



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Mejoramiento de subrasante mediante la combinación de materiales
de canteras de cerro y lecho de río, carretera Lampa – Palca,
Puno, 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Aracayo Ramos, Ronald Husein (orcid.org/0000-0002-8111-9315)

ASESOR:

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard (orcid.org/0000-0001-5699-1323)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2024

Dedicatoria:

A Dios y a mis padres por haberme forjado como la persona soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este, me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Agradecimiento:

Agradecimiento a la universidad César Vallejo por habernos permitido realizar el trabajo de investigación. A mi asesor el Ing. Jorge Richard Olarte Pinares por haberme guiado en el proceso del desarrollo de la tesis. A mis Padres por su apoyo incondicional.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, OLARTE PINARES JORGE RICHARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento de subrasante mediante la combinación de materiales de canteras de cerro y lecho de río, carretera Lampa – Palca, Puno, 2023", cuyo autor es ARACAYO RAMOS RONALD HUSEIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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.

TRUJILLO, 18 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JORGE RICHARD OLARTE PINARES DNI: 40752422 ORCID: 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 18-03- 2024 09:41:02

Código documento Trilce: TRI - 0740401





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ARACAYO RAMOS RONALD HUSEIN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejoramiento de subrasante mediante la combinación de materiales de canteras de cerro y lecho de río, carretera Lampa – Palca, Puno, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
ARACAYO RAMOS RONALD HUSEIN DNI: 73141448 ORCID: 0000-0002-8111-9315	Firmado electrónicamente por: RARACAYO el 03-04- 2024 15:51:14

Código documento Trilce: INV - 1568443

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor	iv
Declaratoria de originalidad del autor/autores	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	27
3.1. Tipo y diseño de investigación	27
3.2. Variables y operacionalización	28
3.3. Población, muestra y muestreo	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.5. Procedimientos	40
3.6. Método de análisis de datos	40
3.7. Aspectos éticos	40
IV. RESULTADOS	41
V. DISCUSIÓN	58
VI. CONCLUSIONES	61
VII. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS.....	70

Índice de tablas

Tabla 01. Relación de Tamices	18
Tabla 02. Clasificación de suelos según índice de plasticidad	20
Tabla 03. Clasificación de suelos sistemas AASHTO – SUCS	20
Tabla 04. Especificaciones del ensayo Proctor Modificado	22
Tabla 05. Tiempos sugeridos para curado de muestras	23
Tabla 06. Numero de ensayos de CBR	24
Tabla 07. Tiempos Mínimos de Reposo	37
Tabla 08. Caracterización del Suelo de Subrasante	43
Tabla 09. Caracterización de la Cantera de Rio	43
Tabla 08. Caracterización del Material Cantera de Cerro	44
Tabla 08. Resumen de resultados de límites de consistencia	44
Tabla 09. Resumen de resultados de CBR	46
Tabla 10. CBR ponderado calculado para espesores de 0.40m y 0.80m	49
Tabla 11. Resumen del conteo de Tráfico Vehicular	52
Tabla 12. Resultados del Cálculo del IMDA	52
Tabla 13. Resultados de Proyección de Trafico	53
Tabla 14. Cálculo de Ejes Equivalentes W18	53
Tabla 15. Diseño del Pavimento Flexible	55
Tabla 16. Cálculo de Espesores de Capas	56
Tabla 17. Prueba de Normalidad	57
Tabla 18. Correlaciones	57

Índice de figuras

Figura 1. Tipos de limos	12
Figura 2. Tipos de arcillas	12
Figura 3. Plasticidad del suelo	19
Figura 4. Ensayo de Proctor Modificado	21
Figura 5. Ensayo de CBR	24
Figura 6. Vista Panorámica del Tramo de Estudio	31
Figura 7. Excavación de la calicata C-1 (km 1+000)	32
Figura 8. Obtención de material de cantera de cerro (km 2+400)	32
Figura 9. Obtención de material de cantera de lecho de río (km 1+200)	33
Figura 10. Cuarteo de Muestra de Suelo	33
Figura 11. Ensayo de Análisis Granulométrico	34
Figura 12. Ensayo de Limite Liquido	35
Figura 13. Ensayo de Limite Plástico	36
Figura 14. Ensayo de Proctor Modificado	37
Figura 15. Prueba de penetración para determinar del CBR	38
Figura 16. Ubicación Nacional y Regional de la zona de estudio	41
Figura 17. Ubicación del proyecto	41
Figura 18. Ubicación de las calicatas C-1, C-2 y C-3	42
Figura 19. Gráfico de dispersión del Índice de plasticidad	45
Figura 20. Gráfico de dispersión del CBR al 95% MDS	46
Figura 21. CBR PONDERADO (%) para espesor estabilizado E= 0.40 m	50
Figura 22. CBR PONDERADO (%) para espesor estabilizado E= 0.80 m	50

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo la estabilización del suelo de subrasante de la Carretera Lampa – Palca mediante la adición de Materiales de Cantera de Cerro y Lecho de Rio, para ello se planteó dosificaciones de suelo natural adicionando 10, 20 y 30% de Materiales de Cerro y Lecho de Rio, para medir la variación en las propiedades de suelo se evaluaron los siguientes indicadores: Índice de Plasticidad (IP), Capacidad de Soporte (CBR), Espesor de Estabilización y Espesores de Diseño del Pavimento Flexible. Los resultados demuestran que la incorporación de Materiales de Cantera de Cerro y Lecho de Rio mejoran significativamente las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante. El suelo natural inicialmente poseía un IP de 15%, y dosificando con 10%, 20% y 30% de Material de Cerro y Rio, resulta una disminución del IP a 14, 12 y 7% respectivamente. El CBR del suelo natural era de 5.5%, y con dosificaciones de 10%, 20% y 30% de Materiales de Cerro y Rio se incrementó su valor a 7.1%, 10.6% y 21.3% respectivamente. Se determinó que el espesor de refuerzo mínimo de la subrasante resulta 0.80 m empleando el 30% de dosificación de los materiales de cantera, resultando así un CBR de la subrasante estabilizada de 14.96%. El diseño del pavimento flexible se realizó tomando como base el valor de CBR de la subrasante estabilizada, luego se determinaron los espesores de las secciones de carpeta asfáltica, base y subbase; finalmente resultaron espesores de 5, 15 y 20 cm respectivamente.

Palabras clave: Estabilización de suelos, Materiales de Cantera de Cerro y Rio, suelo, subrasante.

Abstract

The objective of this research is the stabilization of the subgrade soil of the Lampa - Palca Highway through the addition of Cerro Quarry and Riverbed Materials, for this purpose, natural soil dosages were proposed by adding 10, 20 and 30% of Cerro Quarry and Riverbed Materials. To measure the variation in soil properties, the following indicators were evaluated: Plasticity Index (PI), Bearing Capacity (CBR), Stabilization Thickness and Design Thickness of the Flexible Pavement. The results show that the incorporation of quarry and riverbed materials significantly improves the physical and mechanical properties of the subgrade soil. The natural soil initially had a PI of 15%, and dosing with 10%, 20% and 30% of Cerro and Rio material resulted in a decrease of the PI to 14, 12 and 7% respectively. The CBR of the natural soil was 5.5%, and with dosages of 10%, 20% and 30% of Cerro and Rio materials, its value increased to 7.1%, 10.6% and 21.3%, respectively. It was determined that the minimum reinforcement thickness of the subgrade is 0.80 m using 30% dosage of quarry materials, resulting in a CBR of the stabilized subgrade of 14.96%. The design of the flexible pavement was based on the CBR value of the stabilized subgrade, then the thicknesses of the asphalt binder, base and subbase sections were determined, resulting in thicknesses of 5, 15 and 20 cm respectively.

Keywords: Soil stabilization, Cerro and Rio Quarry Materials, soil, subgrade.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, (FEM, 2022) la infraestructura vial es de suma importancia para contribuir con crecimiento económico y comunitario de los países, por lo que es necesario ofrecer carreteras de calidad, confortables y que funcionen en buenas condiciones, además es un punto importante para examinar debido a que tiene una influencia directa con la logística, las importaciones y exportaciones de mercancías de cada país; de acuerdo al ranking de competitividad mundial en infraestructura vial, los países europeos como Suiza, Dinamarca, Suecia, Finlandia y Holanda son considerados los más competitivos en infraestructura vial; en la región de Latino América, Chile lidera el ranking posicionándose en el puesto 47, continúa Brasil en el puesto 53, por su parte Argentina se ubica en el lugar 54, le siguen Colombia en el lugar 56, y México en el lugar 58, Perú se ubica en el puesto 59 con un puntaje de 18.5 (en una escala de 0 a 100 puntos); finalmente se encuentra Venezuela (puesto 63 con 4.4 puntos). Gianina y Cassio (2018) afirman que el defecto más frecuente en los pavimentos en Brasil es el agrietamiento de la capa superior de concreto asfáltico debido a la deformación elástica de las capas subyacentes, principalmente de la subrasante. Acevedo (2019) menciona que en la parte oriental del Ecuador (amazonia) es muy común encontrar suelos inadecuados para utilizarlos como subrasante de carreteras, debido a que sus propiedades no garantizan una estabilidad para la estructura del pavimento; se han presentado casos de suelos arcillosos con límite líquido superiores al 50% con índices plásticos mayores al 20%, datos de CBR menores al 3% y porcentajes de material fino mayores al 50%. Mora (2016) plantea la situación problemática de la red nacional de carreteras de México, menciona las limitaciones de capacidad y geométricas de un tramo importante de los corredores que constituyen los tramos más transitados, la insuficiente cobertura y el estado deteriorado de los caminos rurales, además, hace énfasis en estado físico actual la red nacional de carreteras, clasificándolas como 25% buenas, 35% regulares y 40% malas.

