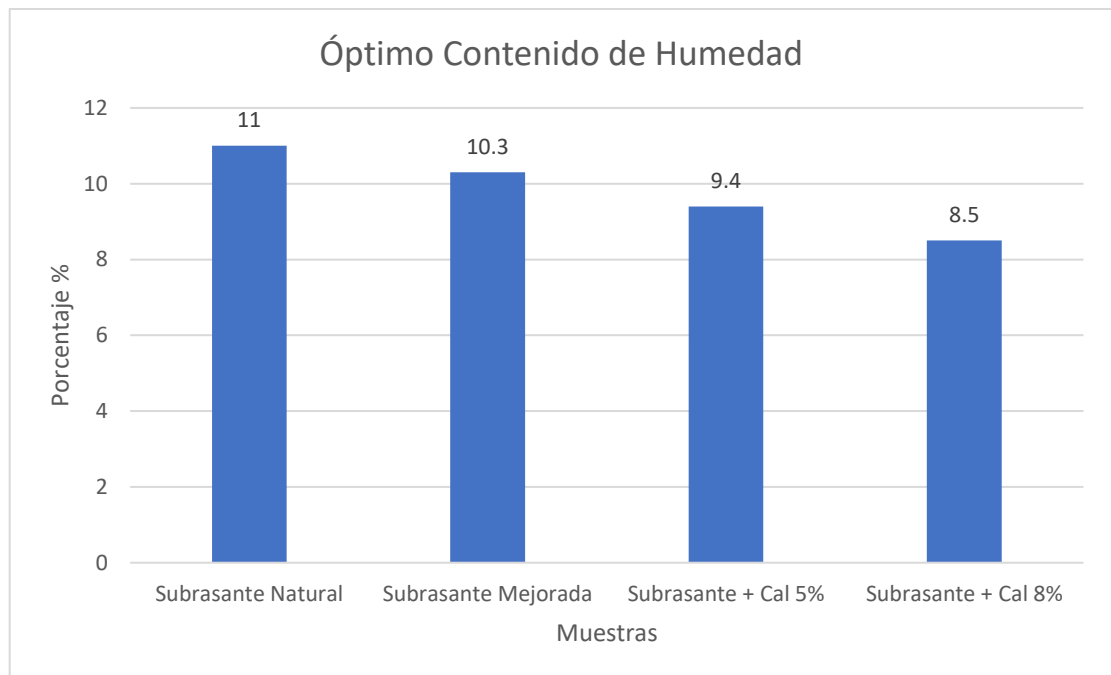
Figura 15. Comparaciones de resultados del índice de la densidad máxima seca



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 15, se muestra el resultado de la densidad máxima seca de las muestras ensayadas, con distintos porcentajes de cal, de tal manera que en la subrasante natural se obtiene 1.930 gr/cm³, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 1.970 gr/cm³, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 1.990 gr/cm³, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 2.040 gr/cm³ de densidad máxima seca respectivamente.

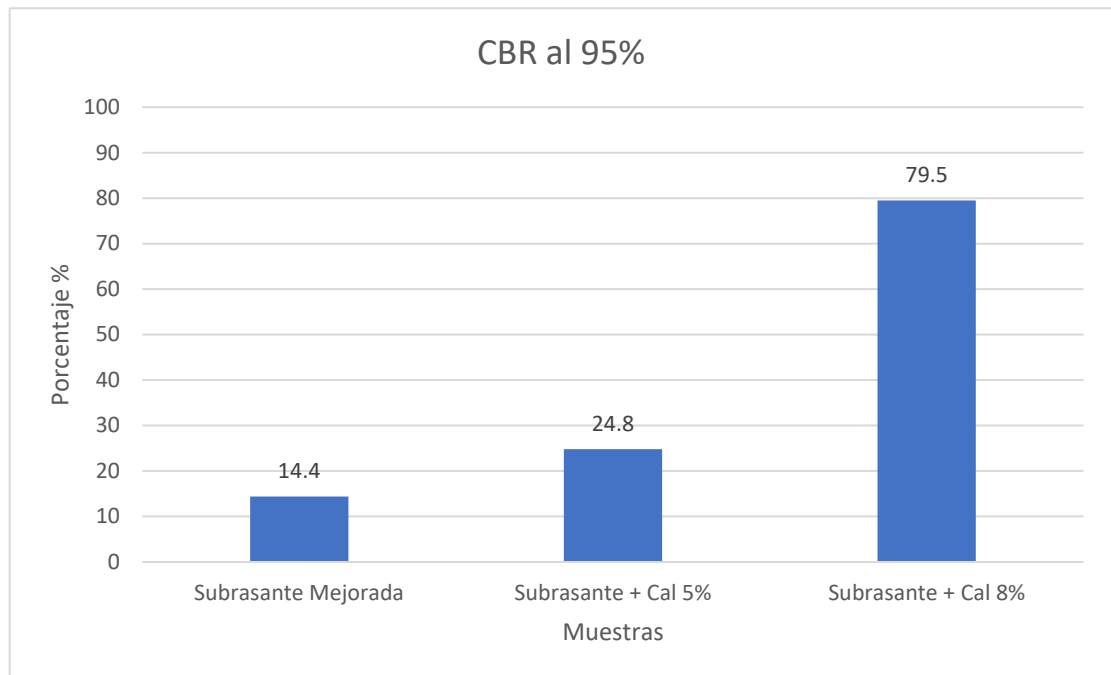
Figura 16. Comparaciones de resultados del óptimo contenido de humedad



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 16, se muestra el resultado del óptimo contenido de humedad de las muestras ensayadas, con distintos porcentajes de cal, de tal manera que en la subrasante natural se obtiene 11.0%, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 10.3%, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 9.4%, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 8.2% de óptimo contenido de humedad respectivamente.

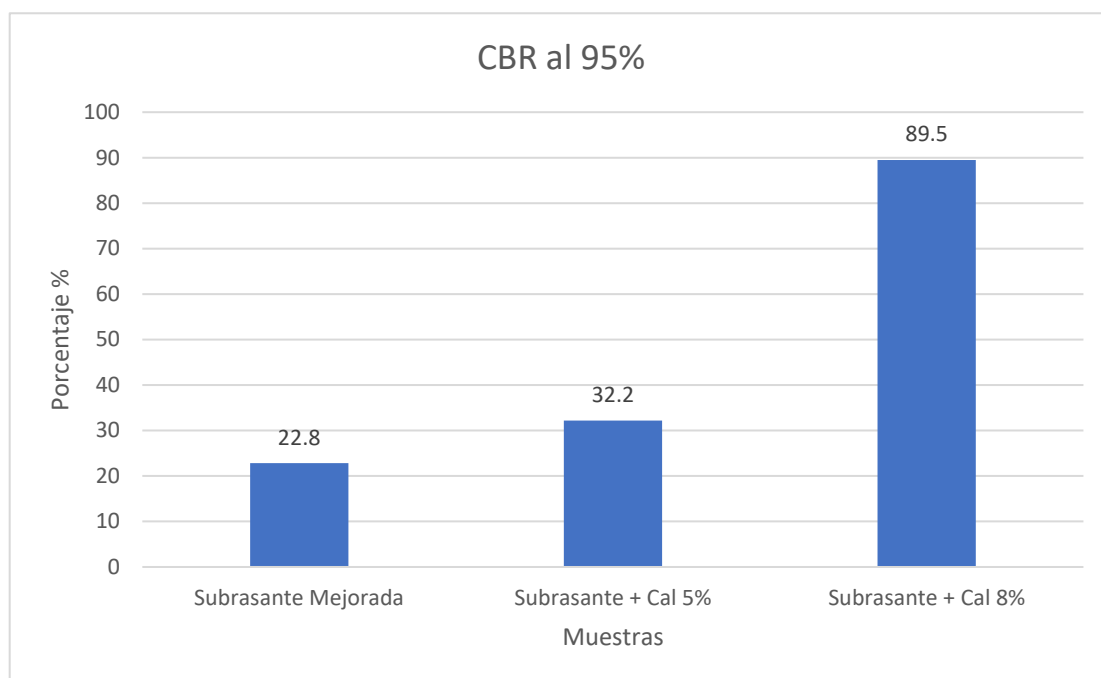
Figura 17. Comparaciones de resultados del CBR al 95%



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 17, se muestra el resultado del CBR de las muestras ensayadas, con distintos porcentajes de cal, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 14.4%, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 24.8%, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 79.5% de CBR al 95% respectivamente.

Figura 18. Comparaciones de resultados del CBR al 100%



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la figura 18, se muestra el resultado del CBR de las muestras ensayadas, con distintos porcentajes de cal, asimismo en la subrasante mejorada se tiene 22.8%, igualmente en la combinación con cal al 5% se consigue 32.2%, de esta manera en la combinación con cal al 8% se logra 89.5% de CBR al 95% respectivamente.

Prueba de hipótesis para proporción óptima de cal

Ha: La proporción óptima de cal si mejora la estabilización de subrasante de la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022.

Ho: La proporción óptima de cal no mejora la estabilización de subrasante de la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022.

De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados con 5% y 8% de cal a la subrasante y el análisis de varianza del CBR y máxima densidad seca, humedad óptima, mostraron un p valor menor a 0.05 a un 95% de confiabilidad, habiendo información suficiente para mencionar que La proporción óptima de cal si mejora la estabilización de subrasante de la

carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022 y aceptamos la hipótesis alternativa (Ha)

Objetivo General: Estabilizar subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto

Tabla 28

Resultados de estabilización de subrasante con cal al 8%

Ensayos	Und	Resultado	Especificación	cumple
Granulometría (Finos pasa Tamiz N°4)	%	59.20	60 Max.	Cumple
Granulometría (Finos pasa Tamiz N°200)	%	17.60	20 Max.	Cumple
Limite liquido	%	21.70	40 Max.	Cumple
Índice de Plasticidad	%	6.80	4 a 9	Cumple
Proctor Modificado (Densidad Máxima)	Gr/cc	2.040	2.00	Cumple
Proctor Modificado (optimo contenido de humedad)	%	8.50	± 1.50	Cumple
Valor Relativo de soporte CBR 4 días inmersión en agua 100% Dens. Max.	-	89.50	40 Min.	Cumple
Composición química sulfatos del suelo So4	%	0.0017	0.20 Max.	Cumple
Clasificación SUCS	-	(SM-SC)	Arena gravosa limosa con trazas de arcilla	Cumple
Clasificación AASHTO	-	A-2-4(0)	A-2-4	Cumple

Fuente. Elaboración propia.

Interpretación: en la tabla 28, se observa los resultados de la estabilización de subrasante con cal al 8%, llegando a cumplir todos los parámetros requeridos para una estabilización de subrasante.

V. DISCUSIÓN

El objetivo general de este estudio fue estabilizar subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Iníá, Loreto. Se puede apreciar que los resultados se encuentran dentro de los valores encontrados por los antecedentes, por ende, este objetivo puesto está completado, dado que los resultados son adecuados y verificados de acuerdo con los análisis que se realizaron, podemos decir que esta investigación dio resultado siendo óptimo estabilizar subrasante utilizando cal. De los porcentajes mencionados se encontró que con 8% de cal se obtienen condiciones mejores de subrasante cumpliendo con la gran parte de las propiedades propuestas. (Usedo, 2017). Menciona que la cal es muy utilizada en carreteras y construcciones para estabilización de suelos. Por otra parte (Bauzá, 2018) comenta que el principal beneficio de la cal es que al mezclarse con agua forma una aleación que aumenta las propiedades de manipulación del material a utilizar a la larga, mejora la consistencia y resistencia del material. Así como el artículo (Soil stabilization manual treated with lime, 2016), hace referencia que al estabilizar el suelo cambia drásticamente sus propiedades, creando una resistencia y estabilidad permanente a largo plazo, especialmente a los efectos del agua. Por su parte la revista (Lime stabilization of clay minerals and soils, 2017) hace mención que la estabilización con cal es una técnica bien establecida donde mejorara la propiedad de la subrasante de diferentes suelos para la construcción. El suelo arcilloso se puede estabilizar añadiendo porcentajes pequeños, en peso, de cal, mejorando así muchas de las propiedades de ingeniería del suelo y produciendo una capa mejorada de construcción. Finalmente (Yepes, 2021) lo define como un término general que se refiere a cualquier método físico, químico, mecánico, biológico o combinado de transformación del suelo natural para propósitos de ingeniería. La estabilización del suelo mejora o regula su estabilidad volumétrica, crece su resistencia y módulo de tensión-deformación, mejorando su permeabilidad y durabilidad, y disminuye la sensibilidad al agua. Esto se comprobó realizando los ensayos de laboratorio y de campo evaluando la eficacia de la tecnología aplicando cal en porcentajes de acuerdo al suelo seco.

El objetivo específico uno fue realizar el diagnóstico de la subrasante de la carretera Yurimaguas – Iníá, Loreto. El Manual de carreteras (MTC,2014) sección suelos, geología, geotecnia y pavimentos en el capítulo IV estabilización de suelos, menciona para estabilizar y seleccionar el tipo de estabilización es primordial conocer las características y estado actual de la vía a estudiar, especialmente son estabilizados los suelos limosos (M), arcillosos (C) o arenosos limosos (SM) o arenosos arcillosos (SC), por otro parte en esta investigación al realizar el diagnóstico de la vía a estudiar, se encontró que muestra que el 39.23% (510) metros se encuentra en un estado regular, mientras que el 30.77% (400) metros se presenta estado bueno, asimismo el 22.31% (290) metros se encuentra en estado malo, solo el 7.69% (100) metros posee un estado crítico, tomando muestras de este tramo para el estudio. Dado como resultado que la carretera presentaba una serviciabilidad regular, según el estado de deterioro observado en la superficie de rodadura, por lo mismo presentaba deficiencias del sistema de drenaje, por inclemencias de la naturaleza, etc.

El objetivo específico dos fue realizar los estudios físicos y mecánicas de la subrasante de la carretera Yurimaguas - Iníá, Loreto. Para ello se realizaron pruebas físicos y mecánicas a nuestra subrasante, en estado natural y con diferentes porcentajes de cal (5% y 8%), del cual obtuvimos el resultado a través de experimentos de laboratorio. que nuestra subrasante patrón tiene un límite líquido de 23.5% y con los porcentajes de cal logra disminuir 22.6% y 21.7%, asimismo se obtuvo los resultados del límite plástico para nuestra subrasante natural 14.7%, agregando los porcentajes de cal varían entre 15.1% y 14.9% respectivamente, además se tuvo el índice de Plasticidad de 8.80% de la subrasante, y con los porcentajes de cal se logra disminuir su I.P a 7.5% y 6.8% proporcionalmente. Así mismo (Palacios y Villalobos, 2021) en su propuesta de investigación, realizando prácticas obtuvieron los resultados en su estado natural con un 30% LP, 22% de LL y el 8% de IP y el 4.80% de CBR, calificándole al suelo como una subrasante pobre, para ello realizaron la estabilización con cal al 2%, 4% y 8% del suelo obteniendo cambios positivos en sus características cumpliendo así los estándares que la norma establece. Por su parte (Hernández, Mejía y Zelaya, 2016) en sus tesis

menciona que se debe adicionar 5% de cal al terreno natural, ya que esto puede incrementar su cantidad de resistencia de 1,93% a 54,00%, el suelo con un contenido de 5% de cal es viable formar parte de la carpeta de rodadura. Según este trabajo, la añadidura de cal reduce el 45% al 0% de IP y reduce en un 88% su hinchamiento. (Sánchez, 2017), en su investigación hizo ensayos de límites de Atterbeg donde su I.P. logra una baja de 11.5% con un 7% de cal siendo este el que mayor disminución muestra en el (IP) y a partir del cual ya no se muestran cambios reveladores en este indicador. El óptimo contenido de humedad de la subrasante, los resultados logrados de los ensayos de proctor modificado fueron positivos, la subrasante natural obtiene 1.970 gr/cm³, con 5% de cal se tiene 1.990 gr/cm³, mientras que con cal al 8% da como resultado 2.040 gr/cm³, los resultados de ensayos físicos del óptimo contenido de humedad de subrasante natural es 10.3%, de la combinación de la cal 5%, señalan un óptimo contenido de 9.4%, asimismo con cal 8% se logra 8.5%, se puede notar una disminución del Contenido de Humedad Óptimo, esto pasa porque la cal produce una reacción química al estar en contacto con el suelo y consume agua, por lo tanto (Sánchez, 2017) realizó sus pruebas de Óptimo Contenido de Humedad con 3%, 5% y 7% de porcentajes de cal, cuyos resultados fueron 33, 33.1, 33.4 correspondientemente. Los resultados conseguidos de los ensayos de C.B.R. son positivos ya que muestran una mejora propicia de la resistencia del suelo. El valor CBR al 100%, la muestra menos favorable en nuestro estudio es de 22.8% y se ve aumentar en 32.2% y 89.5% al adicionarse la cal. Los tesisistas (Moale y Rivera, 2019) realizaron ensayos de CBR y los resultados que obtuvieron son positivos ya que el valor obtenido del ensayo en su condición natural, el CBR es 3.3% al 95% de su densidad máxima seca, siendo alta su capacidad de soporte. Concluyeron, que añadiendo al suelo natural el 15% de cal, se incrementa en 78.8% el CBR. Por otro lado (Tacca, 2021) en su tesis muestra los resultados al añadir las cantidades de 4%, 8% y 12% de la cal capacidad de soporte del suelo mejora y por consiguiente la estabilización del suelo de la subrasante mejora, el suelo tratado con cal al 12%, consiguió un CBR (95% 0.1") de 28.5% continuado por el suelo tratado con cal al 8% que alcanza 24.95% de CBR (95% 0.1"), de igual manera el suelo tratado con cal

al 4% logro un CBR (95% 0.1") de 19.2% cuyos resultados son mayores al CBR (95% 0.1") del suelo natural de 9.4%.

Determinar la proporción óptima de cal para estabilizar subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto. Para nuestra investigación se realizaron varios ensayos de laboratorio con dos proporciones de cal uno al 5% y el otro al 8%, consiguiendo como cantidad óptima de cal el 8%, ya que con esa proporción la subrasante cumple con los requisitos mostrados en las normas. Según (Hernández, Mejía y Zelaya, 2016) comentan que el suelo con un contenido de 5% de cal es viable formar parte de la carpeta de rodadura. De acuerdo con (Sinha y Iyer, 2020) revelan que la cal es más popular para la estabilización cohesiva del suelo con un contenido de cal óptimo reportado como 4-5%. Asimismo (Moale y Rivera, 2019) Concluyeron, que añadiendo al suelo natural el 15% de cal, se incrementa en 78.8% el CBR. Finalmente (Tacca, 2021) concluye que añadiendo las cantidades de 4%, 8% y 12% de la cal, la capacidad de soporte del suelo mejora y por consiguiente la estabilización del suelo de la subrasante, también consiguiendo como cantidad óptima de la cal el 8 %, coincidiendo con el porcentaje óptimo que encontramos en nuestra investigación que es 8% de cal óptima para la estabilización de sub rasante (arena gravosa arcillosa).

VI. CONCLUSIONES

1. La estabilización de subrasante en vía utilizando cal, genera cambios en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante haciéndolo aptos para su uso, es decir, afirmando con el respaldo de los resultados que si aumenta su capacidad portante notablemente. Con las estabilizaciones de subrasante con cal, se logra una subrasante más compacta y estable.
2. Logramos diagnosticar el estado actual de la vía, encontrando un tramo crítico, que fue objeto de nuestra investigación, el tramo km. 0+720 al km. 0+820.
3. Luego de realizar los estudios físicos y mecánicas de la subrasante de la carretera Yurimaguas - Inía, Loreto. Podemos decir, que al analizar la combinación de la muestra (M-1 y M-2) de la C-01, cumple con las condiciones necesarias para ser estabilizada, SUCS lo clasifica con una subrasante (SC), así como AASHTO que corresponden a A-2-4(0), arena gravosa arcillosa, color marrón claro, con un (LL) de 23.5%, (LP) de 14.7%, (IP) de 8.8%, humedad natural 9.8%, (M.D.S) de 1.970 gr/cm³, optimo contenido de humedad de 10.30%, CBR(95%) de 14.4% y CBR(100%) de 22.8, al aplicar cal al 5% se obtuvieron estos resultados, (LL) de 22.6%, (LP) de 15.1%, (IP) de 7.5%, humedad natural 8.7%, (M.D.S) de 1.990 gr/cm³, optimo contenido de humedad de 9.4%, CBR(95%) de 24.8% y CBR(100%) de 32.2, al aplicar cal al 8% se obtuvieron estos resultados, (LL) de 21.7%, (LP) de 14.9%, (IP) de 6.8%, humedad natural 8.4%, densidad máxima seca de 2.040 gr/cm³, optimo contenido de humedad de 8.5%, CBR(95%) de 79.5% y CBR(100%) de 89.5
4. Logramos determinar la proporción optima de cal para estabilizar subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto. Al realizar la combinación de la primera capa o estrato superior con la segunda capa o estrato intermedio, mejora las características Físicos – Mecánicas del suelo de subrasante y aumenta su propiedades, la cual nos da una

estabilización de la subrasante buena, En cuanto al porcentaje óptimo de cal, se analizó el ensayo California Bearing ratio (CBR), donde el mejor resultado de los dos porcentajes utilizados dio un 8%, lo que indica que este porcentaje se encuentra dentro del límite dado en los lineamientos de la CE. 020 y se puede utilizar en suelos con propiedades similares.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda cortar y acumular el suelo de la subrasante capa superior e intermedio prof. 0.00 – 0.50 m. Escarificar el suelo de cimentaciones (capa inferior) 0.15 m espesor y agregar arena proporciones 50% suelo de cimentación y 50% arena de cantera, compactar al 90% de la densidad máxima seca del Proctor modificado con el óptimo contenido de humedad.
2. Se propone conformar la subrasante mejorada recuperando el suelo acumulado (Capa superior e intermedio) mezclar y compactar al 95% densidad máxima seca del Proctor modificado con el óptimo contenido de humedad, cuyo espesor debe ser 0.35 m compactada en capas.
3. Se sugiere la estabilización de la subrasante tomando el suelo acumulado (capa superior e intermedio) subrasante batida bien mezclado con la siguiente proporción: 92% material capa superior e intermedio acumulado con 8% cal.
4. La estabilización de la subrasante con 5% de cal, la capacidad de soporte C.B.R alcanza solo a 32.2% < 40% que manda las normas, queda descartado esta combinación para su uso. Por lo tanto: Se recomienda el uso para la estabilización suelo 92%, cal 8% + agua 8.5%, cuyo rendimiento cumple con las especificaciones técnicas.

REFERENCIAS

ALAN, David y CORTEZ, Liliana. *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. s.l. : Editorial UTMACH, 2017. ISBN: 978-9942-24-093-4. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14232/1/Cap.4->

[Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20y%20cualitativa.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14232/1/Cap.4-Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20y%20cualitativa.pdf)

AFRIN, Habiba. *A review on different types soil stabilization techniques*. International Journal of Transportation Engineering and Technology. Bangladesh, India : Vol. 3, N° 2, 2017, I, págs. 19-24. Disponible en: [https://ijesc.org/upload/34ca3b6a85fde8fbb8849d7f2f0a1f3a.A%20Review%20on%20Different%20Methods%20of%20Soil%20Stabilization%20\(2\).pdf](https://ijesc.org/upload/34ca3b6a85fde8fbb8849d7f2f0a1f3a.A%20Review%20on%20Different%20Methods%20of%20Soil%20Stabilization%20(2).pdf)

ASTM D 4318 – 05 *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. Estados Unidos : West Conshohocken, ASTM International. 2005. Disponible en: <https://www.astm.org/d4318-17e01.html>

AVANZAS, Pablo y BAYES, Antoni. *Ethical considerations of the publication of scientific articles*. Spanish Science Magazine, Madrid-Spain : Vol. 64, N°5. 2017. págs. 427-429. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300893211002739?via%3Dihub>

BABU, Nivetha y POULOSE, Emy. *Effect of lime on soil properties*. A review. microbiology. India : Vol. 5, N° 11, 2018. Disponible en: <https://www.irjet.net/archives/V5/i11/IRJET-V5I11119.pdf>

BAUZÁ, Juan Diego. *El tratamiento de los suelos arcillosos con cal*. Sevilla, 2015. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/51395864.pdf>

BEHNOOD, Ali. *Soil and clay stabilization with calcium-and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques.* s.l. : Transportation Geotechnics, Vol. 17. 2018. págs. 14-32. ISSN 2214-3912. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214391218300904>

BELL, F. G. *Lime stabilization of clay minerals and soils.* Engineering geolog. Vol. 42. N°4. 2017. págs. 223-237. ISSN 0013-7952. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0013795296000282>

BOWELS, J. *Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (56 000 pie-lb/pie³ [2700 kn-m/m³]) (proctor modificado).* Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-chiclayo/ingenieria-de-sistemas/proctor-modificado-nota-1-6/11007262>

CONCYTEC. *Guía Práctica para la Formulación y Ejecución de Proyectos de Investigación y Desarrollo.* Lima : s.n., 2020. Disponible en: http://www.untels.edu.pe/documentos/2020_09/2020.09.22_formuacionProyectos.pdf

CONSOLI, Nilo Cesar. *Field and laboratory behaviour of fine-grained soil stabilized with lime.* Canadian Geotechnical Journal, Vol. 57. N° 6. 2020. págs. 933-938. Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cgj-2019-0271>

CARBALLO, Mirian y Guelmes, Esperanza. *Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación.* Revista Universidad y Sociedad, Villa Clara : Universidad y Sociedad, Vol. 8. N°1. 2016. ISSN 2218-3620. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021

CARCAUSTO , Wilfredo y MORALES, Juan. *Publicaciones sobre ética en la investigación en revistas biomédicas peruanas indizadas.* Universidad de Ciencias y Humanidades. Lima-Perú : Vol. 78. N°2. 2017. ISSN 1025-5583. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832017000200009&script=sci_abstract

DG. *Manual de Carreteras: Diseño Geometrico DG.* Lima : 2018. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

FIROOZI , Ali Akbar y GUNEY, C. *Fundamentals of soil stabilization.* International Journal of Geo-Engineering, EE.UU : Vol. 8. N°1. 2017. 2198-2783. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>

FONTALVO, Oscar, MEDRANO, Bruno y NADAD, Fabian. *Stabilization with soil lime as a base.* Cartagena de Indias : Technological University of Bolivar, 2016. Disponible en: <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3544/0034286.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

GAGÑAY, Lisbeth Katerine y LOPEZ , José. *Ética en la investigación científica.* Revista Imaginario Social. Lima : Vol. 3. N°1. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.31876/is.v3i1.10>

HERNÁNDEZ , Roberto. *Metodología de la investigación.* México : 6ta ed., 2017. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

HERNÁNDEZ, J. A., MEJÍA , D. R. y ZELAYA, C. E. *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador.* Universidad De El Salvador, El Salvador. 2016. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>

HERNÁNDEZ, Zenaida. *Metodos de Analisis de Datos.* s.l. : Universidad de la Rioja, Servicio de Publicaciones, 2017. pág. 172.