En el ámbito nacional, según PROVIAS (2022) los terrenos blandos causan problemas en diversos proyectos de ingeniería civil y aumentan el costo de la construcción de carreteras debido a su mala calidad y baja capacidad portante. La red vial nacional está compuesta por aproximadamente 168.473 km de vías, de las cuales más del 15% están pavimentadas con asfalto y el resto son vías sin pavimentar de superficie granular, compuestas por afirmado y trochas. Torres (2021) menciona que en nuestro país es muy común encontrar suelos limo – arcillosos, que generan grandes inversiones económicas para incrementar sus características físicas y mecánicas, además clasifica a los suelos según su presencia en las tres regiones geográficas del Perú: En la costa predominan los suelos compuestos por gravas mezcladas con arenas finas limosas o arcillosas de mediana y elevada plasticidad; en la región andina se tiene mayor presencia de compuestos de arena, grava y arcilla, gravas trituradas con material refinado en cantidades apreciables; en la selva alta y ceja se aprecian suelos finos gravosos y limosos en combinación con las arcillas orgánicas; y en la selva baja se encuentran suelos como las arcillas gravosas, arenas limosas y arcillas magras. El Manual de Carreteras (2014) considera como suelos inadecuados para soportar la estructura de un pavimento aquellos que tengan una capacidad de soporte inferior al 6%, teniendo así que estabilizarse para poder aumentar dicha resistencia.

En el ámbito local, la carretera Lampa – Palca se halla ubicada en la Provincia de Lampa, Departamento de Puno, tiene una longitud de 25 kilómetros que en la actualidad se encuentra a nivel de subrasante, donde el suelo de fundación está compuesto por materiales inadecuados con alta cantidad de finos, elevada plasticidad y baja capacidad de soporte; además presenta una superficie de rodadura deteriorada donde se observan defectos como deformaciones, asentamientos, erosión de los materiales granulares, empozamientos de aguas pluviales, entre otros; esto provocado por múltiples factores como el tráfico vehicular intenso, suelo de subrasante inadecuado y clima agresivo de la zona.

La presente investigación plantea como **problema general**: ¿Como influye la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de rio en el mejoramiento del suelo de subrasante, carretera Lampa - Palca, Puno, 2023? también se tiene como problema específico: **primero** ¿De qué manera influye la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de rio en la disminución del Índice de Plasticidad del suelo de subrasante, carretera Lampa - Palca, Puno, 2023? el **segundo** ¿En qué medida se incrementaría la capacidad de soporte del suelo de subrasante mediante la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de rio, carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?, el **tercero** ¿Cuál es el espesor mínimo de estabilización del suelo de subrasante dosificado con materiales de cantera de cerro y lecho de rio, Carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?, el **cuarto** ¿Como es el diseño de las Secciones del Pavimento Flexible a partir del valor de CBR de la subrasante estabilizada, Carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?

La presente investigación se justifica de manera **teórica** porque da conocer nuevas teorías con respecto al comportamiento físico mecánico de la subrasante en estudio al incluir agregados pétreos de la zona. Se justifica de manera **práctica** porque los resultados que se obtendrán determinaran si es viable el mejoramiento de suelos existentes utilizando agregados propios de la zona.

La justificación **metodológica** se fundamenta en la disponibilidad de los agregados de cerro y lecho de rio en la zona de intervención debido a que ambas canteras se encuentran muy cercanas a la carretera Lampa – Palca, se emplearán dosificaciones de los agregados de cerro y lecho de rio con fines de mejoramiento del suelo existente, esto con la idea de poder realizar una exploración técnica y científica; para posteriormente tener resultados y luego validarlos para que sean más confiables. Finalmente, esta investigación se justifica de forma **social** porque se beneficia a la población en general, ya que con el mejoramiento de la carretera Lampa – Palca incrementarían las actividades de educación, trabajo, comercio y salud.

Esta investigación plantea como objetivo **general**: Mejorar el suelo de subrasante de la carretera Lampa - Palca, mediante la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de río; plantea como objetivos específicos **primero**: Disminuir el Índice de Plasticidad del suelo de subrasante mediante la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de río, **segundo**: Incrementar la capacidad de soporte CBR del suelo de subrasante mediante la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de río, **tercero**: Determinar el espesor mínimo de estabilización del suelo de subrasante mediante la dosificación de materiales de cantera de cerro y lecho de río, **cuarto**: Diseñar las secciones del Pavimento Flexible a partir del valor de CBR de la subrasante estabilizada.

La presente investigación plantea la hipótesis **general**: Una forma de mejorar las propiedades del suelo de subrasante de la carretera Lampa - Palca, sería mediante la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de río, hipótesis específicas **primero**: La combinación del suelo de subrasante con proporciones adecuadas de materiales de cantera de cerro y río, disminuiría el Índice de Plasticidad, **segundo**: La combinación del suelo de subrasante con proporciones adecuadas de materiales de cantera de cerro y río, incrementaría la capacidad de soporte, **tercero**: La combinación del suelo natural con materiales de cantera de cerro y río, estabilizaría la subrasante de estudio, el espesor mínimo de estabilización resultaría mayor 0.60 m, **cuarto**: Los espesores de las secciones del Pavimento Flexible se reducirían considerablemente debido a que el suelo de subrasante es de mejor calidad.

II. MARCO TEÓRICO

En el ámbito nacional, la tesis de pregrado de Alva (2021) tiene como objetivo utilizar nuevas tecnologías para mejorar el desempeño mecánico y físico de la Vía Sandía – Yanahuaya (Segundo Tramo), utilizando áridos binarios que proceden de canteras de montaña y de río, cumpliendo con los parámetros mínimos de la EG-2013. Este es un estudio aplicado y experimental. La población de estudio la conforma la trocha de la Carretera Sandía- Yanahuaya, con una longitud total de 22 kilómetros, la muestra de estudio está representada por 1 kilómetro, que incluye el inicio un gradual 0+000 hasta un gradual 1+000 de la vía y el muestreo es no probabilístico, también conocido como muestreo por conveniencia. Los instrumentos utilizados incluyen formularios de recopilación de datos de campo, materiales de muestreo, equipos de laboratorios y herramientas, formatos exploratorios y software para analizar e interpretar resultados. Los resultados clave fueron una densidad máxima seca de 1,41 gr/cm³, que aumentó a 1,60 gr/cm³, la resistencia de soporte (CBR), cambio de 5,00% a 14,77%, cambio del módulo elástico de 7,500 PSI a 17,264 PSI. Las proporciones de agregados son 10% C-A + 20% C-B, 15% C-A + 15% C-B y 20% C-A + 10% C-B. Los resultados muestran que la mejor combinación de agregados binarios para mejorar la calzada es agregar 15% C- A. +15%C-B, su densidad seca máxima es 1.5 gr/cm³, la capacidad de resistencia CBR es 14.8% y el módulo elástico final es 17,264 PSI.

La tesis de pregrado de Barriga (2021) tiene como objetivo caracterizar las propiedades mecánicas y físicas estabilizando el suelo mediante la incorporación de cantos rodados de río en un camino rural de la localidad de Alto Trujillo, con fines que cumplan con los parámetros mínimos encontrados en EG-2013. Este es un estudio aplicado y experimental. La población de estudio la conforma la carretera local Alto Trujillo hasta el cruce con la Carretera Principal Sur Km 18 desde Trujillo hacia Piura, Distrito de Tambopata, zona de Madre de Dios, la muestra de estudio está conformada por la carretera local progresiva 0+209 y 0+709 y el muestreo fue no probabilístico, también conocido como muestreo por conveniencia. Los instrumentos utilizados incluyen formularios para la recolección de datos, materiales de muestreo, herramientas y equipos de laboratorio y asistencia de software para analizar e

interpretar resultados. El resultado principal es que agregar un 5% de canto rodado al terreno natural resultó en un CBR de 55.1%, agregar un 10% aumentó el valor a 66.20% y finalmente agregar un 15% de canto rodado resultó en un CBR de 83,42%. Los resultados muestran que agregar un 15% de canto rodado de río al terreno natural tiene un CBR del 83,42%, que es el mejor estabilizador para incrementar las características físicas y de resistencia del suelo.

A nivel internacional, Caamaño (2019) se propuso incrementar las capacidades físicas y geomecánicas de suelos blandos de subrasante agregando piedra fracturada, realizado para la Universidad Militar de Nuevo Granda, Colombia. Este es un estudio aplicado y experimental. La población de estudio está compuesta por un camino rural de 2 km ubicado en las afueras de la universidad, la muestra de estudio estuvo comprendida por 1 km, que incluye como punto de partida la progresiva 1+800 al 2+800, y el muestreo es no probabilístico, también conocido como muestreo por conveniencia. El instrumento utilizado fueron las hojas de recopilación de valores obtenidos en el laboratorio de suelos. Los principales resultados son que los límites de atterberg son 33%, 22%, IP 11% y humedad natural 12%, el tamaño de partícula de grava es 0%, arena es 59%, fina 41%, para la prueba de Proctor modificado, se encontró que la Max. DS resultó 18.10 y el COH es 18.40%. Se concluyó que la adición de piedra fracturada ayudó a reducir la plasticidad del IP en un 11%, lo cual se refleja en los resultados, los cuales mostraron una mejor consistencia del material de subrasante DSM con una mejora de 17.60 en propiedades físicas y 18.40% en COH.

Miranda y Negrete (2018), plantearon estudiar la caracterización de suelos cohesivos utilizando agregados provenientes de deslizamientos aluviales como estabilizadores con el fin de incrementar las propiedades físicas y mecánicas en un proyecto vial ubicado en Guayaquil, Ecuador. Fue de tipo aplicada y cuasi experimental. La población fue constituida por una vía vecinal ubicada en el Distrito Oeste cercano a la ciudad de Guayaquil, la muestra de estudio fue representada por 1.5 km, que incluye como punto de partida el progresivo 0+000 al progresivo 1+500, y el muestreo es no probabilístico, también conocido como muestreo por conveniencia. Se utilizaron

formularios de recopilación de datos obtenida en el laboratorio de suelos. Los principales resultados se detallan a continuación: Las adiciones agregadas al 2%, 4%, 6% y 8% dieron como resultado un valor CBR de 24,50% para el 2% y un aumento al 69% para el 8% agregado. Se concluyó que, relativamente hablando, el CBR del suelo natural mezclado con rocas aluviales provenientes de deslizamientos de tierra podría aumentarse al 69% agregando un 8% de agregados.