ISBN 9788461575794. Disponible en:
https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD_710/Lib489791.pdf

IKEAGWUANI, Chijoke Christopher y NWONU, Donald Chimobi. *Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review.* Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. Vol. 11. N° 2. 2019. págs. 423-440. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.08.013>

JUÁREZ, Eulalio y RICO, Alfonso. *Mecánica de suelos I, II Fundamentos de la mecánica de suelos.* México : Limusa, S.A. de C.V, 2005. Disponible en:
https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf

LUNSFORD, Thomas R. *The research sample, part I: sampling.* Journal of Prosthetics and Orthotics. Vol. 7. N°3. 2017. pág. 17A. Disponible en:
https://journals.lww.com/jpojournal/abstract/1995/00730/the_research_sample_part_i_sampling.8.aspx

Manual de Carreteras Suelo y Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima : s.n., 2014, pág. 89. Disponibles en: <https://www.udocz.com/apuntes/18840/manual-de-carreteras-mtc---peru--actual--suelos--geologi-a--geotecnia-y-pavimentos>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones Manual de Ensayo de materiales. Lima : s.n., 2016. Disponibles en:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

MOALE, Alexandra Brigitte y RIVERA , Ebdy Josias. *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú. : 2019. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648846/MoaleQA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

MORLES, Víctor. *Guía para la elaboración y evaluación de proyectos de investigación.* Revista de Pedagogía. Caracas, Venezuela : Vol. 32. N°91. 2017. págs. 131-146. ISSN 07989792. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/659/65926549008.pdf>

OATES, Tony. *Lime and limestone.* Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 2018, págs. 1-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/0471238961.1209130507212019.a01.pub2>

OLINIC, Tatiana. *The effect of quicklime stabilization on soil properties.* Agriculture and agricultural science procedia, Bucharest, Romania : Vol. 10. 2016. págs. 444-451. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.013>

PALACIOS, Rubén y VILLALOBOS, José Gabriel. *Estabilización del suelo adicionando Cal para Mejorar el CBR de la carretera del Huito tramo.* Perú : 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/80432>

PARRA, Manuel Gerardo. *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante.* Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. : 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/22856>

QUISPE, Jesús. *Estabilización de subrasante de vías en suelos expansivos con cloruro de sodio-Avenida Jacinto Ibarra, distrito de Chilca. Huancayo: sn., 2020.* Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8216/3/IV_FIN_105_TI_%20Quispe_Chuchuillanqui_2020.pdf

RAMOS, Carlos. *Diseños De Investigación Experimental.* CienciAmérica, Ecuador : MIST de la Universidad Tecnológica Indoamérica, Vol. 10. N°1, 2021. ISSN 1390-9592 ISSN-L 1390-681X. Disponible en: <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

RODRIGUEZ, Veronika y SILVA , Jordy. *Estabilización de suelos adicionando cemento portland tipo I mas cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado alto Trujillo, El Porvenir - La Libertad.* Universidad Privada Antenor Orrego, Perú : 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5553>

SÁNCHEZ , Fabio Anselmo. *Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos.* Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria. Lima : Vol. 13. N°1. 2017, págs. 102-122. ISSN 2223-2516. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

SANCHEZ , María. *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del canton Tosagua provincia de Manabí.* Ecuador : Pontifica Universidad Catolica, 2017. pág. 416pp. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11180/TESIS-PUCE-S%C3%A1nchez%20Alb%C3%A1n%20Mar%C3%ADa.pdf?sequence=1>

Soil stabilization manual treated with lime. National Lime Association, 2016, National Lime Association, Vol. 11, N°326, pág. 6. 243 ARBA. Disponible en: http://lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual2004.pdf

TACCA, José Antonio. *Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay – Apurímac.* Perú : 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58189>

USEDÓ, Rafael Manuel. *Estudio y analisis de la utilizacion de la cal par el patrimonio arquitectónico.* Polytechnic University of Valencia, s.l. : 2015. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60200/Memoria.pdf>

VIORATO, Nancy y REYES, Vianey. *La ética en la investigación.* Universidad Nacional de Mexico, Publicaciones, Vol. 8. N°16. 2019.

ISSN: 2395-8979. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cuidarte/cui-2019/cui1916e.pdf>

YEPES, Víctor. *La Estabilización de suelos de subsante.* Valencia : Editorial Universitat Politècnica de València. 1ª edición. 2021. pág. 426 pp. Ref. 428.

ISBN: 978-84-9048-603-0. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>

ZAPATA, Rodrigo. *Tipos de Suelos: Caracterización suelos.* Universidad Nacional de Rosario, Argentina : 2018.

<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>

ANEXOS

Anexo N° 01: Variable y Operacionalización

Título: “Estabilización de subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Inía tramo Km. 0+720 al Km. 0+820, Loreto 2022”

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
CAL	La cal es una sustancia de color grisáceo o blanco que consiste en óxido de calcio, que se produce cuando un mineral de cal se quema por completo. De acuerdo con (Oates, 2018)	Cuando se utiliza como estabilizador, actúa sobre las arcillas, haciéndolas adecuadas para la construcción de carreteras u otros fines de carga. (NTP 334.125, 2017)	Proporción de la Cal	5%	Razón
				8%	Razón
ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE	La estabilización de subrasante es una parte esencial en las vías no pavimentadas, el cual sirve como soporte de la capa de rodadura. Para estabilización sus propiedades físicas, mecánicas y químicas deben ser segmentadas y evaluadas. (Quispe, 2020)	Es el proceso físico o químico, mediante el cual se mejora las condiciones mecánicas de la subrasante, obteniendo como resultado una estabilidad compacta. (Norma CE. 020)	Tipo de Suelo	Grava Arena Material fino (limo, arcilla)	Razón
			Propiedades físicas	Ensayo de granulometría Ensayo de consistencia Clasificación de suelo	Razón
			Propiedades Mecánicas	Capacidad portante (CBR) Compactación Resistencia mecánica	Razón

Fuente. Elaboración propia.


Anexo N° 02: Matriz de Consistencia

Título: “Estabilización de subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Inía tramo Km. 0+720 al Km. 0+820, Loreto 2022”

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE E DIMENSIONES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>Problema General:</p> <p>¿Cómo lograr la estabilización de la subrasante con cal en la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>PE.1 ¿Cuál será el diagnóstico de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022?</p> <p>PE.2 ¿Cuáles serán los estudios físicos y mecánicas de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022?</p> <p>PE.3 ¿Cuál es la proporción optima de cal para estabilizar subrasante de la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Estabilizar subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Inía, Loreto</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>OE.1 Realizar el diagnóstico de la subrasante de la carretera.</p> <p>OE.2 Realizar los estudios físicos y mecánicas de la subrasante</p> <p>OE.3 Determinar la proporción optima de cal para estabilizar subrasante.</p>	<p>Hipótesis General: La cal si mejora la estabilización de subrasante en la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <p>HE.1 El diagnóstico ayuda a conocer el estado actual de la subrasante en la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022</p> <p>HE.2 Los estudios físicos y mecánicas influye en la clasificación de la subrasante de la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022</p> <p>HE.3 La proporción optima de cal si mejora la estabilización de subrasante de la carretera Yurimaguas–Inía, Loreto 2022.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Cal</p> <p>Dimensiones: Proporción de la Cal</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Estabilización de subrasante.</p> <p>Dimensiones: Tipo de Suelo</p> <p>Propiedades Físicas</p> <p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Diseño de la investigación:</p> <p>Experimental Cuasi-experimental</p>	<p>Población: La subrasante de la carretera Yurimaguas – Inía.</p> <p>La muestra: Tramo (0+720 km. al 0+820km.) de la subrasante.</p> <p>Técnica: Observación directa</p> <p>Instrumento: Serán la verificación de varias muestras, fichas de análisis</p>

Fuente. Elaboración propia

Anexo N°03. Ficha de Validación

 Universidad César Vallejo								
FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO								
TÍTULO:	"Estabilización de subrasante con cal en la carretera no pavimentada Yurimaguas - Inía Tramo km. 0+720 al 0+820, Loreto 2022"							
AUTOR(ES):	Coral García, Moises Ruiz Sifuentes, Carlos Enrique							
Variable	Dimensiones	Indicadores	RANGO DE VALIDEZ					
			Nula (0.53 a menos)	Baja (0.54 a 0.59)	Valida (0.60 a 0.65)	Muy Valida (0.66 a 0.71)	Ecelente Validez (0.72 a 0.99)	Validez Perfecta (1)
			INGENIERO 01		INGENIERO 02		INGENIERO 03	
Cal	Proporcion de Cal	Porcentajes de 5% y 8%	0.90		0.85		1	
Estabilización de Subrasante	Tipo de Suelo	Grava	0.95		0.85		1	
		Arena	0.95		0.85		1	
		Material Fino	0.95		0.85		1	
	Propiedades Físicas	Ensayo de Granulometría	0.95		0.90		1	
		Ensayo de Consistencia	0.95		0.90		1	
		Clasificación de Suelo	0.95		0.90		1	
	Propiedades Mecánicas	Capacidad portante	0.95		0.95		1	
		Compactación	0.95		0.95		1	
		Resistencia Mecánica	0.95		0.95		1	
				9.45		8.95		10
			0.95		0.90		1	
			TOTAL				0.95	

Ingeniero 01

Nombres y apellidos: Joe Eli Saldaña Guerrero
 Registro CIP N°: 247101

Ingeniero 02

Nombres y apellidos: Carlos E. Ramos Chavez
 Registro CIP N°: 86496

Ingeniero 03

Nombres y apellidos: Alfredo Arevalo Ramirez
 Registro CIP N°: 206345



JOE ELI SALDAÑA GUERRERO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 247101

 Firma del experto
 INGENIERO CIVIL

SERVICIOS GENERALES "WIAL"


 Ing. Carlos E. Ramos Chavez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 86496

 Firma del experto
 INGENIERO CIVIL



 CONSULTORES AREVALO S.R.L.TDA
 S.ALFREDO AREVALO RAMÍREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

 Firma del experto
 INGENIERO CIVIL

Anexo 04: Autorización 1 de la municipalidad para realizar proyecto de investigación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

Datos Generales

Nombre de la Organización:	RUC: 20177662446
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ALTO AMAZONAS	
Nombre del Titular o Representante legal: ING. HUGO ARAUJO DEL AGUILA	
Nombres y Apellidos MG. CPC.CARMEN LUZ NAVARRO BARDALEZ	DNI: 05389086

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal “f” del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo ^(*), **autorizo [X]**, no autorizo [] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Proyecto de Investigación “ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS – INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO – 2022”	
Nombre del Programa Académico: INGENIERIA CIVIL	
Autor: Nombres y Apellidos MOISES CORAL GARCÍA	DNI: 47728333

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Lugar y Fecha: Yurimaguas, 22 de junio 2022.

Firma  
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ALTO AMAZONAS
Mg. CPC CARMEN L. NAVARRO BARDALEZ
GERENTE MUNICIPAL

(Titular o Representante legal de la Institución)

(*) Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal “ f ” Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero sí será necesario describir sus características.

Anexo 05: Autorización 2 de la municipalidad para realizar proyecto de investigación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

Datos Generales

Nombre de la Organización:	RUC: 20177662446
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ALTO AMAZONAS	
Nombre del Titular o Representante legal:	ING. HUGO ARAUJO DEL AGUILA
Nombres y Apellidos	DNI:
MG. CPC. CARMEN LUZ NAVARRO BARDALEZ	05389086

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal "f" del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (*), **autorizo [X]**, no autorizo [] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Proyecto de Investigación	
"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS – INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO – 2022"	
Nombre del Programa Académico:	
INGENIERIA CIVIL	
Autor: Nombres y Apellidos	DNI:
CARLOS ENRIQUE RUIZ SIFUENTES	72320316

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Lugar y Fecha: Yurimaguas, 22 de junio 2022.

Firma:  
Mg. CPC CARMEN L. NAVARRO BARDALEZ
GERENTE MUNICIPAL
(Titular o Representante legal de la Institución)

(*) Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal " f " Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero sí será necesario describir sus características.

Anexo 06: Registros de Excavación





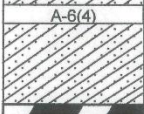

R.U.C. 2028493221
 Jr. Mcal. Cáceres N° 407- Ygs.
 Telef. (065) 352420
 Jr. Camilla Moray N° 229
 Tarapoto-PÉRU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

REGISTRO DE EXCAVACION				
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"				
MATERIAL : TERRENO DE FUNDACIÓN		COORDENADAS: 18M 0376828		
CALICATA : C-01		UTM 9345507		
UBICACIÓN: MARGEN DERECHA				
PROF. (m)	SIMBOLO		MUESTRA	DESCRIPCION DEL SUELO
	SUCS	GRAFICO		
0.00	(SM-SC)	 A-2-4(0)	1	Arena gravosa limosa, color amarillento, contiene 43% de Grava Retenido en el Tamiz N° 4. La grava es de origen volcanico de alta dureza, con cierto porcentaje de grava arenisca dura y semidura, Cantos rodados, Humedad Natural: 8.20% .
0.10		 A-6(4)	2	Arena Arcillosa limosa, color marrón claro con manchas anaranjadas. Suelo Semicompacto Humedad Natural: 14.10% .
0.50	CH	 A-7-6(18)	3	Arcilla Inorganica de alta plasticidad, color plumizo con manchas rojizas. (Suelo Semicompacto) Humedad Natural: 31.60% .
1.50				

Reg. Marca INDECOP/ C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 07: Análisis Granulométrico (M-1)



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"									
Material: TERRENO DE FUNDACIÓN					COORDENADAS: 18M 0376828				
Calicata: C-01 (M1)					UTM 9345507				
Profundidad: 0.00 - 0.10 m					LIMITES DE ATTERBERG				
Ubicación: Margen Derecha					ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90				
PESO TOTAL		8,000.0 grs.							
*LÍMITE LÍQUIDO :		20.8 %							
*LÍMITE PLÁSTICO:		14.5 %							
*ÍNDICE PLÁSTICO:		6.3 %							
*HUMEDAD NATURAL :		8.2 %							
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			GRADACIÓN			
			retenido	acumulado	que pasa				
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2"	50.800				100.0				
1 1/2"	38.100	416.00	5.20	5.2	94.8				
1"	25.400	912.00	11.4	16.6	83.4				
3/4"	19.050	648.00	8.1	24.7	75.3				
1/2"	12.700	504.00	6.3	31.0	69.0				
3/8"	9.525	325.00	4.1	35.1	64.9				
1/4"	6.350								
Nº4	4.760	632.00	7.9	43.0	57.0				
Nº6	3.360								
Nº8	2.380	27.48	3.1	46.1	53.9				
Nº10	2.000	10.64	1.2	47.3	52.7				
Nº16	1.190	15.07	1.7	49.1	50.9				
Nº20	0.840	17.73	2.0	51.1	48.9				
Nº30	0.590	23.94	2.7	53.8	46.2				
Nº40	0.420	26.60	3.0	56.8	43.2				
Nº50	0.297	31.91	3.6	60.5	39.5				
Nº80	0.177	138.30	15.8	76.3	23.7				
Nº100	0.149	9.75	1.1	77.4	22.6				
Nº200	0.074	52.30	6.0	83.3	16.7				
PAN	-	146.28	16.7	100.0	-				

LÍMITE PLÁSTICO			HN
Nº del recipiente	13	14	1
Peso de recip. + suelo húmedo	6.68	6.67	301.29
Peso del recip. + suelo seco	6.36	6.30	281.58
Tara	4.14	3.77	41.18
Peso del agua	0.32	0.37	19.71
Peso del suelo seco	2.22	2.53	240.40
Contenido de humedad (%)	14.4	14.6	8.20

***CLASIFICACION :** AASHTO **A-2-4(0)**
SUCS **(SM-SC)**

***OBSERVACIONES:** Arena gravosa limosa, color amarillento.
Contiene 43.0% de grava retenido en el tamiz Nº 4.
La grava es de origen volcánico de alta dureza, con cierto porcentaje de grava arenisca dura y semidura, Cantos rodados.

REPRESENTACION GRAFICA

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
ALFREDO AREVALO PUTIPARA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
SALFREDO AREVALO RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 08: Análisis Granulométrico (M-2)



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Material: **TERRENO DE FUNDACIÓN**
Calicata: **C-1 (M-2)**
Profundidad: **0.10 - 0.50 m**
UBICACIÓN: **Margin Derecha**

COORDENADAS: 18M 0376828
UTM 9345507

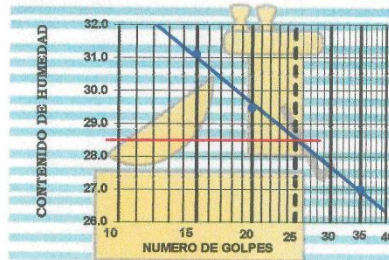
LIMITES DE ATTERBERG
ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

PESO TOTAL	500.0	grs.
*LIMITE LIQUIDO :	28.5	%
*LIMITE PLASTICO:	15.2	%
*INDICE PLASTICO:	13.3	%
*HUMEDAD NATURAL :	14.1	

LIMITE LIQUIDO			
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	4	5	6
Peso recip. + suelo húmedo	26.56	21.91	24.15
Peso recip. + suelo seco	23.59	18.55	20.48
Tara	12.59	7.15	8.68
Peso del Agua	2.97	3.36	3.67
Peso del suelo seco	11.00	11.40	11.80
Contenido de humedad (%)	27.0	29.5	31.1

TAMIZ	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			GRADACIÓN
ASTM	mm		retenido	acumulado	que pasa	
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°4	4.760				100.0	
N°6	3.360					
N°8	2.380	9.50	1.9	1.9	98.1	
N°10	2.000	7.50	1.5	3.4	96.6	
N°16	1.190	12.00	2.4	5.8	94.2	
N°20	0.840	15.00	3.0	8.8	91.2	
N°30	0.590	19.50	3.9	12.7	87.3	
N°40	0.420	26.50	5.3	18.0	82.0	
N°50	0.297	41.00	8.2	26.2	73.8	
N°80	0.177	92.50	18.5	44.7	55.3	
N°100	0.149	6.00	1.2	45.9	54.1	
N°200	0.074	27.50	5.5	51.4	48.6	
PAN	-	243.00	48.6	100.0	-	

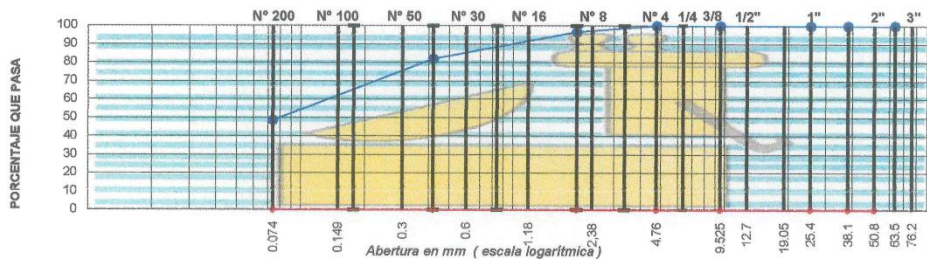
LIMITE PLASTICO			
N° del recipiente	15	16	2
Peso de recip. + suelo húmedo	7.14	7.06	274.86
Peso de recip.+ suelo seco	6.73	6.62	246.03
Tara	4.01	3.74	41.53
Peso del agua	0.41	0.44	28.83
Peso del suelo seco	2.72	2.88	204.50
Contenido de humedad (%)	15.1	15.3	14.1



*CLASIFICACION : AASHTO **A-6(4)**
SUCS **SC**

*OBSERVACIONES: Arena Arcillosa limosa,
color marrón claro con manchas anaranjadas.

REPRESENTACION GRAFICA



Reg. Marca INDECOPI C - 00052964

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMÍREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 09: Análisis Granulométrico (M-3)



R. U. C. 20284038261
 Jr. Mat. Cáceres N° 407 - Ygs.
 Tel: (0502) 328205
 Camino Moray Km 229
 Tarpoto - PERÚ

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Material: TERRENO DE FUNDACIÓN
Calicata: C-1 (M-3)
Profundidad: 0.50 - 1.50 m
Ubicación: Margen Derecha

COORDENADAS: 18M 0376828
 UTM 9345507

LIMITES DE ATTERBERG
 ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

PESO TOTAL 500.0 grs.

*LIMITE LIQUIDO : 51.7 %
 *LIMITE PLASTICO: 21.3 %
 *INDICE PLASTICO: 30.4 %
 *HUMEDAD NATURAL: 31.6 %

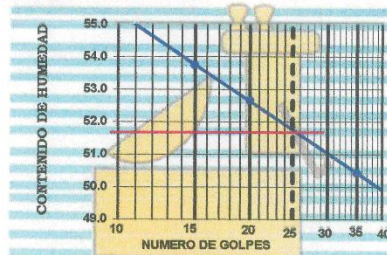
LIMITE LIQUIDO

Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	7	8	9
Peso recip. + suelo húmedo	28.00	27.78	32.01
Peso recip. + suelo seco	21.95	21.25	25.13
Tara	9.95	8.85	12.33
Peso del Agua	6.05	6.53	6.88
Peso del suelo seco	12.00	12.40	12.80
Contenido de humedad (%)	50.4	52.7	53.8

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			GRADACIÓN
			retenido	acumulado	que pasa	
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°4	4.760					
N°6	3.360					
N°8	2.380					
N°10	2.000					
N°16	1.190	0.00	0.0	0.0	100.0	
N°20	0.840	1.50	0.3	0.3	99.7	
N°30	0.590	3.50	0.7	1.0	99.0	
N°40	0.420	6.00	1.2	2.2	97.8	
N°50	0.297	8.00	1.6	3.8	96.2	
N°80	0.177	10.50	2.1	5.9	94.1	
N°100	0.149	0.50	0.1	6.0	94.0	
N°200	0.074	2.50	0.5	6.5	93.5	
PAN	-	467.50	93.5	100.0	-	

LIMITE PLASTICO

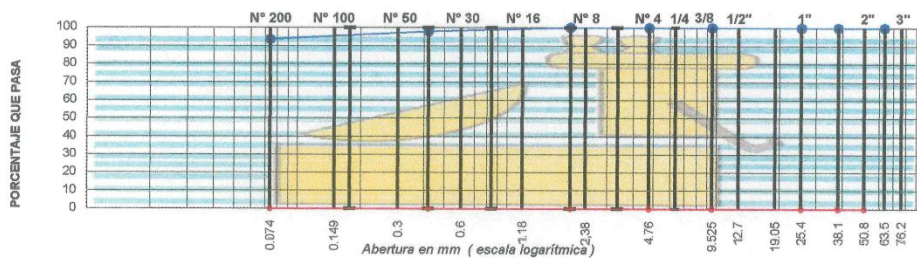
	17	18	H.N
N° del recipiente	17	18	1
Peso de recip. + suelo húmedo	7.93	8.25	286.75
Peso del recip.+ suelo seco	7.21	7.46	226.17
Tara	3.81	3.76	34.47
Peso del agua	0.72	0.79	60.58
Peso del suelo seco	3.40	3.70	191.70
Contenido de humedad (%)	21.2	21.4	31.6



*CLASIFICACION : AASHTO A-7-6(18)
 SUCS CH

*OBSERVACIONES: Arcilla inorgánica de alta plasticidad,
 Color plumizo con manchas rojizas.
 Suelo Semicompacto.

REPRESENTACION GRAFICA



Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

SALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 10: Análisis Químico del suelo (M-1)



R.U.C. 20284935251
 Jr. Mcal. Caceres N° 407- Ygs.
 Telf. (065) 352420
 Jr. Camilla Morey N° 229
 Tarapoto-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

- * MECÁNICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

MATERIAL: **CALICATA N° 01 - 1ERA CAPA**

SUELO TIPO: **(SM-SC) Arena Gravosa limosa**

ANALISIS QUIMICO DEL SUELO So₄

TIPO DE ENSAYO	UND	RESULTADOS
Análisis Químico Suelo So ₄	%	0.0019

OBSERVACIONES :

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 11: Análisis Químico del suelo (M-2)



R.U.C. 20284935251
 Jr. Mcat. Cáceres N° 407- Ygs.
 Telf. (065) 352420
 Jr. Camila Morey N° 229
 Tarapoto-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

- * MECÁNICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

MATERIAL: **CALICATA N° 01 - 2DA CAPA**

SUELO TIPO: **(SC) Arena arcillosa limosa**

ANALISIS QUIMICO DEL SUELO So₄

TIPO DE ENSAYO	UND	RESULTADOS
Análisis Químico Suelo So ₄	%	0.0016

OBSERVACIONES :

Reg. Marca INDECOPÍ C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S.ALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 12: Análisis Químico del suelo (M-3)



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.
ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

- * MECÁNICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

MATERIAL: **CALICATA N° 01 - 3ERA CAPA**

SUELO TIPO: **(CH) Arcilla inorganica de alta plasticidad**

ANALISIS QUIMICO DEL SUELO So₄

TIPO DE ENSAYO	UND	RESULTADOS
Análisis Químico Suelo So ₄	%	0.0018

OBSERVACIONES :

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
S.ALFREDO AREVALO RAMÍREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 13: Ensayo de Proctor Modificado (M-1)



R.U.C. 2023493251
 Jr. Meza, Cañares N° 407 - Ygs.
 Telf. (065) 352420
 Jr. Camilla Moray N° 229
 Tarapoto-PÉRU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

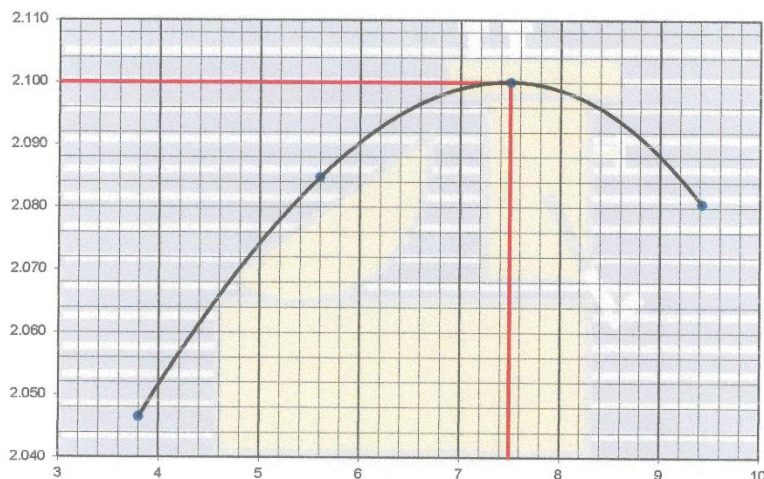
MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
 YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Ubicación : DISTRITO YURIMAGUAS - PROVINCIA ALTO AMAZONAS - DEPARTAMENTO DE LORETO
 Material : **CANTERA INDEPENDENCIA 100% PURO**
 Suelo Tipo : **(SM-SC) ARENA GRAVOSA LIMOSA**

N°Capas: 5 Molde N°: 1 N° Golpes: 56

METODO DE COMPACTACION :	PROCTOR MODIFICADO					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2069					
	PESO DEL MOLDE (gr.)				5058	
	MOLDE Nro. 01					
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5	6
PESO SUELO + MOLDE	9453	9613	9729	9768		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4395	4555	4671	4710		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cc)	2.124	2.202	2.258	2.276		
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	217.74	201.41	189.38	184.17		
PESO SUELOS SECO + TARA	211.28	192.93	178.57	171.40		
PESO DE LA TARA	41.18	41.53	34.47	35.79		
PESO DE AGUA	6.46	8.48	10.81	12.77		
PESO DE SUELO SECO	170.10	151.40	144.10	135.61		
CONTENIDO DE AGUA	3.80	5.60	7.50	9.42		
DENSIDAD SECA (gr/cc.)	2.046	2.085	2.100	2.081		
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.100	gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA:	7.5	%



RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima densidad seca teórica	: 2.100 gr/cc
Óptimo contenido de humedad	: 7.5 %

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMÍREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 14: Densidad "IN SITU" Método del cono de arena (M-1)



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA. ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

DENSIDAD "IN SITU" METODO DEL CONO DE ARENA AASHTO 191 - 93 - ASTM D 1556

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Material: CALICATA N°01/M-1

Profundida 0.00 - 0.10 m

Fecha: 19/08/2022

ESPECIFICACIÓN : 98% Min.