Padam y Friamond (2020) tuvo como objetivo medir la calidad y usabilidad de los materiales que se encuentran en la cantera Valle Katmandu con fines de estabilización de carreteras, Distrito de Karve, País de Nepal. Este es un estudio aplicado y experimental. La población del estudio consistió en canteras del Valle de Katmandú y la muestra del estudio estuvo representada por material recolectado de tres canteras según las recomendaciones de la normativa SSRBW-2073, el muestreo fue no probabilístico, también conocido como muestreo de conveniencia. Se usaron formularios de recopilación de datos obtenidas en el laboratorio de suelos. El principal resultado es que al incorporar un 4%, un 6% y un 8% de material tomado de las canteras del Valle de Katmandú, el CBR aumentó un +4,8%, un +17,0% y un +35,3% respectivamente en comparación con el suelo. El patrón fue del 16,4%. Se concluyó que la adición de material de las canteras del Valle de Katmandú en la plataforma mejoró su desempeño con un valor CBR máximo de 35,3%, además según las pruebas, la clasificación y categoría de la plataforma fueron excelentes.

Vásquez (2020), en su artículo titulado "Evaluación de in situ del suelo blando de subrasante de caminos vecinales estabilizado con remanentes de agregados pétreos provenientes de relaves mineros" en la Universidad de Guadalajara, México. El objetivo era estudiar el uso de agregados de piedra provenientes de relaves mineros para incrementar las propiedades de un suelo de subrasante. La población de investigación consta de diferentes caminos rurales ubicados en los suburbios de la ciudad. La muestra de la investigación es de 2 kilómetros y comienza progresivamente desde 0+000 hasta progresivamente 2+000. El muestreo es un muestreo no probabilístico, también conocido como muestreo de conveniencia. Se utilizaron los

formularios de recopilación de datos obtenidos en el laboratorio de suelos. Los principales resultados muestran que, al mezclar agregado de relaves mineros con suelo natural en una cierta proporción, se obtiene lo siguiente: el suelo natural con un 2% de RRM agregado tiene un valor de CBR del 25%, cuando la cantidad de RRM agregada es del 4%, el suelo natural logró un CBR del 44%, mientras que la mezcla con un 6% de RRM añadió un valor de CBR del 60%. Se concluyó que la mejor combinación de RRM para mejorar la calzada es agregar un 6% de RRM, que tiene un valor de CBR del 60%. Además, al agregar una cierta proporción de RRM al suelo natural, se puede reducir significativamente su condición de plasticidad, mejorando así su capacidad de soporte.

Góngora, Iriarte y Mendoza (2020), planteo incrementar las capacidades físico mecánicas de una subrasante a partir de pruebas en laboratorio mezclando el suelo natural con piedras trituradas y materiales finos provenientes de taludes erosionados para la Universidad Cooperativa de Colombia. La población de fue integrada por un camino de herradura ubicados a la salida norte de la ciudad de Pereira, el extracto de la investigación fue simbolizada por 1 km de la vía, se optó por la zona más desfavorable y el muestreo fue no de tipo probabilístico, también conocido como muestreo de conveniencia. Se utilizaron los formularios de recopilación de datos obtenidos en el laboratorio de suelos. Los resultados muestran que para materiales granulares obtenidos de canteras, con incorporación del 5%, 10% y 15% en la prueba Proctor modificado, el valor de MDS es 1.65, 1.61 y 1.63 gr/cm³; y el OCH es 4,24, 9,79 y 15% respectivamente, los resultados de CBR al 95% de la capacidad de soporte son 5%, 10% y 15% al 95%. Se concluye que con la adición material de cantera granular aumenta significativamente la resistencia física y mecánica de la subrasante.

Rabi (2021) en su artículo científico se propuso determinar el valor CBR a partir de dosificaciones de suelo y agregado apisonado con un determinado contenido de humedad. El método fue un diseño cuasi experimental. La población y muestra consistieron en suelos de las regiones de Sukadana y Sungai Melayo. Los resultados demuestran que el índice plástico de la muestra de suelo es de 5.6%, la máxima

densidad seca es de 1.10 g/cm³ y el CBR es de 2.3%, cuando se agrega un 6% de agregado compactado la MDS es de 1.06 g/cm³ y el CBR es de 14.2%, al agregar un 10% de agregado compactado, la MDS es de 1.04 g/cm³ y el CBR es de 20.0%. La conclusión es que adicionar agregado compactado al suelo m este tiende a incrementar su capacidad de carga.

Zamin (2021) en su artículo científico se propuso determinar el efecto de la grava sin clasificar de canteras abandonadas sobre la estabilidad de los suelos de subrasante y plantear una forma de trabajo de estabilización económico. El método es un diseño experimental. Los resultados muestran que el (IP) índice de plasticidad del suelo natural modelo es del 10%, el IP del suelo modelo mezclado con 5% de grava es 10.87%, mezclado con 10% de grava es 9.13% y con un 15% es 9,72%. Los valores de las máximas densidades secas son 2,1, 2,3 y 2,4gr/cm³ respectivamente; los valores de CBR son 2,9%, 6,67% y 10,12% respectivamente. Concluyendo que, con la incorporación de grava sin clasificar provenientes de canteras abandonadas, mejora el CBR del suelo, ya que en un inicio tan solo era del 2,9%; sin embargo, con la adición de grava sin clasificar, el valor CBR incremento hasta 10,12%.

Putri (2020) en su artículo planteo mejorar las capacidades físicas mecánicas del suelo de turba recogido de Rimbo Panjang a través del uso de piedras de canteras de la zona. Como metodología, este estudio empleó el diseño experimental y enfoque cuantitativo. Se obtuvieron resultados que muestran que el CBR de suelo inestable es del 4,5%, pero cuando la proporción de aplicación de piedra es del 15%, 20% y 30%, los valores de CBR relación de soporte California son del 4,2%, 5,6% y 4,8% respectivamente. Se concluye que, para todas las mezclas de suelos naturales y agregados de piedra, el incremento de la Máxima Densidad Seca MDS y CBR para de los suelos de turba mejoraron y lograron la estabilización de suelos de turba.

Teorías:

Variable Independiente: Agregados de canteras de cerro y lecho de rio

Canteras:

Una cantera es un sitio donde se extraen áridos, generalmente a cielo abierto; se extraen materiales de construcción, entre ellos roca industrial y decorativa, grava, arena y arcilla; estos materiales se extraen directamente o después de haber sido transformados, pueden ser: agregados viales, u otros Materiales requeridos para obras tales como enrocado, terraplenes y obras de contención. La cantera es una fuente esencial de agregados y uno de los materiales básicos en el sector de la construcción como obra civil, edificación, carreteras, presas y embalses. Al ser la materia primigenia sobre la que se realizan estos trabajos, su coste económico es un indicador importante en la inversión total de cualquier proyecto (Alva, 2021).

Cantera de Lecho de Rio:

Se denomina así a los depósitos aluviales formados por ríos que arrastran rocas a grandes distancias, considerando la energía de movimiento que utilizan los depósitos en lugares con menor potencial para formar materiales a granel, tales como: cantos rodados, grava, arena, limo y arcilla; de agua; el caudal confiere a la cantera del cauce un escenario autosuficiente, que implica explotación de materiales de construcción. (Barriga, 2021).

Cantera de Cerro:

Las canteras de montaña, comúnmente conocidas como canteras de cerro, parten del estudio pétreo de una zona específica, las cuales pueden ser rocas sedimentarias, metamórficas o ígneas; son canteras de carácter estático y no tienen las características de autosuficiencia con fuentes limitadas de materiales (Caamaño, 2021).

Agregados:

Son materiales granulares sólidos inertes provenientes de depósitos a cielo abierto o subterráneos, que se emplean en los firmes de las carreteras con suficiente granularidad; se utilizan para crear productos artificiales resistentes mezclándolos con aglutinantes hidráulicos (cemento, cal, etc.) o aglomerantes asfálticos (Vásquez, 2020); se dividen en:

Agregados Naturales:

Se utilizan sólo después de modificar su distribución de tamaño para adaptarse a los requisitos del diseño final (Alva, 2021).

Agregados de Trituración:

Se obtienen triturando agregados de cantera o los rechazos granulométricos de los áridos naturales. Incluye todos los agregados provenientes de canteras con propiedades físicas adecuadas (Alva, 2021).

Agregados Artificiales:

Se les denomina así a los subproductos de plantas industriales, dependiendo de la escoria o material derivado, se pueden aprovechar y reciclar (Alva, 2021).

Agregados Marginales:

Los agregados marginales comprenden a los áridos que no satisfacen ciertas especificaciones para ser considerados como materiales de construcción (Alva, 2021).

Agregado Grueso:

Son aquellas partículas de piedra o grava triturada, estos materiales son retenidos en la malla No. 4 (4.75mm), y derivan de la descomposición originaria o artificial de la roca y puede ser procesado hasta las especificaciones requeridas en las normas ITINTEC 400.037 y ASTM C33 (Alva, 2021).

Agregados Fino:

Proviene de la descomposición de las rocas, pero también de la atracción del aire o de los ríos que se acumulan en determinados lugares. Los tamices de paso cumplirán con las normas para esta prueba: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200 (Alva, 2021).

Limos:

Son sedimentos de origen orgánico e inorgánico provenientes del polvo de roca y transportados por los ríos y por el viento cuyo tamaño de las partículas oscila entre 0.0039mm y 0.0625mm, además poseen una composición atómica eléctricamente neutra que hace que la humedad no se ligue a los granos de limo con suma adherencia, mucho menos que a las partículas de arcilla (Alva, 2021).



Figura 01: Tipos de limos

Fuente: Alva Cuellar Duglas

Arcillas:

Son materiales compuestos por partículas extremadamente pequeñas y de superficie lisa, provenientes de la descomposición de rocas y presentan variadas coloraciones según los contaminantes que contenga, desde el color rojizo hasta el blanco, la circunferencia de sus granos es inferior a 0,0039 mm. Las arcillas presentan diversos problemas geotécnicos que dependen de su composición mineralógica del medio donde se ubican; las arcillas que ejercen mayor influencia sobre los atributos geotécnicos de un suelo compuesto, influyen notablemente en propiedades como: capacidad de soporte, plasticidad, compactación, cambio de volumen, entre otros. (Miranda y Negrete, 2021).



Figura 02: Tipos de arcillas

Fuente: Alva Cuellar Duglas

Dosificación:

Se entiende como dosificación la implicancia de establecer las proporciones apropiadas de los materiales de préstamo que se adicionaran al suelo natural para conformar el suelo mejorado, a fin de que incrementen las propiedades del suelo natural inicial (Alva, 2021).

Dosificación de agregados:

Se refiere a la mezcla entre el suelo natural con materiales prestados, con la intención de incrementar las propiedades del suelo de fundación sin modificar su composición y estructura inicial (MC-SGGP, 2014).

Variable Dependiente: Mejoramiento de la subrasante**Capa Subrasante:**

Se define como la capa natural de suelo que se encuentra debajo de la base de una carretera o estructura. Asimismo, se denomina firme a la superficie acabada sobre la que se coloca una carretera o estructura vial. La subrasante es el asentamiento directo del asfalto y es la parte esencial de la bancada de la calle expuesta entre el suelo natural y el diseño actual. La subrasante es el estrato sobresaliente de una terraza o el fondo de un pozo en suelo ordinario que sostiene la estructura asfáltica. Consiste en suelos que requieren una calidad mecánica específica ($CBR > 6\%$) para que el suelo establecido no afecte las cargas planificadas enviadas por el tráfico. Sus capacidades actuales de resistencia al tráfico de vehículos y las características de los materiales empleados en el desarrollo del pavimento nos brindan los factores básicos para obtener un plano constructivo de la estructura asfáltica que se colocará sobre el mismo (Parra, 2018).

La subrasante está formada por suelo natural y suelo mejorado mecánica, física o químicamente con aditivos como cal, cemento, asfalto, esto le permite soportar eficazmente diferentes cargas posteriores según sus condiciones. Si la subrasante no cumple con los estándares permitidos, las superficies de las siguientes capas del

terraplén, ya sea la capa base o la capa subbase, experimentarán inestabilidad y daños (Lozano, 2019).

Suelo:

Es un conjunto de partículas que con el tiempo se sedimentan, diseminadas por el viento, el agua, la lluvia, etc; estas permanecen en la superficie formando partículas más sólidas y distintos tipos de estratos depositados. Representa todo tipo de materiales terrestres, desde rellenos residuales hasta arenisca parcialmente cementada o esquisto blando. El suelo está compuesto de partículas orgánicas e inorgánicas con secuencia definida y cambios vectoriales en sus propiedades. Son partículas producidas por la descomposición de rocas producida por diversos procesos geológicos. La dimensión de las partículas pétreas que comprenden el suelo determina sus capacidades físicas, porosidad, textura y color (Lozano, 2019).

Clasificación de los suelos:

Las propiedades y características del firme similares y se dividen en grupos y subgrupos según las funciones que desempeñan en ingeniería. Estos sistemas de clasificación permiten comprender sus características de una manera sencilla y clara, ya que existen muchas variedades sin información detallada. Los métodos que clasifican a los suelos son: SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el sistema de clasificación AASHTO (MTC, 2014).

La teoría de la capacidad portante sostiene que el suelo de subrasante debe poseer una capacidad portante adecuada para soportar las cargas aplicadas por encima de ella. Se considera que una subrasante tiene la capacidad de soporte necesaria cuando su resistencia es suficiente para resistir las tensiones generadas por las cargas sin experimentar deformaciones excesivas. En esta teoría, se evalúa la resistencia y la compresibilidad del suelo para determinar su capacidad portante (MTC, 2014).

Consolidación:

Se refiere a que la subrasante puede experimentar asentamientos adicionales debido a la consolidación del suelo. La consolidación ocurre cuando el suelo expulsa el agua

de los poros debido a las cargas aplicadas, lo que causa una reducción de volumen y asentamientos graduales. Esta teoría se basa en proporcionar el tiempo suficiente para que el suelo se consolide antes de construir la estructura sobre él (Martínez, 2019).

Estabilización:

Esta teoría sugiere que la subrasante puede requerir mejoras o estabilización para cumplir con los requisitos de ingeniería. Puede involucrar la incorporación de materiales estabilizadores, como cal, cemento u otros aditivos, para incrementar las capacidades del suelo y acrecentar su resistencia de soporte. La estabilización se realiza con el objetivo de reducir la compresibilidad, mejorar la resistencia al corte y proporcionar una plataforma más sólida para la construcción (MTC, 2014).

Drenaje:

Según esta teoría, es preciso que la subrasante posea un mecanismo de drenaje apropiado a fin de evitar el depósito de agua y garantizar la estabilidad del suelo. El agua en la subrasante puede debilitar el suelo y reducir su capacidad portante. Por lo tanto, es importante proporcionar un sistema de drenaje efectivo, como la instalación de zanjas, tuberías de drenaje o la construcción de capas drenantes en la subrasante para eliminar el agua y mantener el suelo seco (MTC, 2014).

Enfoques Conceptuales:

Variable Independiente: Agregados de canteras de cerro y lecho de río

Canteras:

Es el punto geográfico a cielo abierto por lo general, en donde son extraídos varios minerales que serán utilizados en obras variadas (Barriga, 2021).

Agregados:

Los agregados naturales como son la piedra, cascajo, arena y suelos procesados a menudo se denominan con términos generales como "agregado", "material inerte" o "árido", dependiendo de su propósito y utilidad (Caamaño, 2019).

Los agregados de canteras de cerro y lecho de río:

Proviene de depósitos aluviales donde el material fue arrastrado por fuertes corrientes, trayendo consigo el material over. Estos materiales aumentan la capacidad de resistencia del suelo de subrasante. El entorno y las características físicas de estos materiales, así como su manifestación y existencias, son agentes importantes para determinar su uso y el grado de procesamiento requerido antes de su uso (Vásquez, 2020).

El uso de áridos en el diseño y construcción de obras viales es en base a especificaciones bastante precisas, ya sea para la construcción de terraplenes y obras conexas de carreteras, o en las diferentes capas del pavimento. Los áridos o agregados pétreos que tengan una cuantía y condición necesaria para satisfacer los requerimientos del trabajo o identificar fuentes de donde se puedan extraer materiales que, una vez seleccionados, cumplan con las exigencias establecidas. La mayor o menor existencia de estos materiales cerca de las obras y la intensidad del procesamiento muchas veces influyen en los gastos de ejecución, de manera que se justifica la prospección sistemática del área de la intervención, siempre que se puedan lograr disminuciones razonables de costos, distancia y procesos de transformación de materiales (MC-SGGP, 2014).

Dosificación de Agregados:

Los agregados provenientes de canteras de cerro y río, consiste en combinar o mezclar los materiales del firme natural con materiales de préstamo. Para fines didácticos se les asigna la nomenclatura a los agregados de la cantera de cerro como cantera "A" y a los agregados de la cantera de lecho de río como cantera "B", se plantean las siguientes dosificaciones, dosificación 1: suelo natural + 10% cantera de cerro + 10% cantera de río, dosificación 2: suelo natural + 20% cantera de cerro + 20% cantera de río, dosificación 3: suelo natural + 30% cantera de cerro + 30% cantera de río (Miranda y Negrete, 2018).

Variable Dependiente: Mejoramiento de la subrasante:

Subrasante:

Es la superficie terminada y nivelada del camino sobre la que se deposita el pavimento o la estructura del camino. La subrasante de la carretera se ubica por debajo de las secciones del pavimento y es parte esencial de la vía construida entre el suelo natural plano o nivelado y el pavimento. La capa de subrasante se refiere a la capa por encima del terraplén o el asiento del pozo de cimentación en terreno natural, desempeña la función de soporte de la estructura de la carretera, está compuesta por suelo seleccionado con características calificadas y se compacta en diferentes estratos para formar una estructura estable óptima, que sea afectada por las cargas de diseño sobre el tráfico. El CBR capacidad de soporte en actuales, conjuntamente con los requisitos del tráfico vehicular, además de las especificaciones de los materiales para construir pavimento, establecen las variables elementales en el diseño de las secciones superiores del pavimento (MTC, 2014).

Mejoramiento de las propiedades de la subrasante:

Es el desarrollo de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cimentación de una carretera determinada. Los ensayos físicos nos permiten caracterizar las propiedades físicas del suelo, ordenarlo mediante los sistemas SUCS y AASHTO, además de determinar el índice de plasticidad (IP) Norma MTC E 111 a través de los límites de atterberg MTC E 110, según el Manual de Ensayos de Laboratorio. Las propiedades mecánicas permiten determinar las capacidades de soporte del material, bajo una carga aplicada. Para ello se realizó la prueba Proctor Modificado MTC E 115. Establece un método en el que la compactación a la que se somete una muestra es energía modificada realizada en el laboratorio. MTC E 132 California Bearing Ratio (CBR), esta prueba de capacidad de carga permite precisar el CBR valor de resistencia del suelo de estudio y se conoce popularmente como CBR. Esto generalmente se hace en un laboratorio donde se calculan los valores de densidad y humedad, sin embargo, también se puede realizar de manera análoga con ejemplares recolectados del suelo. MTC E 128 Módulo Resiliente, esta prueba se utiliza para determinar el módulo elástico dinámico del suelo, incluyendo la preparación y estudio de suelos no tratados (MEM, 2016).