DATOS DEL ENSAYO DE PROCTOR - PESO ESPECIFICO					
Densidad de Arena:	1.46 gr/cc	MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.100 gr/cc		
		HUMEDAD OPTIMA :	7.50 %		
Ubicación	ESTRATO SUPERIOR - M-1				
NUMERO DE LA PRUEBA DE LA PRUEBA	1	2			
1. Peso Suelo húmedo del hueco + d.	7673	7677			
2. Peso del Depósito	262	262			
3. Peso del suelo húmedo del hueco(1-2)	7411	7415			
4. Peso de la Arena + frasco	7641	7654			
5. Peso de Arena que queda en frasco	1045	1070			
6. Peso Arena hueco + arena peso cono	6596	6584			
7. Peso Arena del cono	1673	1673			
8. Peso Arena del hueco (6-7)	4923	4911			
9. Densidad de la Arena	1.46	1.46			
10. Volumen del hueco (8:9)	3372	3364			
11. Peso de grava secada al aire	1210	1240			
12. Peso Especifico de grava	2.62	2.62			
13. Volumen grava por desplaz.	462	473			
14. Peso del suelo (3 - 11)	6201	6175			
15. Volumen del suelo (10-13)	2910	2891			
16. Densidad del suelo húmedo (14 : 15)	2.13	2.14			
17. Humedad contenida del suelo	9.7	9.6			
18. Densidad suelo seco (16/1+17*100)	1.942	1.949			
19. Máx. densidad determinada en curva	2.100	2.100			
20. Porcentaje de Compactación (18:19)	92.5%	92.8%			
PROMEDIO					
DETERMINACION DE HUMEDAD					
1. Cápsula N°					
2. Peso de Cápsula + suelo húmedo					
3. Peso de Cápsula + suelo seco					
4. Agua					
5. Tara					
6. Peso suelo seco					
7. Porcentaje de Humedad	9,70	9,60			
8. Profundidad (mt.)					

Observaciones :

La prueba de Campo **Alcanzó el grado** de compactación Requerido, según Las Normas Técnicas (98%) Min. a Nivel de **Afirmado**.

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

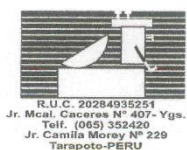
CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPANA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S.ALFREDO AREVALO RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
CIP/206345

Anexo 15: Ensayo de Proctor Modificado (M-2)



R.U.C. 20284935251
 Jr. Mcal. Caceres N° 407- Ygs.
 Telf. (065) 352420
 Jr. Camilla Morey N° 229
 Tarapoto-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Material : **CALICATA N° 01/M-2**

Profundidad: 0.10 - 0.50 m
ESTRATO INTERMEDIO

N° Capas 5 Molde N° : 1 N° Golpes : 56

METODO DE COMPACTACION :		PROCTOR MODIFICADO				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2069	PESO DEL MOLDE (gr.)				MOLDE Nro. 01
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5	6
PESO SUELO + MOLDE	9253	9385	9490	9534		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4195	4327	4432	4476		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cc)	2.028	2.091	2.142	2.163		
RECIPIENTE Nro.	9	10	11	12		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	213.93	204.91	200.36	194.84		
PESO SUELOS SECO + TARA	201.44	190.63	184.05	176.16		
PESO DE LA TARA	41.34	35.53	35.75	34.66		
PESO DE AGUA	12.49	14.28	16.31	18.68		
PESO DE SUELO SECO	160.10	155.10	148.30	141.50		
CONTENIDO DE AGUA	7.80	9.21	11.00	13.20		
DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.881	1.915	1.930	1.911		
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.930	gr/cc.	HUMEDAD OPTIMA:		11.0	%



RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima densidad seca teórica	: 1.930 gr/cc
Optimo contenido de humedad	: 11.0 %

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
 ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
 S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP/206345

Anexo 16: Densidad "IN SITU" Método del cono de arena (M-2)



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

DENSIDAD "IN SITU" METODO DEL CONO DE ARENA

AASHTO 191 - 93 - ASTM D 1556

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Material: **CALICATA N°01/M-2**

Profundidad **0.10 - 0.50 m**

Fecha: **19/08/2022**

ESPECIFICACIÓN : **98% Min.**

DATOS DEL ENSAYO DE PROCTOR - PESO ESPECIFICO					
Densidad de Arena:	1.46 gr/cc	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.930 gr/cc		
		HUMEDAD OPTIMA :	11.00 %		
Ubicación	ESTRATO INTERMEDIO - M-2				
NUMERO DE LA PRUEBA DE LA PRUEBA	1	2			
1. Peso Suelo húmedo del hueco + d.	5722	5682			
2. Peso del Depósito	262	262			
3. Peso del suelo húmedo del hueco(1-2)	5460	5420			
4. Peso de la Arena + frasco	7651	7662			
5. Peso de Arena que queda en frasco	1443	1523			
6. Peso Arena hueco + arena peso cono	6208	6139			
7. Peso Arena del cono	1673	1673			
8. Peso Arena del hueco (6-7)	4535	4466			
9. Densidad de la Arena	1.46	1.46			
10. Volumen del hueco (8:9)	3106	3059			
11. Peso de grava secada al aire					
12. Peso Especifico de grava					
13. Volumen grava por desplaz.					
14. Peso del suelo (3 - 11)	5460	5420			
15. Volumen del suelo (10-13)	3106	3059			
16. Densidad del suelo húmedo (14 : 15)	1.76	1.77			
17. Humedad contenida del suelo	11.9	11.7			
18. Densidad suelo seco (16/1+17*100)	1.571	1.586			
19. Máx. densidad determinada en curva	1.930	1.930			
20. Porcentaje de Compactación (18:19)	81.4%	82.2%			
PROMEDIO					
DETERMINACION DE HUMEDAD					
1. Cápsula N°					
2. Peso de Cápsula + suelo húmedo					
3. Peso de Cápsula + suelo seco					
4. Agua					
5. Tara					
6. Peso suelo seco					
7. Porcentaje de Humedad	11.90	11.70			
8. Profundidad (mt.)					

Observaciones :

La prueba de Campo **Alcanzó el grado** de compactación Requerido, según Las Normas Técnicas (98%) Min. a Nivel de Afirmado.

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPANA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
CIP/206345

Anexo 17: Combinación de M1 y M2



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Dosificación: **Capa Superior/C-1-M1 Suelo Tipo (SM-SC)**
Capa Intermedio/C-1-M2 Suelo Tipo (SC)

Uso: **Subrasante Mejorada**

PESO TOTAL	6,000.0	grs.
*LÍMITE LIQUIDO :	23.5	%
*LÍMITE PLÁSTICO:	14.7	%
*ÍNDICE PLÁSTICO:	8.8	%
*HUMEDAD NATURAL :	9.8	%

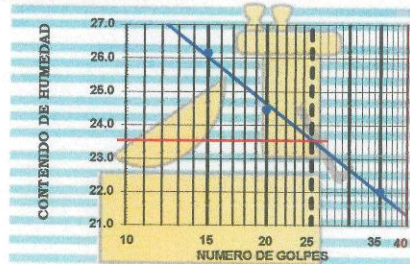
LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	1	2	3
Peso recip. + suelo húmedo	20.84	21.62	22.23
Peso recip. + suelo seco	19.30	19.81	20.19
Tara	12.30	12.41	12.39
Peso del Agua	1.54	1.81	2.04
Peso del suelo seco	7.00	7.40	7.80
Contenido de humedad (%)	22.0	24.5	26.2

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			GRADACIÓN
			retenido	acumulado	que pasa	
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				100.0	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.0	
1"	25.400	516.00	8.6	8.6	91.4	
3/4"	19.050	762.00	12.7	21.3	78.7	
1/2"	12.700	252.00	4.2	25.5	74.5	
3/8"	9.525	198.00	3.3	28.8	71.2	
1/4"	6.350					
N°4	4.760	588.00	9.8	38.6	61.4	
N°6	3.360					
N°8	2.380	70.85	8.7	47.3	52.7	
N°10	2.000	20.38	2.5	49.8	50.2	
N°16	1.190	13.03	1.6	51.4	48.6	
N°20	0.840	17.92	2.2	53.6	46.4	
N°30	0.590	51.30	6.3	59.9	40.1	
N°40	0.420	64.33	7.9	67.8	32.2	
N°50	0.297	26.06	3.2	71.0	29.0	
N°80	0.177	44.79	5.5	76.5	23.5	
N°100	0.149	8.96	1.1	77.6	22.4	
N°200	0.074	28.50	3.5	81.1	18.9	
PAN	-	153.91	18.9	100.0	-	

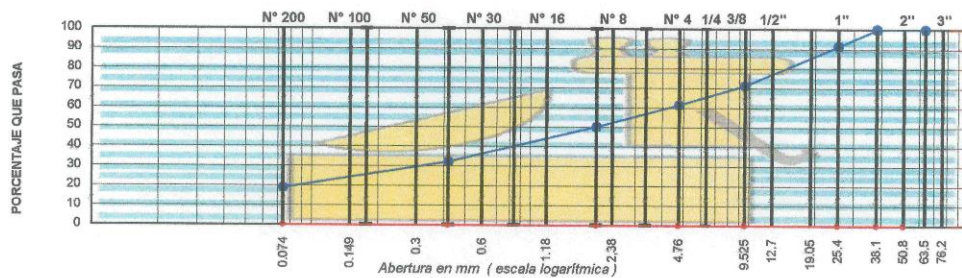
LÍMITE PLÁSTICO			HN
N° del recipiente	13	14	5
Peso de recip. + suelo húmedo	7.12	7.10	272.39
Peso del recip. + suelo seco	6.74	6.67	251.10
Tara	4.14	3.77	33.90
Peso del agua	0.38	0.43	21.29
Peso del suelo seco	2.60	2.90	217.20
Contenido de humedad (%)	14.6	14.8	9.80



*CLASIFICACION : AASHTO **A-2-4(0)**
SUCS **(SC)**

*OBSERVACIONES: Arena gravosa arcillosa, color marrón claro.
Contiene 38.6% de grava retenido en el tamiz N° 4.
La grava es de origen volcánico de alta dureza, con cierto porcentaje de gravas areniscas dura y semidura, Cantos rodados.

REPRESENTACION GRAFICA



CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
CIP/206345

Anexo 18: Ensayo de Proctor Modificado Combinación de M1 y M2



R.U.C. 20284935251
 Jr. Meal. Caceres N° 407- Ygs.
 Telf: (065) 352420
 Jr. Camilla Morey N° 229
 Tarapoto-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA. ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

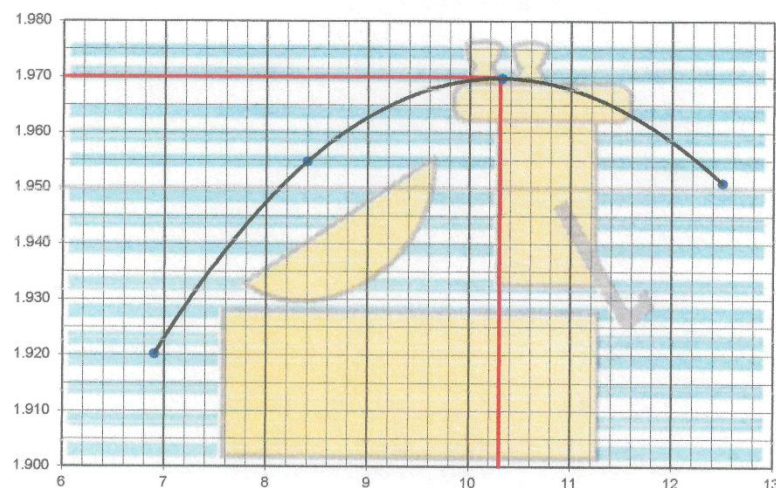
MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
 YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Combinación : **Capa Superior/C-1-M1 Suelo Tipo (SM-SC)**
Capa Intermedio/C-1-M2 Suelo Tipo (SC)
 Suelo Tipo : **(SC) ó Arena gravosa arcillosa.**
 Uso : **Sub Rasante Mejorada**

Nº Capas: 5 Molde Nº: 1 Nº Golpes: 56

METODO DE COMPACTACION :	PROCTOR MODIFICADO			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2069	PESO DEL MOLDE (gr.) 5058		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	9305	9442	9554	9599
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4247	4384	4496	4541
DENSIDAD HUMEDA (gr/cc)	2.053	2.119	2.173	2.195
RECIPiente Nro.	6	7	8	9
PESO SUELO HUMEDO + TARA	237.53	238.98	220.69	215.15
PESO SUELOS SECO + TARA	224.39	223.17	203.29	195.84
PESO DE LA TARA	33.99	34.97	34.69	41.34
PESO DE AGUA	13.14	15.81	17.40	19.31
PESO DE SUELO SECO	190.40	188.20	168.60	154.50
CONTENIDO DE AGUA	6.90	8.40	10.32	12.50
DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.920	1.955	1.970	1.951
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.970 gr/cc.	HUMEDAD OPTIMA:		10.3 %



RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima densidad seca teórica	: 1.970 gr/cc
Óptimo contenido de humedad	: 10.3 %

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
 ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
 SALFREDO AREVALO RAMÍREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP/206345

Anexo 19: Ensayo de la relación de soporte de california (CBR)



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA. ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

**PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"**

Suelo Tipo : **(SC) ó Arena gravosa arcillosa.**
Combinación : **Capa Superior/C-1-M1 Suelo Tipo (SM-SC)**
Capa Intermedio/C-1-M2 Suelo Tipo (SC) Realizado por R.AA.
Uso : **Sub Rasante Mejorada** Revisado por A.A.P.