Granulometría:

Se utiliza para examinar los diferentes tamaños de las partículas con fines de ingeniería, principalmente para identificar como se distribuyen los componentes del suelo de acuerdo a la dimensión de partículas. El análisis de la dimensión de partículas utilizando un tamiz normalizado es el procedimiento más común para definir el reparto de los tamaños de las partículas del suelo bajo estudio. Es decir, los tamices se utilizan para separar suelos finos de suelos gruesos en el orden en que se han establecido diferentes estándares de clasificación de suelos. Se pueden realizar de dos formas o tipos, uno es mediante el tamizado de partículas gruesas y el otro mediante un proceso de lavado para el suelo fino como el limo y la arcilla. Este modo de operación describe la técnica para determinar los índices del suelo por medio de una serie de diferentes tamices utilizados en la prueba, hasta 74 mm (No. 200) (MC-SGGP, 2014).

Tabla 01: Relación de Tamices.

TAMICES (PULG)	APERTURA (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
3/8"	9.500
Nª 4	4.760
Nª 10	2.000
Nª 20	0.840
Nª 40	0.425
Nª 60	0.260
Nª 140	0.106
Nª 200	0.075

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales del MTC 2016.

Límites de consistencia:

Las propiedades físicas se pueden caracterizar por sus proporciones, tamaño, estructura, textura, color y porosidad, para ello es necesario realizar unas pruebas denominadas límites de Atterberg para determinar el tipo de suelo. Pueden clasificarse como arena, grava, arcilla o limo, así como su cantidad de humedad. Mediante estos ensayos se puede determinar la estructura plástica del suelo (MC-SGGP, 2014). Las

pruebas de límite de consistencia se usan para determinar las propiedades del suelo, que están relacionadas con la porción de agua integrada en el suelo, y se realizan principalmente en suelos finos o limos.



Figura 03: Plasticidad del suelo

Fuente: Vásquez Arana, Gilberto

El límite líquido:

La prueba, regida por la norma ASTM D423, determina el grado de humedecimiento resultando en porcentaje, límite en el que el suelo se encuentra en medio de los estados líquido y plástico. Este es el proceso por el cual un material se traslada de un estado semilíquido a un estado plástico en el que puede formarse. Se debe principalmente al contenido de humedad, que se expresa como porcentaje (MEM, 2016).

El límite plástico:

El ensayo se rige según la norma ASTM D423 y permite determinar el límite inferior del estado plástico de la muestra de suelo y el computo del índice de plasticidad IP. Es un suelo semisólido que se transforma en estado plástico añadiendo una determinada proporción de agua, que luego se amasa hasta darle forma de cilindro de 3 mm de diámetro (MEM, 2016).

El índice de plasticidad:

Se manifiesta como un porcentaje en función de su contenido de humedad, lo que indica que el suelo permanece en estado plástico. Los valores obtenidos a través del

índice de plasticidad permiten determinar datos de asentamiento e hinchamiento del suelo (MEM, 2016). Cálculo de índice plástico:

$$IP (\text{Índice Plástico}) = LL (\text{Limite Líquido}) - LP (\text{Limite Plástico}) \rightarrow \quad (\text{Ecu 2.1})$$

Contenido de humedad del suelo:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del suelo secado en el horno}} \times 100 \rightarrow \quad (\text{Ecu 2.2})$$

Fórmula para calcular el (LL) límite líquido:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \rightarrow \quad (\text{Ecu 2.3})$$

$$LL = kW^n \rightarrow \quad (\text{Ecu 2.4})$$

Donde:

Wn: Contenido de saturación, para N golpes.

N: N° de golpes hasta el cierre de ranura, contenido de humedad.

Tabla 02: Clasificación de suelos según IP.

Índice de Plasticidad (IP)	Plasticidad	Denominación
IP mayor 20	Elevada	Suelos muy arcillosos
IP menos o igual 20	Mediana	Suelos arcillosos
IP mayor 7		
IP menor 7	Baja	Suelos arcillosos
IP igual a 0	No presenta plasticidad (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras, 2014.

Clasificación de Suelos:

Permite clasificación los suelos en base a sus propiedades determinadas en laboratorio, ya que se evaluará el suelo para comprender su comportamiento, tomando en cuenta su tamaño de partícula, especialmente plasticidad e índice de grupo. Este sistema mide la conducta aproximada del suelo y ayuda a definir la porción uniforme desde la perspectiva de la geotecnia (MTC, 2014).

Tabla 3: Clasificación según sistemas AASHTO – SUCS.

Clasificación de suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de suelos SUCS ASTM-D-2487
---	---

A - 1 - a	GW - GP - GM - SW - SP - SM
A - 1 - b	GM - GP - SM - SP
A - 2	GM - GC - SM - SC
A - 3	SP
A - 4	CL - ML
A - 5	ML - MH - CH
A - 6	CL - CH
A - 7	OH - MH - CH

Fuente: Manual de Carreteras, 2014.

Proctor Modificado:

Esta prueba se rige según lo establecido en la normativa ASTM 1557, se realiza en un molde cilíndrico y permite calcular la máxima compacidad seca MDS y el óptimo contenido de saturación del suelo de estudio utilizando energía modificada. La densidad seca máxima se refiere al peso máximo luego de la compactación, variando la humedad para encontrar la ideal (MEM, 2016).



Figura 04: Ensayo de Proctor Modificado

Fuente: Roldan Juarez Julio

$$Y_d = \frac{Y_h}{1+\omega} \rightarrow \text{(Ecu 2.5)}$$

$$E = \frac{n \cdot N \cdot W \cdot h}{V} \rightarrow \text{(Ecu 2.6)}$$

Donde:

V=Volumen del molde

H=Altitud de caída del martillo

W=Peso del martillo

N=Cantidad de capas

n=Cantidad de golpes

Óptimo contenido de humedad:

Se refiere al peso sólido en relación al del agua en función del volumen que cedió el suelo, esta se muestra en la siguiente ecuación (MEM, 2016).

$$W = \frac{W_w}{W_s}$$

Donde:

Ws=Peso del espécimen

Ww=Peso del agua

W=Contenido de agua

Tabla 4: Especificaciones Ensayo Proctor Modificado

Referencia estándar	Prueba	Martillo		Volumen recipiente	Capas	Golpes por capa
		Masa	Distancia de Descenso			
ASTM D- 698-78 ASSHTO T-99	Proctor estándar AASHTO estándar	2.49 kg	305 mm	944 cm ³	3	25
ASTM D -1557 – 78 ASSHTO T-180	Proctor estándar AASHTO estándar	4.54 kg	457 mm	944 cm ³	5	25
INV E – 141 mé- todo A y método C	Proctor estándar normas invias método A	2.5 kg	305 mm	817 cm ³	3	25
NV E – 141 Mé- todo A y Método C	Proctor estándar normas invias método B	2.5 kg	305 mm	1815 cm ³	3	56
INV E – 142 Mé- todo A y método C	Proctor estándar normas invias método C	4.54 kg	457 mm	817 cm ³	5	25
INV E – 142 mé- todo B y método D	Proctor estándar normas invias método C	4.54 kg	457 mm	1815 cm ³	5	25
BS 1377: 1975 Ensayo 14	Martillo de vibración	La prueba de CBR se utiliza un molde en donde se densifica la muestra con asistencia de un martillo de vibración, este procedimiento de ejecuta en 3 capas cada una con un numero de 25 repeticiones respectivamente.				

Fuente: Manual de Carreteras (2014).

Para determinar la densidad húmeda del espécimen luego de la compactación se utiliza la siguiente expresión:

$$\rho_d = \frac{(M_1 - M_{md})}{1000 * V} \rightarrow \text{(Ec. 2.7)}$$

Donde:

M_1 : Masa del espécimen saturado y recipiente (kg)

ρ_m : Densidad húmeda del espécimen densificado (mg/m³)

V : Volumen del recipiente (m³)

M_{md} : Masa del recipiente (kg)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}} \rightarrow \text{(Ec. 2.8)}$$

Donde:

ρ_d : Densidad del espécimen después de densificado (mg/m³)

W : Contenido de humedad (%)

$$W_{sat} = \frac{(Y_w)(G_s) - Y_d}{(Y_d)(G_s)} * 100 \rightarrow \text{(Ecu 2.9)}$$

Donde:

Y_w =Peso unitario del agua 62 lb/pie³.

W_{sat} =Contenido de agua para una saturación (%).

G_s =Gravedad específica.

Y_d =Peso unitario.

Tabla 05: Periodos sugeridos para curado de muestras

Tipo de Suelo	Periodos de curado en horas
GW, GP, SW, SP	No requiere
GM, SM	3
Los restantes	16

Fuente: SUCS

California Bearing (CBR):

Esta es la prueba más usada para definir las dimensiones de pavimentos flexibles.

Esta prueba CBR nos permite hallar la suficiencia de resistencia del suelo en función

de su grosor o espesor, es por ello que se recolectan muestras de suelo natural del suelo para estudiar la máxima densidad seca y porcentaje de saturación para determinar la fuerza de compactación del suelo. Luego sumergir el espécimen en el agua por 4 días y finalmente cortarlo para obtener el valor CBR (MEM, 2016).



Figura 05: Ensayo de CBR

Fuente: Roldan Juarez Julio

La suficiencia de resistencia, el CBR del suelo a una profundidad de 0,60 m debajo de la calzada debe ser superior al 6%, si el CBR del suelo es inferior al 6% se debe mejorar o sustituir en casos extremos. La estabilización de la calzada se puede realizar de forma mecánica o física dependiendo del material estabilizador utilizado (MC-SGGP, 2016).

Tabla 06: Número de ensayos de CBR

Cantidad de pruebas Modulo Resiliente CBR y MR	
Clasificación de carretera	Cantidad de calicatas
Autopistas: IMDA superiores a 6000 veh/día, de vías divididas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> •Vía de 2 carriles por dirección: 1Mr cada 3 km x dirección y 1 CBR cada 1 km x dirección. •Vía 3 carriles por dirección: 1Mr cada 3 km x dirección y 1 CBR cada 1 km x dirección. •Vía 4 carriles por dirección: 1Mr cada 3 km x dirección y 1 CBR cada 1 km x dirección.
Vías duales o multicarril: IMDA de 6000 y 4001 veh/día, de calzadas divididas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> •Vía 2 carriles por dirección: 1Mr cada 3 km x dirección y 1 CBR cada 1 km x dirección. •Vía 3 carriles por dirección: 1Mr cada 3 km x dirección y 1 CBR cada 1 km x dirección. •Vía 4 carriles por dirección: 1Mr cada 3 km x dirección y 1 CBR cada 1 km x dirección.

Vías de primera clase: IMDA de 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos separaciones.	Ejecutar el CBR con separación de 1 km
Vías de segunda clase: IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos separaciones.	Ejecutar el CBR con separación de 1.5 km
Vías de tercera clase: IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos separaciones.	Ejecutar el CBR con separación de 2 km.
Vías de bajo volumen de tránsito: IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Ejecutar el CBR con separación de 3 km.

Fuente: Manual de Carreteras (2014).

Luego, para calcular el CBR se emplearán las siguientes expresiones: primero calcular el porcentaje de humedad de densificación:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \left(\frac{H-h}{100+h} \right) * 100 \rightarrow \text{ (Ecu 2.10)}$$

Donde:

H=Contenido de Humedad preestablecida

h=Contenido de Humedad natural

Para conocer el porcentaje de expansión, se puede calcular a partir de la diferencia entre las lecturas de las galgas extensométricas antes y después de sumergirlo.

$$\% \text{ expansion} = \frac{L2-L1}{127} * 100 \rightarrow \text{ (Ec. 2.11)}$$

Donde:

L1=Lectura previa en milímetros

L2=Lectura final en milímetros

Este valor se basa en el (CBR) capacidad de soporte. Se llama relación de soporte (índice CBR). Esto se basa en el esfuerzo o presión aplicada a la muestra hasta que pasa.

Estabilización por combinación de suelos:

Se refiere a la estabilización de la mezcla de suelos mediante la combinación de materiales de suelo existentes con materiales prestados. Según las especificaciones del proyecto, se utilizará suelo mejorado en una cantidad que asegure que la

incorporación con el suelo natural satisfaga con los requisitos de la Sección 207 del Manual de Carreteras (MTC, 2013).

Diseño de Pavimento Flexible:

Para el diseño del pavimento flexible se empleó el método AASHTO-1993, se fundamenta en hallar un “número estructural (SN)” con intención que el pavimento satisfaga las exigencias de carga vehicular. Para hallar el número estructural, este procedimiento se basa en una ecuación que involucra a todos los factores, cada uno con su número estructural, los cuales se computan con asistencia de programas, requieren los valores de ingreso como son: Rango de Serviciabilidad, la confiabilidad, el número de ejes equivalentes y el módulo resiliente del estrato subrasante. El espesor de las secciones mediante este método, se realiza a través de los pesos equivalentes acumulados para el ciclo de la vida útil. El estudio de tráfico debe contener la caracterización vehicular, tránsito ponderado anual, el tránsito aglomerado expresado en la cantidad de ejes (MTC, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación: Aplicada.

Las investigaciones de tipo aplicada tienen el propósito de ofrecer alternativas de solución a problemáticas puntuales, además se enfoca en alcanzar un fin con una metodología práctica, para ello se aplican o emplean teoremas ya establecidos en las bases teóricas (Hernández, 2014). La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se procedió con la aplicación de fundamentos teóricos con el propósito de plantear una alternativa de mejora de subrasantes sirviéndose de la incorporación de agregados de cerro y lecho de río.

Enfoque de investigación: Cuantitativo.

Los estudios con enfoque cuantitativo pretenden explicar los acontecimientos de la manera más específica posible, y para ello hace uso de las estadísticas y contrastaciones de hipótesis, su desarrollo es demostrativo, por etapas y razonado en donde cada indicador es valorado unidad de medida, o sea son cuantificables (Nicomedes, 2018). Esta investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se utilizaron procedimientos de estadística para el contraste de las hipótesis, además de que los indicadores estudiados si contaban con unidad de medición.

Diseño de investigación: Cuasi Experimental.

Los estudios de diseño cuasi experimental están destinado en general a investigaciones con enfoque cuantitativo, una de las condiciones que deben satisfacer los estudios cuasi experimentales tiene que ver con efectuar la manipulación de las variables, también debe contar con un conjunto original y conjuntos piloto (Otero, 2018). Esta investigación tiene un diseño cuasi experimental, ya que se manipulo la variable de agregados de cerro y lecho de río, y se examinó la manera como modifiko las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante; o sea se observó el cambio que causa en la variable independiente (agregados de cerro y lecho de río) en la variable dependiente.

Nivel de la investigación: Explicativo.

Los estudios con nivel de investigación explicativo engloban conceptos relacionados de un conjunto de eventualidad, por eso en la práctica se puede incrementar uno a más componentes. Este nivel esta orientado a explorar respuestas del origen de los eventos o sucesos de cualquier naturaleza, el beneficio de este nivel de investigación es primordialmente explicar el por qué acontece dicho evento y en qué contexto se presenta o porque se vinculan a las demás variables (Arias, 2021). Esta investigación presenta un nivel de estudio explicativo, ya que se buscó comprender los efectos que causará la mezcla de agregados de canteras de cerro y lecho de rio en las propiedades del suelo de subrasante.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable 1: Agregados de cerro y lecho de rio:

Se refiere a la combinacion de dos diferentes ejemplares de materiales que se complementan para poder obtener mayor resistencia, este espécimen se puede emplear en suelos de pésima condición con el propósito de acrecentar sus propiedades físicas y mecánicas.

Definición Operacional:

Los agregados de cerro y lecho de rio se operacionalizan a través de su dimensión: D1: Dosificación. Indicadores: 10%, 20% y 30%.

Variable 2: Mejoramiento de las propiedades de subrasante:

Alude al incremento de las capacidades del suelo de fundación, dado que de estas dependen la clasificación y fortaleza del suelo, se busca incrementar su resistencia, además de disminuir su plasticidad y compresibilidad.

Definición Operacional:

El mejoramiento de las propiedades de subrasante se operacionaliza esencialmente en función de sus cuatro Indicadores, la D1 Indice de Plasticidad, D2 Capacidad de Soporte, D3 Espesor de Estabilización, D4 Secciones de Diseño.

3.3. Población muestra y muestreo:

Población

Se refiere al conjunto de elementos que se encuentran en toda la zona de estudio, en donde estos interactúan con el ambiente espacial donde se llevó a cabo la investigación (Otero, 2018). La población de este estudio está comprendida por la carretera Lampa - Palca, que tiene una longitud de 25 km.

Muestra

La muestra es la porción fraccionada de la población, de esta se ocupa una muestra representativa (Arias, 2021). Para esta investigación, la muestra está simbolizada por 1 km de la vía, el cual tiene como inicio el hito kilómetro 1+000 hasta el hito kilómetro 2+000 de la carretera Lampa – Palca, la elección de este tramo se fundamenta en la similitud de las características que muestra el suelo de fundación basado en estudios previos.

Muestreo

En el muestreo por conveniencia no interviene la probabilística ni la aleatoriedad, la población considerada y muestra extraída cumplen con alguna regla como, la intención de involucrarse, el acceso, la proximidad, entre otros (Hernández, 2014). Para este estudio el tipo de muestreo es por conveniencia ya que la muestra no fue seleccionada de forma probabilística, la elección de este tramo de muestra se fundamenta en la similitud de las características que presenta el suelo de subrasante basado en estudios previos.

Unidad de análisis

La unidad de análisis nombrada también como caso o elemento. Aquí la importancia se centraliza en “quiénes o que”, o sea, en los integrantes, sean estas piezas, eventos o sociedades de estudio designándoseles como unidades de análisis, dependerá de la manera en que se propone la investigación y de la relevancia del estudio (Nicomedes, 2018). En esta investigación, la unidad de análisis es el suelo de subrasante de la carretera Lampa – Palca, el intervalo comprendido desde la progresiva 1+000 a 2+000.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas

Las técnicas de recopilación de datos, radican en obtener datos cuantificables en los que influye una sucesión de procedimientos que ayudan a solucionar una problemática definida (Hernández, 2014). En esta investigación, las técnicas que se emplearon fueron la recopilación de datos previos, toma de muestras, pruebas de laboratorio, también se efectuó el análisis del producto y su respectiva explicación. Se empleo la técnica de observación directa con el fin de recoger los datos y valores para el desarrollo de la investigación.

Instrumentos

Los instrumentos para de recopilación de informes, son la secuencia de procedimientos que asisten al investigador de manera material o virtual para poder ejecutar a la toma de datos (Hernández, 2014). En esta investigación, los instrumentos que se emplearon fueron fichas de recopilación de valores, sacos para muestrear materiales, utensilios y equipos de laboratorio, formularios in situ y software para la comparación y explicación de los resultados.

Validez

Se refiere a las aptitudes de los instrumentos al instante de realizar la medición de un indicador o variable; asimismo se conoce como la capacidad que tiene un instrumento para recolectar la información que plantean los objetivos de la investigación; los cuales deben de ser convalidados por expertos en el campo de estudio (Hernández, 2014). Con el propósito de dar validez a todas las pruebas realizadas en esta investigación, se comprobó con la hoja de calibración de los equipos de laboratorio vigentes a la actualidad.