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.970
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.3

Compactación			
Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	12158	13357	11319
Peso molde (gr.)	7215	8709	6951
Peso suelo compactado (gr.)	4943	4648	4368
Volumen del molde (cm ³)	2277	2250	2268
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.171	2.066	1.926

Humedad (%)			
Tara N°	10	11	12
Tara+suelo húmedo (gr.)	156.76	156.31	157.65
Tara+suelo seco (gr.)	145.53	144.95	145.96
Peso de agua (gr.)	11.23	11.36	11.69
Peso de tara (gr.)	35.43	35.75	34.66
Peso de suelo seco (gr.)	110.10	109.20	111.30
Humedad (%)	10.20	10.40	10.50
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.970	1.871	1.743

Aplicación de Carga

Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		84.80	4.32	55.40	2.82	41.20	2.10
1.27		161.0	8.20	100.7	5.13	76.00	3.87
1.91		241.7	12.31	144.5	7.36	100.70	5.13
2.54	70	313.4	15.96	199.3	10.15	129.20	6.58
3.81		422.5	21.52	274.6	13.99	180.40	9.19
5.08	104	543.1	27.66	348.3	17.74	230.50	11.74
6.35		643.8	32.79	411.7	20.97	266.40	13.57
7.62		706.1	35.96	453.6	23.10	293.90	14.97
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

Expansión:

Días de Inmersión en Agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
00	0	0	0
01	11	16	22
02	24	31	43
03	32	46	60
04	43	58	74
	0.34	0.46	0.58

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

SALFREDO AREVALO RAMÍREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 20: Ensayo de la relación de soporte de california (CBR)



R.U.C. 20284938251
 Jr. Nical, Caceres N° 407- Ygs.
 Teif. (061) 352420
 Jr. Camila Morey N° 229
 Tarapoto- PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA. ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

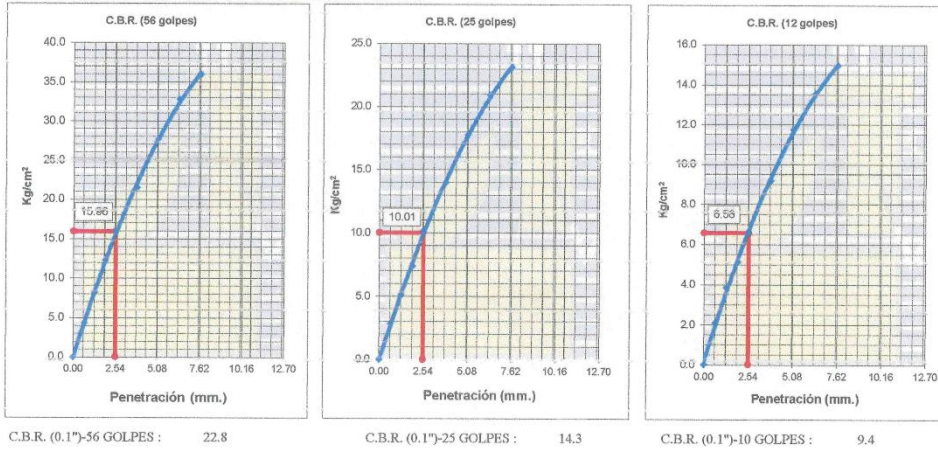
Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

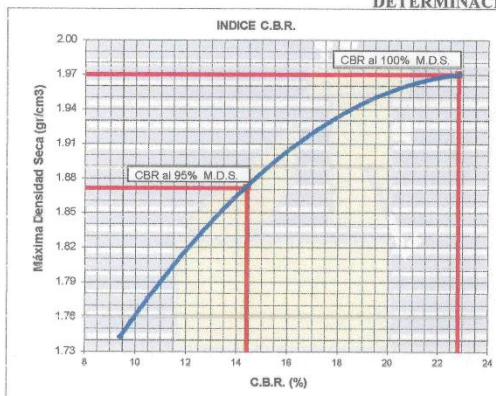
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA
 TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Suelo Tipo :	(SC) ó Arena gravosa arcillosa.		
Combinación :	Capa Superior/C-1-M1 Suelo Tipo (SM-SC)		
	Capa Intermedio/C-1-M2 Suelo Tipo (SC)		
	Sub Rasante Mejorada	Realizado por :	R.AA.
		Revisado por :	A.A.P.

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) :	1.970
Óptimo Contenido de Humedad (%) :	10.30



DETERMINACION DE C.B.R.



95% DE M.D.S. :	1.872
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" :	22.8 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 01" :	14.4 %

OBSERVACIONES:

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
 ALFREDO AREVALO PUTPANA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA
 S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 20: Ensayos de laboratorio con Cal 5%



R. D. C. 2828455251
 Jr. Mchal. Cáceres N° 407- Yga.
 Telf. (091) 932495
 Jr. Camila Moroy N° 229
 Tarapoto - PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Dosificación: **95% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC)**

5% Cal

Uso: **Subrasante Mejorada**

1era. Caracterización

LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

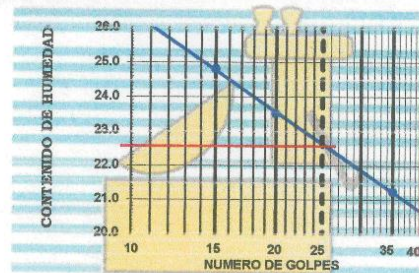
Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	4	5	6
Peso recip. + suelo húmedo	23.50	18.76	20.91
Peso recip. + suelo seco	21.59	16.55	18.48
Tara	12.59	7.15	8.68
Peso del Agua	1.91	2.21	2.43
Peso del suelo seco	9.00	9.40	9.80
Contenido de humedad (%)	21.2	23.5	24.8

PESO TOTAL	7,000.0 grs.
*LÍMITE LIQUIDO :	22.6 %
*LÍMITE PLÁSTICO:	15.1 %
*ÍNDICE PLÁSTICO:	7.5 %
*HUMEDAD NATURAL :	8.7 %

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			GRADACIÓN
			retenido	acumulado	que pasa	
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				100.0	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.0	
1"	25.400	553.00	7.9	7.9	92.1	
3/4"	19.050	714.00	10.2	18.1	81.9	
1/2"	12.700	385.00	5.5	23.6	76.4	
3/8"	9.525	287.00	4.1	27.7	72.3	
1/4"	6.350					
N°4	4.760	714.00	10.2	37.9	62.1	
N°6	3.360					
N°8	2.380	74.07	9.2	47.1	52.9	
N°10	2.000	16.91	2.1	49.2	50.8	
N°16	1.190	15.30	1.9	51.1	48.9	
N°20	0.840	21.74	2.7	53.8	46.2	
N°30	0.590	43.48	5.4	59.2	40.8	
N°40	0.420	75.68	9.4	68.6	31.4	
N°50	0.297	26.57	3.3	71.9	28.1	
N°80	0.177	45.89	5.7	77.6	22.4	
N°100	0.149	11.27	1.4	79.0	21.0	
N°200	0.074	22.54	2.8	81.8	18.2	
PAN	-	205.72	18.2	100.0	-	

LÍMITE PLÁSTICO

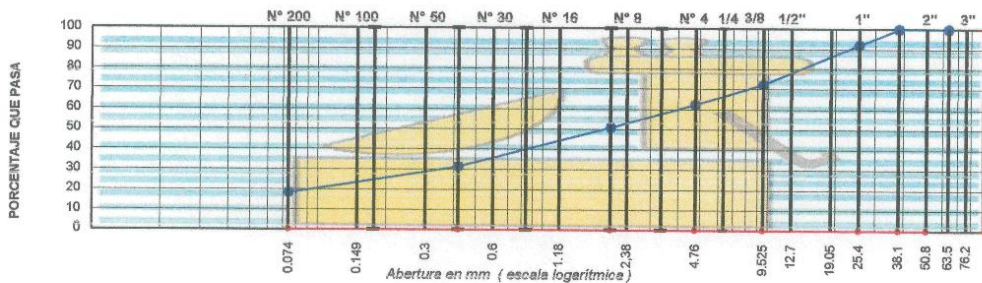
N° del recipiente	15	16	HN
Peso de recip. + suelo húmedo	7.69	7.91	253.24
Peso de recip. + suelo seco	7.21	7.36	235.69
Tara	4.01	3.74	33.99
Peso del agua	0.48	0.55	17.55
Peso del suelo seco	3.20	3.62	201.70
Contenido de humedad (%)	15.0	15.2	8.70



*CLASIFICACION : AASHTO **A-2-4(0)**
 SUCS **(SC)**

*OBSERVACIONES: Arena gravosa, arcillosa color marrón claro.
 Contiene 37.9% de grava retenido en el tamiz N° 4.
 La grava es de origen volcánico de alta dureza, con cierto porcentaje de gravas areniscas dura y semidura, Cantos rodados.

REPRESENTACION GRAFICA



CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

SALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 21: Ensayos de proctor modificado con Cal 5%



R.U.C. 2028493251
Jr. Mca. Cáceres N° 407- Ygs.
Telf: (065) 322420
Jr. Camilla Morey N° 229
Tarapoto-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

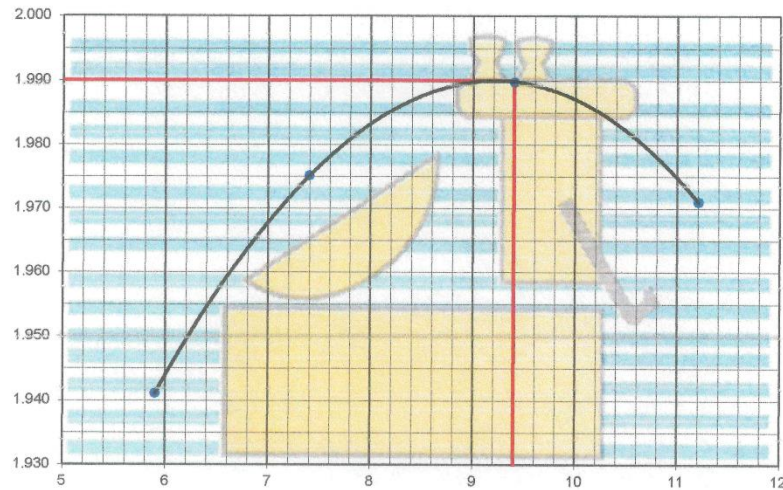
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Combinación : **95% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC) 5% Cal**

Uso: **Subrasante Mejorada**
1era. Caracterización

N°Capas: 5 Molde N°: 1 N° Golpes: 56

METODO DE COMPACTACION :		PROCTOR MODIFICADO			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2069	PESO DEL MOLDE (gr.) 5058			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE		9311	9447	9562	9593
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4253	4389	4504	4535
DENSIDAD HUMEDA (gr/cc)		2.056	2.121	2.177	2.192
RECIPIENTE Nro.		5	6	7	8
PESO SUELO HUMEDO + TARA		193.17	184.46	183.21	174.36
PESO SUELOS SECO + TARA		184.30	174.09	170.47	160.29
PESO DE LA TARA		33.90	33.99	34.97	34.69
PESO DE AGUA		8.87	10.37	12.74	14.07
PESO DE SUELO SECO		150.40	140.10	135.50	125.60
CONTENIDO DE AGUA		5.90	7.40	9.40	11.20
DENSIDAD SECA (gr/cc.)		1.941	1.975	1.990	1.971
DENSIDAD MAXIMA SECA:		1.990	gr/cc.	HUMEDAD OPTIMA: 9.4 %	



RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima densidad seca teórica	: 1.990 gr/cc
Óptimo contenido de humedad	: 9.4 %

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA
ALFREDO AREVALO PUTPANA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA
S. ALFREDO AREVALO RAMÍREZ
INGENIERO CIVIL
CIF 206345

Anexo 22: Ensayo de la relación de soporte de california (CBR) con cal 5%



R.U.C. 2028493251
 Jr. Mical. Cáceres N° 407- Ygs.
 Telef. (065) 352420
 Jr. Camila Moray N° 229
 Tarapoto- PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
 * PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
 YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Suelo Tipo : **Subrasante Mejorada**
 Combinación : **95% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC)**
5% Cal
 Uso : **1era. Caracterización**
 Realizado por **R.AA.**
 Revisado por **A.A.P.**

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	: 1.990
Óptimo Contenido de Humedad (%)	: 9.4

Compactación

Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	11638	13045	12994
Peso molde (gr.)	7140	8699	8690
Peso suelo compactado (gr.)	4498	4346	4304
Volumen del molde (cm ³)	2068	2100	2230
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.175	2.070	1.930

Humedad (%)

Tara N°	9	10	11
Tara+suelo húmedo (gr.)	161.68	155.00	157.73
Tara+suelo seco (gr.)	151.44	144.63	147.05
Peso de agua (gr.)	10.24	10.37	10.68
Peso de tara (gr.)	41.34	35.43	35.75
Peso de suelo seco (gr.)	110.10	109.20	111.30
Humedad (%)	9.30	9.50	9.60
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.990	1.890	1.761

Aplicación de Carga

Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		130.60	6.65	100.30	5.11	75.80	3.86
1.27		255.6	13.02	190.7	9.71	139.60	7.11
1.91		366.0	18.64	270.8	13.79	217.90	11.10
2.54	70	442.6	22.54	340.9	17.36	270.80	13.79
3.81		674.9	34.37	483.5	24.62	392.30	19.98
5.08	104	840.6	42.81	596.9	30.40	489.50	24.93
6.35		980.6	49.94	685.3	34.90	582.70	29.68
7.62		1086.4	55.33	754.0	38.40	660.10	33.62
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

Expansión:

Días de Inmersión en Agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
00	0	0	0
01	4	6	8
02	8	11	15
03	11	16	24
04	15	23	33
	0.12	0.18	0.26

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Anexo 23: Ensayo de la relación de soporte de california (CBR) con cal 5%



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA. ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

- * MECÁNICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

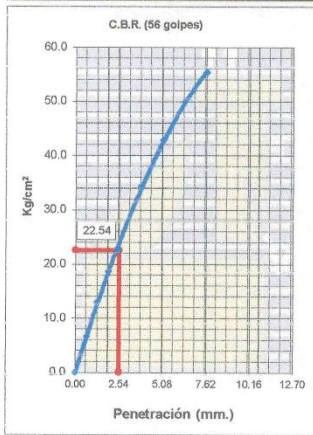
R.U.C. 20284935251
Jr. Mcal. Cáceres N° 407 - Ygs.
Telf. (065) 352420
Jr. Camilla Moray N° 229
Tarapoto-PERU

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

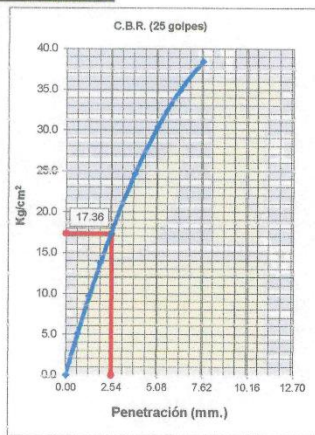
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA
TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Suelo Tipo :	Subrasante Mejorada		
Combinación :	95% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC)	Realizado por :	R.AA.
	5% Cal	Revisado por :	A.A.P.
	Sub Rasante Mejorada		

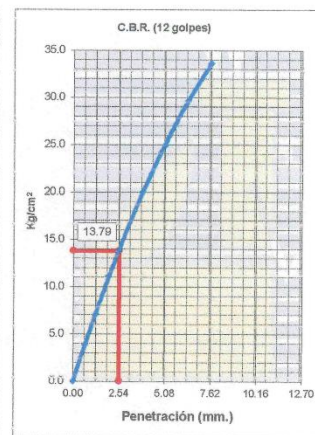
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) :	1.990
Óptimo Contenido de Humedad (%) :	9.40



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 32.2

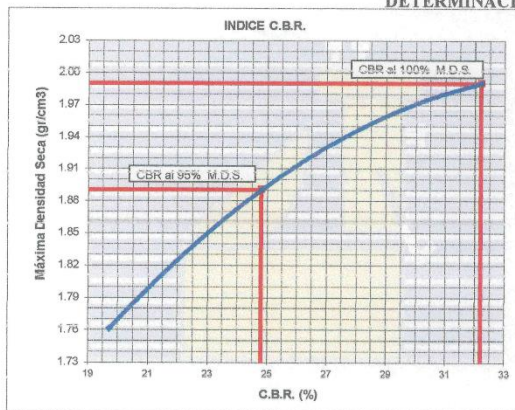


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 24.8



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 19.7

DETERMINACION DE C.B.R.