Confiabilidad de los instrumentos

La confiabilidad está fijada como el escalafón en que un instrumento brinda resultados sólidos y coherentes, es decir la confiabilidad de un instrumento que mide con detalle, se refiere al grado en que su uso repetitivo en el mismo elemento o unidad obtiene siempre iguales resultados (Hernández, 2014). En

ende, se trabajó con una confiabilidad al 95% teniendo en cuenta los pormenores, luego serán detallados en el apartado de análisis estadístico.

3.5. Procedimientos:

Reconocimiento del Tramo en Estudio

Se inicio con la visita, exploración e identificación de la zona, eligiendo el sitio más apropiado para realizar la investigación, localizado en la Carretera Lampa – Palca en la progresiva Kilómetro 1+000 al Kilómetro 2+000.



Figura 06: Vista Panorámica del Tramo de Estudio

Obtención de Muestras de Suelo

En el tramo de investigación se excavaron tres pozos exploratorios o pozos de prueba, conforme con lo establecido en el Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (2014), se excavó a partir del nivel del nivel superficial hasta una profundidad de 1.50 m. Se recolectaron muestras de suelo de la subrasante y se almacenaron embalando en sacos de plástico para su posterior transporte al local de laboratorio.



Figura 07: Excavación de la calicata C-1 (km 1+000)

Obtención de Muestras de Materiales de Cantera

La Cantera de Cerro se ubica a partir de la progresiva Km 2+400 margen derecho, mientras que la Cantera de Rio se sitúa en la progresiva Km 1+200 margen izquierdo. Se recolectaron las muestras de los materiales de cantera según lo estipulado en la normativa ASTM D 420, y se almacenaron en sacos de polietileno para posteriormente ser trasladadas a laboratorio.



Figura 08: Obtención de material de cantera de cerro (km 2+400)



Figura 09: Obtención de material de cantera de lecho de río (km 1+200)

Cuarteo de Muestras

Luego de obtener las muestras del suelo y materiales de las canteras, se procedió al cuarteo de las mismas utilizando la metodología establecida en la norma MTC E 105, colocando el ejemplar en un espacio limpio y horizontal para enseguida mezclar bien con ayuda de una pala hasta conformar una pila con apariencia de cono, luego cuidadosamente se debe aplanar y extender hasta moldear una un círculo con grosor y diámetro uniforme, de esta forma que cada parte del cuarteo contiene material original. Luego, el material se divide en cuatro partes iguales a lo largo de la dirección del diámetro, de las cuales se retiran dos partes iguales diagonalmente contrarios, incluidos todos los materiales finos, y las dos partes iguales restantes se mezclan en secuencia, y la operación se repite hasta obtener la cantidad requerida de se obtiene la muestra.



Figura 10: Cuarteo de Muestra de Suelo

Caracterización del Suelo de Subrasante

Análisis Granulométrico (ASTM D 422)

Esta prueba se rige por la norma ASTM D422 y puede determinar cuantitativamente como se distribuyen las partículas del suelo. El material extraído se utilizó para análisis mediante tamizado. Primero homogeneizamos el material, lo dividimos en cuatro partes, utilizamos unos 500 gramos de muestra y lo secamos al aire libre para conocer el peso seco inicial del espécimen, luego la limpiamos y la metemos al horno. Se procede a secar por 24 horas y luego tamizar a velocidad constante para obtener datos del peso del ejemplar detenido en cada tamiz, luego de obtener estos datos dibujar la tabla correspondiente en base al porcentaje en escala semilogarítmica, clasificando por peso y diámetro de tamiz. Se utilizaron los siguientes tamices: 3 pulg, 2 pulg, 1½ pulg, 1", ¾", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200. Los equipos y materiales utilizados son: Basculas de precisión y tamices de malla cuadrada.



Figura 11: Ensayo de Análisis Granulométrico

Ensayos de los Límites de Atterberg o Consistencia

Límite Líquido (LL) (ASTM D423)

Este ensayo es regido por la norma ASTM D423, determina el grado de humedad reflejado en porcentaje, es el límite en el que el suelo se halla entre sus estados líquido y plástico. Para iniciar la prueba de límite líquido (LL), se reduce el volumen de las partículas utilizando un mortero y luego se pasó por la malla N° 40 para obtener un ejemplar de aproximadamente 250 g, la cual luego se mojan en un envase con apoyo de una espátula hasta conseguir una consistencia homogénea, que saturamos por 24 horas, después colocamos el material en medio de la copa Casa Grande, que pasará por la ranuradora, con ayuda de la manivela comenzaremos con los golpes hasta ver la ranura y que se divida en dos partes, cogeremos una porción de la sección central para calcular el porcentaje de humedad. Los equipos y materiales utilizados son: vasijas de porcelana, tazas Casa Grande, flautas, recipientes, balanzas de precisión y espátulas.



Figura 12: Ensayo de Limite Liquido

Limite Plástico (LP) (ASTM D423)

Esta prueba es regida por la norma ASTM D423, determina el límite inferior del estado plástico de un espécimen de suelo y calcula el (IP) Índice de Plasticidad. Se utilizan los materiales preparados previamente para el límite líquido, tomar un ejemplar de 20g, y amasarla sobre una superficie lisa con los dedos para que

pierda humedad, y luego enrollarla para que la fina columna de tierra no se pegue a nuestras manos hasta alcanzar un diámetro de 1/8", hasta desmoronarla aproximadamente en dicho diámetro, y finalmente pesarlas para determinar su contenido de humedad. Los equipos y utensilios utilizados para la prueba son: espátula, recipiente, balanza de precisión, horno, No. 40 tamiz, agua destilada, vidrio de reloj, vidrio esmerilado grueso.



Figura 13: Ensayo de Limite Plástico

Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D-1557)

Esta prueba es regida por la norma ASTM D1557, determina la correlación entre el contenido de humedad de un suelo y el peso unitario seco (curva de densidad). Primero se selecciona un número suficiente de porciones representativas para pasar por las mallas y decidir qué método utilizar: Método A (11 kg) y Métodos B, C y D (23 kg), en este caso el Método A corresponde porque en la malla No. 4 el material retenido es 0%. Luego alistar un grupo mínimo de cuatro muestras agregando agua a cada una de modo que la humedad de cada espécimen varíe en aproximadamente un 1,5%, mezclar cada espécimen completamente para afianzar un buen reparto de la humedad y colóquelos en recipientes separados, cubrir el depósito y dejar reposar la muestra antes de compactar según los tiempos de la Tabla 07.

Tabla 07: Periodos Mínimos de Reposo

Clasificación D2487	Periodos Mínimo de Reposo (h)
GW – GP – SW - SP	No requiere
GM - SM	3.0
ML – CL – OL – GC - SC	18.0
MH – CH – OH - PT	36.0

Fuente: ASTM D 1557

En este caso el suelo a ensayar se clasifica como CL por lo que corresponde un tiempo de reposo de 18 hr. Para proceder con la compactación del espécimen se debe utilizar el molde de compactación de 101.6 mm (4 kg) y colocar el collar de extensión del molde. Compactar con ayuda del martillo manual en cinco capas de aproximadamente la misma altura aplicando 25 golpes a cada capa. Luego de compactar, se debe retirar el collar de extensión y enrasar con la regla para determinar la masa del espécimen. Luego se debe retirar los sobrantes del molde y cortarlo axialmente por el medio para remover 100 a 500 gr y determinar el contenido de humedad. Se debe repetir este procedimiento para los demás especímenes preparados.



Figura 14: Compactación de espécimen – Ensayo Proctor Modificado

Ensayo de CBR (Relación de Soporte California) (ASTM D-1883)

Esta prueba se rige según la norma ASTM D1883 y permite determinar el CBR índice de resistencia de los suelos que se conoce también como valor de relación de soporte. Primero se selecciona el material que lograr alcanzar el OCH, se divide la muestra en 5 partes similares y luego se compactan con un martillo Proctor con 12, 25 y 56 golpes, una vez densa se coloca papel de filtro y discos de metal para simular los efectos causados por las capas superiores del pavimento, y luego coloque el dial para medir la expansión del espécimen. Los especímenes se deben saturar en una poza de agua durante 96 horas. Posteriormente, las muestras fueron extraídas y escurridas durante 15 min. Después de drenar el agua, coloque la muestra en una prensa CBR, aplicando la misma o mayor carga relacionado con el peso de la superficie de la carretera. Los equipos y herramientas utilizados en la prueba son: moldes metálicos, empaquetaduras, arietes de compactación, moldes metálicos, recipientes de agua, balanzas, filtros de diámetro de moldes, prensas y medidores de expansión.



Figura 15: Prueba de penetración para determinar del CBR.

Caracterización de los Materiales de Cantera

En esta etapa se realizaron las siguientes pruebas: Análisis Granulométrico, Porcentaje de Humedad y Límites de consistencia; con la finalidad de caracterizar los materiales de Cantera de Cerro y Lecho de Río obtenidos de la zona estudio. Se procedió de manera similar a la caracterización de la subrasante, primero se realizó el cuarteo de las muestras y luego se llevaron a cabo los ensayos antes mencionados. Se determinó que la Cantera de Cerro se caracteriza como un suelo GP (mezcla de arena y grava con pocos finos); y la Cantera de Río se clasifica como un suelo SP (Arenas Gravasas con pocos finos).