95% DE M.D.S. : 1.891
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 32.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 24.8 %

OBSERVACIONES:

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPAÑA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 24: Ensayos de laboratorio con Cal 8%



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

- * MECÁNICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Dosificación: **92% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC)**

8% Cal

Uso: **Subrasante Mejorada**

LIMITES DE ATTERBERG ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

PESO TOTAL: **9,000.0** grs.

*LÍMITE LÍQUIDO: **21.7** %

*LÍMITE PLÁSTICO: **14.9** %

*ÍNDICE PLÁSTICO: **6.8** %

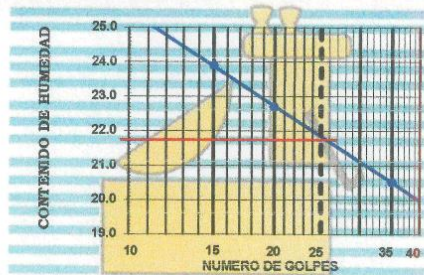
*HUMEDAD NATURAL: **8.4** %

Ensayo N°	1	2	3
N° de golpes	35	20	15
N° de recipiente	7	8	9
Peso recip. + suelo húmedo	22.00	21.61	25.71
Peso recip. + suelo seco	19.95	19.25	23.13
Tara	9.95	8.85	12.33
Peso del Agua	2.05	2.36	2.58
Peso del suelo seco	10.00	10.40	10.80
Contenido de humedad (%)	20.5	22.7	23.9

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			GRADACIÓN
			retenido	acumulado	que pasa	
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				100.0	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.0	
1"	25.400	621.00	6.9	6.9	93.1	
3/4"	19.050	873.00	9.7	16.6	83.4	
1/2"	12.700	702.00	7.8	24.4	75.6	
3/8"	9.525	504.00	5.6	30.0	70.0	
1/4"	6.350					
N°4	4.760	972.00	10.8	40.8	59.2	
N°6	3.360					
N°8	2.380	49.83	5.9	46.7	53.3	
N°10	2.000	21.96	2.6	49.3	50.7	
N°16	1.190	11.82	1.4	50.7	49.3	
N°20	0.840	21.11	2.5	53.2	46.8	
N°30	0.590	56.59	6.7	59.9	40.1	
N°40	0.420	77.70	9.2	69.1	30.9	
N°50	0.297	29.56	3.5	72.6	27.4	
N°80	0.177	41.39	4.9	77.5	22.5	
N°100	0.149	15.20	1.8	79.3	20.7	
N°200	0.074	26.18	3.1	82.4	17.6	
PAN	-	148.65	17.6	100.0	-	

LÍMITE PLÁSTICO

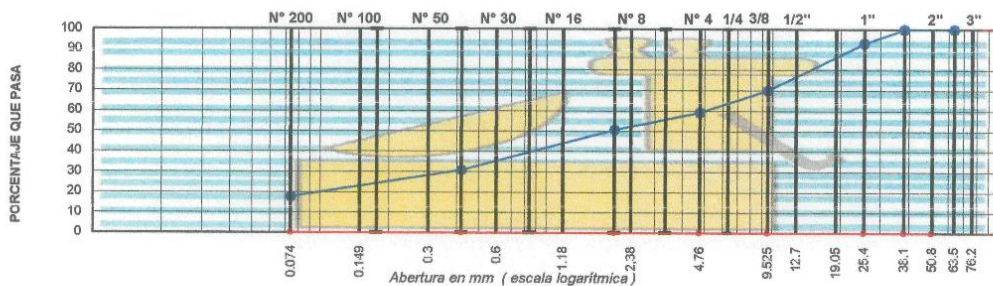
N° del recipiente	17	18	HN
Peso de recip. + suelo húmedo	7.92	8.28	276.22
Peso del recip. + suelo seco	7.39	7.69	258.03
Tara	3.81	3.76	41.53
Peso del agua	0.53	0.59	18.19
Peso del suelo seco	3.58	3.93	216.50
Contenido de humedad (%)	14.8	15.0	8.40



*CLASIFICACION: AASHTO **A-2-4(0)**
SUCS **(SM-SC)**

*OBSERVACIONES: Arena gravosa limosa, color amarillento claro.
Contiene 40.80% de grava retenido en el tamiz N° 4.
La grava es de origen volcánico de alta dureza, con cierto porcentaje de gravas areniscas dura y semidura, Cantos rodados.

REPRESENTACION GRAFICA



CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMÍREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 25: Ensayos de proctor modificado con Cal 8%



R.U.C. 20284935251
Jr. Mcal. Cáceres N° 407- Ygs.
Telf. (051) 352420
Jr. Camila Moray N° 229
Tarapoto-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

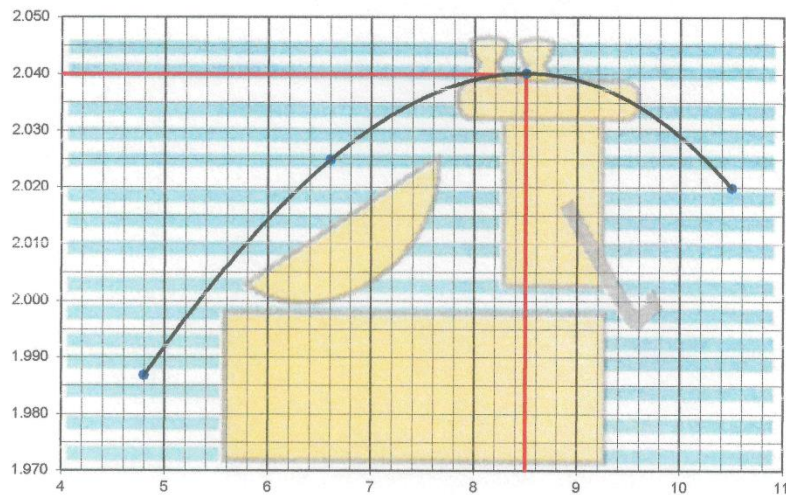
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Combinación : **92% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC)**
8% Cal

Suelo Tipo : **(SM-SC) ó Arena gravosa limosa con trazas de arcilla**
Uso : **Subrasante Mejorada**

Nº Capas: 5 Molde Nº: 1 Nº Golpes: 56

METODO DE COMPACTACION :	PROCTOR MODIFICADO				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2069	PESO DEL MOLDE (gr.)			5058
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	9366	9524	9638	9676	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4308	4466	4580	4618	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cc)	2.082	2.159	2.214	2.232	
RECIPIENTE Nro.	4	5	6	7	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	211.05	196.68	191.86	189.45	
PESO SUELOS SECO + TARA	203.03	186.60	179.49	174.77	
PESO DE LA TARA	35.93	33.90	33.99	34.97	
PESO DE AGUA	8.02	10.08	12.37	14.68	
PESO DE SUELO SECO	167.10	152.70	145.50	139.80	
CONTENIDO DE AGUA	4.80	6.60	8.50	10.50	
DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.987	2.025	2.040	2.020	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.040	gr/cc.	HUMEDAD OPTIMA:	8.5	%



RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima densidad seca teórica	: 2.040 gr/cc
Óptimo contenido de humedad	: 8.5 %

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

S. ALFREDO AREVALO RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 26: Ensayo de la relación de soporte de california (CBR) con cal 8%



R.U.C. 20284935251
Jr. Mcal. Caceres N° 407- Ygs.
Telf. (065) 352429
Jr. Camilla Morey N° 229
Tarapoto-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA
YURIMAGUAS-INIA TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

Suelo Tipo : **(SM-SC) ó Arena gravosa limosa con trazas de arcilla**
Combinación : **92% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC)**
8% Cal Realizado por R.AA.
Uso : **Subrasante Mejorada** Revisado por A.A.P.

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.040
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.5

Compactación

Molde N°	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	12249	13445	11403
Peso molde (gr.)	7215	8709	6951
Peso suelo compactado (gr.)	5034	4736	4452
Volumen del molde (cm ³)	2277	2250	2268
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.211	2.105	1.963

Humedad (%)

Tara N°	10	11	12
Tara+suelo húmedo (gr.)	164.88	174.16	164.66
Tara+suelo seco (gr.)	154.79	163.64	154.33
Peso de agua (gr.)	10.09	10.52	10.33
Peso de tara (gr.)	34.69	41.34	35.43
Peso de suelo seco (gr.)	120.10	122.30	118.90
Humedad (%)	8.40	8.60	8.69
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.039	1.938	1.806

Aplicación de Carga

Penetración (mm.)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		344.0	17.52	288.70	14.70	288.60	14.70
1.27		667.0	33.97	583.6	29.72	514.00	26.18
1.91		951.0	48.43	840.8	42.82	783.80	39.92
2.54	70	1275.0	64.94	1091.3	55.58	1004.70	51.17
3.81		1749.0	89.08	1531.5	78.00	1389.40	70.76
5.08	104	2249.2	114.55	1926.2	98.10	1744.50	88.85
6.35		2652.4	135.09	2222.7	113.20	2034.50	103.62
7.62		2992.0	152.38	2495.6	127.10	2260.00	115.10
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							

Expansión:

Días de Inmersión en Agua	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
00	0	0	0
01	11	16	22
02	24	31	43
03	32	46	60
04	43	58	74
	0.34	0.46	0.58

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
GERENTE GENERAL

CONSULTORES AREVALO S.R.LTDA

S.ALFREDO AREVALO RAMÍREZ
INGENIERO CIVIL
CIP 206345

Anexo 27: Ensayo de la relación de soporte de california (CBR) con cal 8%



R.U.C. 20284935251
 Jr. Met. Cáceres N° 407- Ygs.
 Telf. (059) 352420
 Jr. Camilla Moroy N° 229
 Tarapoto-PÉRU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA. ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

- * MECÁNICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Laboratorio de Mecánica de Suelos Asfalto y Concreto

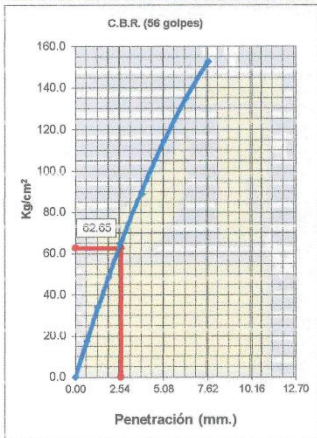
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON CAL EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA YURIMAGUAS-INIA
 TRAMO KM. 0+720 AL KM. 0+820, LORETO-2022"

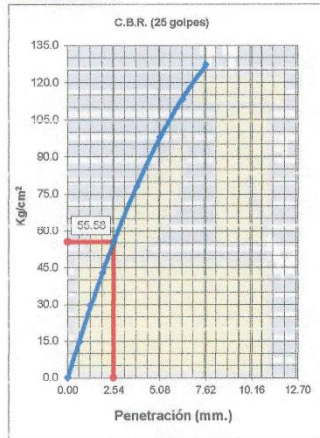
Suelo Tipo : **(SM-SC) ó Arena gravosa limosa con trazas de arcilla**
 Combinación : **92% Combinación Estrato Inferior + Estrato Intermedio, Suelo Tipo (SC)**
8% Cal

Realizado por : R.AA.
 Revisado por : A.A.P.

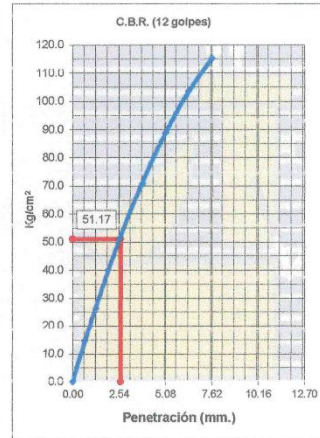
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.040
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 8.50



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 89.5

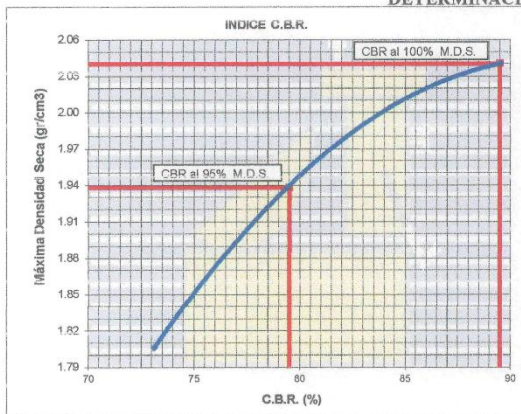


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 79.4



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 73.1

DETERMINACION DE C.B.R.



95% DE M.D.S. : 1.938

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 89.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 79.5 %

OBSERVACIONES:

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

ALFREDO AREVALO PUTPARA
 GERENTE GENERAL

CONSULTORES "AREVALO" S.R.LTDA

SALFREDO AREVALO RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 206345

Panel Fotográfico

Realizando las excavaciones a cielo abierto de la calicata N° 01 a 1.50m de profundidad.



Se llevó a cabo la excavación de la calicata N° 01, para la toma de muestras “IN-SITU”,



Vistas del área perimétrica, donde se realizó la excavación de la calicata N° 01 / marg. derecha – coordenada: 18m 0376828/ UTM 9345507.



Se observa la estratigrafía del terreno de fundación, al mismo tiempo se tomaron las muestras "IN-SITU" para los análisis y pruebas en el laboratorio.



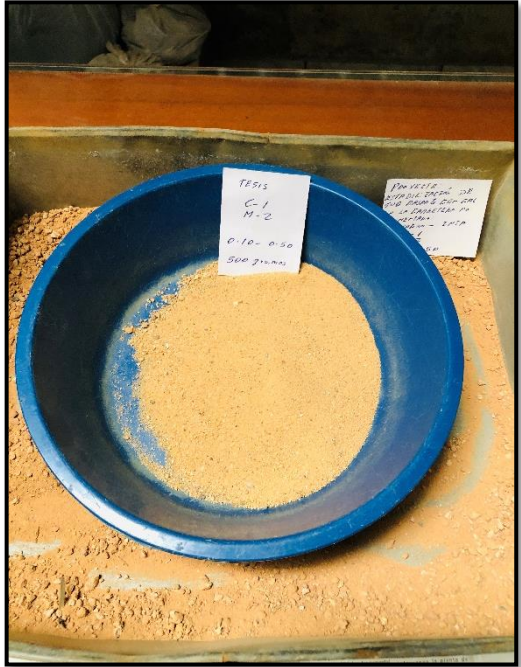
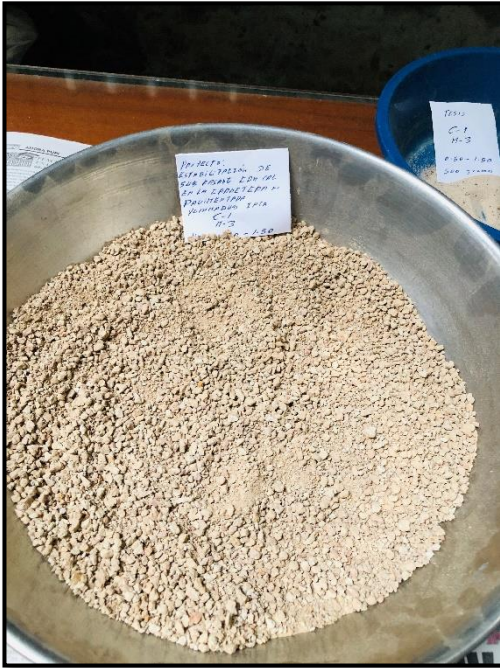
Análisis granulométrico por tamizado.



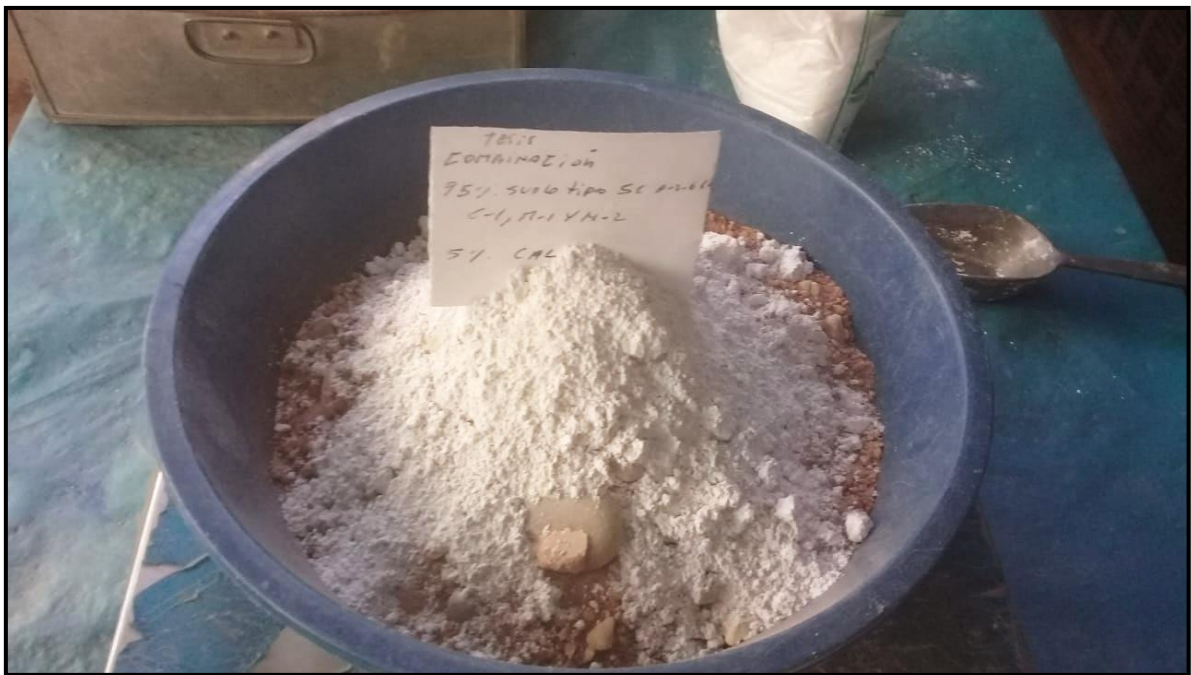
Ensayos de limite líquido, limite plástico e índice plástico.



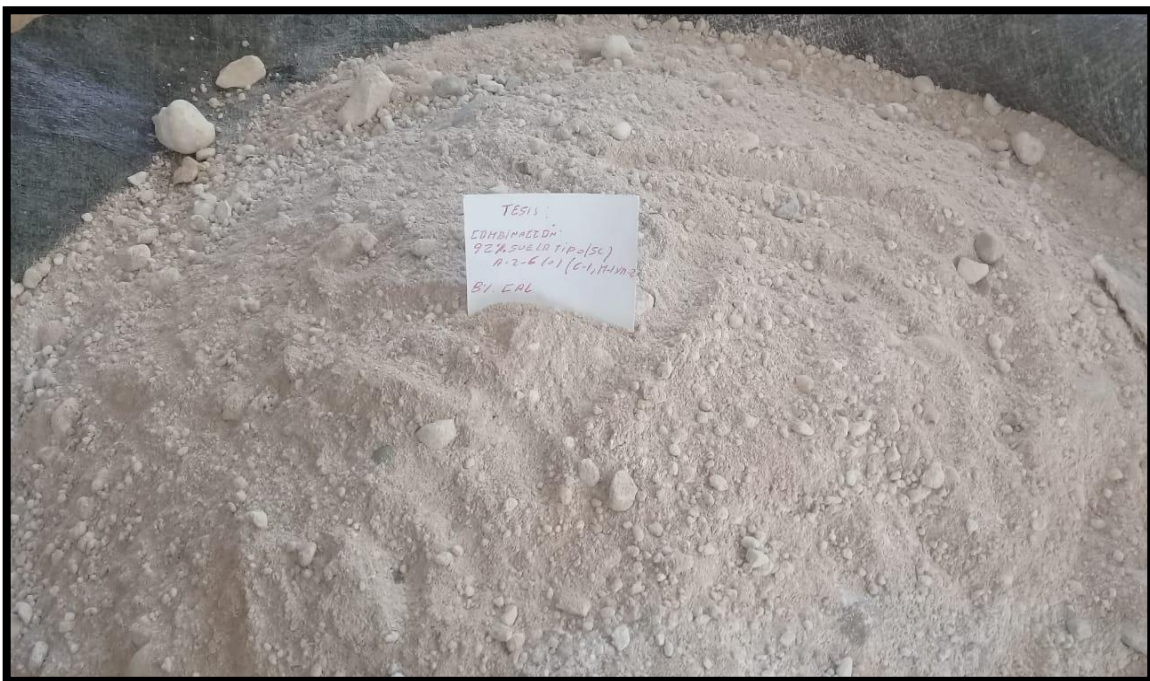
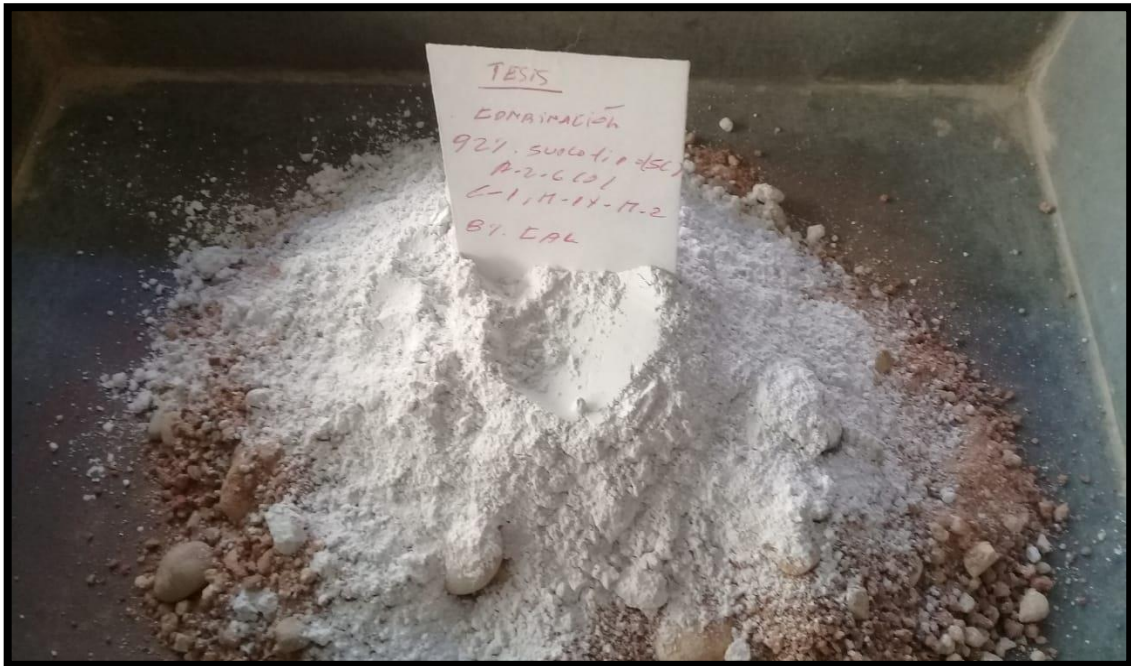
Análisis de las muestras



Ensayos en el laboratorio, primera caracterización suelo 95% + 5% de cal.



Ensayos en el laboratorio, segunda caracterización suelo 98% + 8% DE CAL.



Análisis físico mecánicas del material suelo cal.



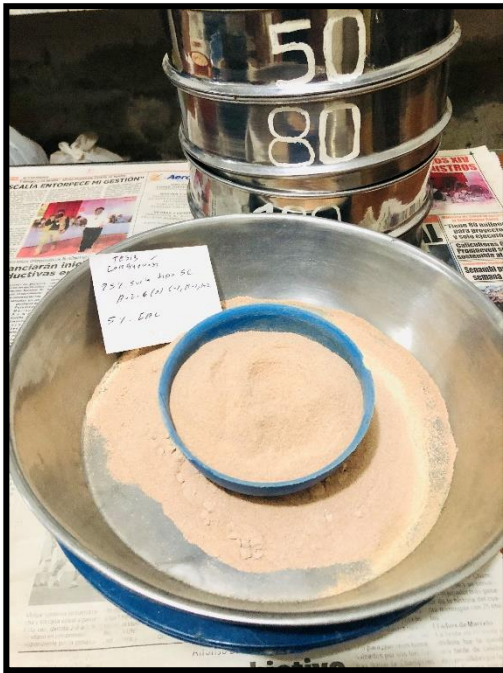
Determinación de humedad natural



Ensayo de proctor modificado, para determinar la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad



Muestras analizadas con cal al 5% y 8%



Ensayo de proctor modificado



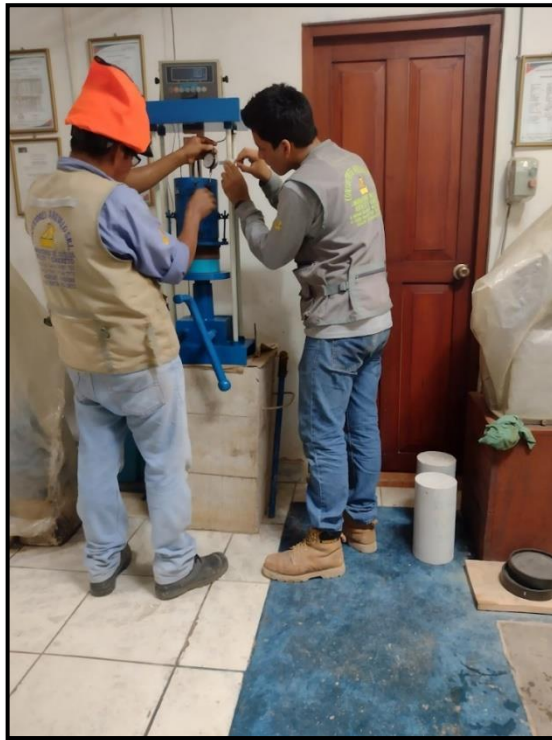
Moldeo del material a 56, 25 y 12 golpes para el ensayo del valor relativo de soporte CBR 04 días de inmersión al agua.



Ensayo del valor relativo de soporte CBR 04 días de inmersión al agua.



Ensayo del valor relativo de soporte CBR 04 días de inmersión al agua.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, FERNÁNDEZ VALLES CÉSAR ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de subrasante con cal en la carretera Yurimaguas – Inía tramo Km. 0+720 al Km. 0+820, Loreto 2022", cuyos autores son CORAL GARCIA MOISES, RUIZ SIFUENTES CARLOS ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TARAPOTO, 06 de Enero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNÁNDEZ VALLES CÉSAR ALFREDO DNI: 80290053 ORCID: 0000-0002-8436-5327	Firmado electrónicamente por: CESARALFREDO300 el 06-01-2023 17:33:06

Código documento Trilce: TRI - 0511555