Dosificación de materiales de cerro y lecho de río

Para realizar las dosificaciones de suelo natural adicionado con materiales de cerro y río, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones: Se emplearon muestras de suelo natural y materiales de cantera ya cuarteados, solo se adicionaron los materiales de cantera que traspasan el tamiz 3/4" y se retienen en la N° 4. Luego se procedió con las dosificaciones en las siguientes proporciones: Suelo Natural + 10% de Material de Cerro + 10% de Material de Río (Dosificación 01), Suelo Natural + 20% de Material de Cerro + 20% de Material de Río (Dosificación 02), y Suelo Natural + 30% de Material de Cerro + 30% de Material de Río (Dosificación 03). Seguidamente se procedió con las pruebas de los límites de atterberg para determinar el Índice de Plasticidad, Proctor modificado para hallar el peso unitario seco del suelo y grado óptimo de humedad, ensayo CBR para determinar la capacidad de soporte. Esto con la finalidad de mejoramiento del suelo existente mediante adición de materiales disponibles en la zona de estudio.

Diseño del Pavimento Flexible

Para el dimensionamiento de las secciones del pavimento flexible se ha elegido la Metodología del Manual de Carreteras (2014) de acuerdo a los fundamentos de la AAHSTO 93. Previo al diseño es necesario determinar el peso del tráfico vehicular cargado al pavimento y las características de la subrasante sobre la

que se funda el mismo. En la presente investigación se realizó el Estudio de Tráfico Vehicular mediante un aforo de 7 días consecutivos desde el 06 al 12 de noviembre del 2023 con la finalidad de caracterizar el tráfico actual, proyectarlo y luego determinar las cargas de tráfico vehicular (Numero de Ejes Equivalentes - W18). Referente a las características de la sub rasante, se ha tomado en cuenta el CBR que resulto de la dosificación de suelo natural adicionado con 30% de materiales de cerro y rio, ya que este es el más optimo y cumple las exigencias de la normativa para sub rasantes.

3.6. Método de análisis de datos

Se procedió con un análisis de datos cuantitativo, los valores obtenidos a través de los formularios de registro, que luego fueron explicados en esquemas asistidos por software, y para probar las hipótesis se realizó la verificación de normalidad con ayuda del software SPSS (Hernández, 2014).

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación se desarrolló considerando y en cumplimiento de lo indicado en el Código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo, que fue aceptado por la R.C.U N°0126-127/UCV, en la cual se detallas los fundamentos de ética como: El bienestar, la integridad, la disciplina científica, compromiso, etc. En ese sentido, en esta investigación todos los autores mencionados fueron adecuadamente citados y referenciados.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Localización política

El sitio de estudio se encuentra en los distritos Lampa y Palca de la provincia de Lampa y departamento de Puno, la cual se posiciona en el sur del ámbito nacional. En la Figura 16 se muestra la ubicación de los sitios de investigación.

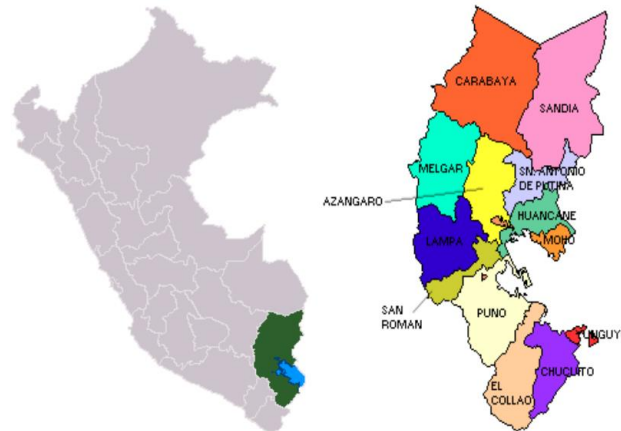


Figura 16: Ubicación Nacional y Regional de la zona de investigación

Ubicación del proyecto

La carretera Lampa-Palca está ubicada en el noroeste del Distrito de Lampa, la Figura 17 muestra su ubicación.

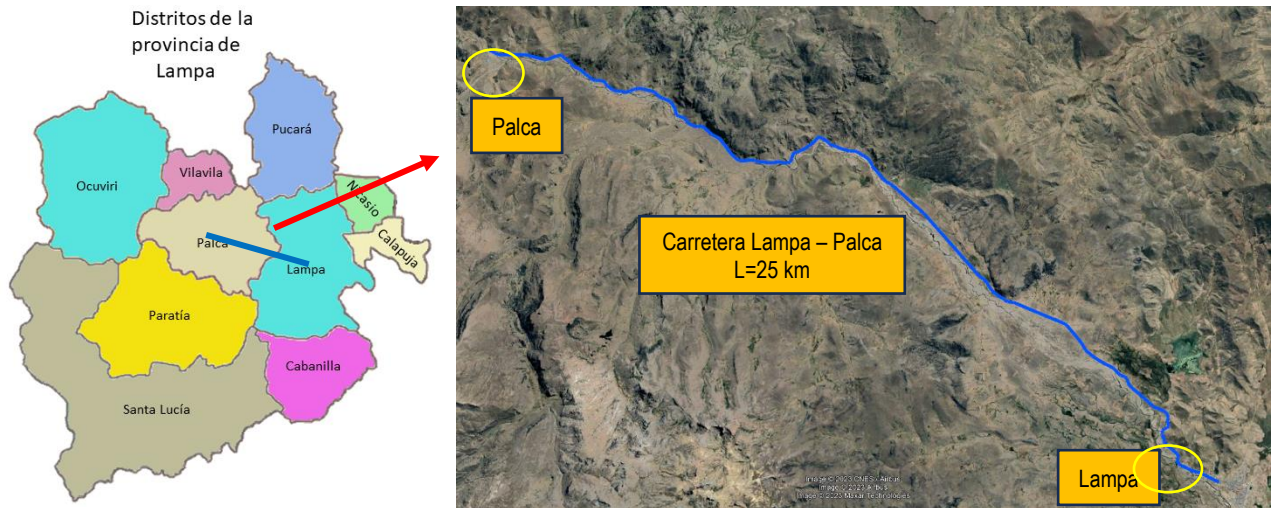


Figura 17: Ubicación de la Carretera Lampa - Palca

Limites

El sitio de estudio colinda con los distritos:

Norte : Vilavila y Pucara
Sur : Juliaca y Cabanillas
Este : Calapuja
Oeste : Paratía

Ubicación Georreferenciada

El lugar de estudio se ubica en el hemisferio sur, a 15°21.37' de latitud norte, 70°22.34' de longitud este y una elevación promedio de 4050 metros.

Clima

De acuerdo con la clasificación climática del SENAMHI, el clima del sitio de estudio es lluvioso en época de verano, seco y frío en otoño e invierno. Según datos de la Estación Climática de Lampa, la sensación térmica ponderada es de 6.6 °C, con un valor máximo de 17.6 °C y un valor mínimo de -11 °C.

Caracterización del suelo natural

La Figura 18 muestra el sitio de emplazamiento de las calicatas en la carretera Lampa – Palca, de estas se obtuvo las muestras de suelo: C-01 (1+000 km), C-02 (1+500 km) y C-03 (2+000 km).

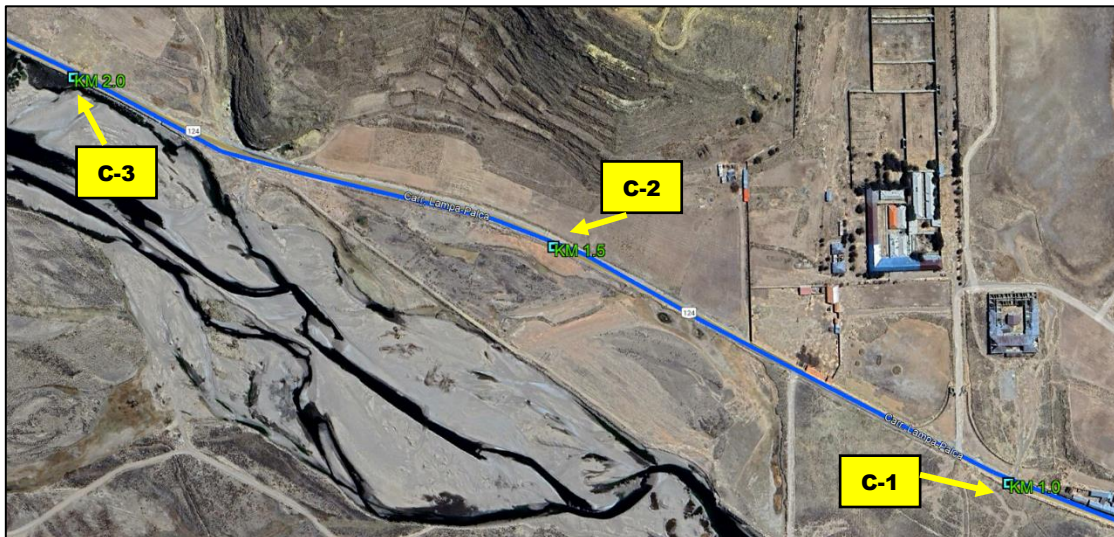


Figura 18: Ubicación de las calicatas C-1, C-2 y C-3 de la carretera Lampa – Palca.

Caracterización del Suelo de Subrasante

En la Tabla 08 se aprecia el producto de la caracterización del suelo de subrasante. Se muestra su distribución granulométrica y clasificación resultante.

Tabla 08: Caracterización del Suelo de Subrasante.

Malla	Abertura	Porcentaje que Pasa (%)	SUSCS AASHTO	CL A-6
Nº 4	4.750	100.0		
Nº 10	2.000	99.6	LL	36
Nº 20	0.850	99.5	LP	21
Nº 40	0.425	99.2	IP	15
Nº 100	0.180	98.5		
Nº 200	0.075	84.6	CBR 95%	7.0%
Fondo	0.000	0.0	CBR 100%	8.2%

Fuente: Elaboración Propia

Caracterización de las Canteras de Cerro Lecho de Rio.

En las Tablas 09 y 10 se aprecia el producto de la caracterización de los materiales de las canteras de Cerro y Lecho de Rio.

Tabla 09: Caracterización de la Cantera de Rio.

Malla	Abertura	Porcentaje que Pasa (%)	SUSCS AASHTO	SP A-1-a
1"	25.000	100.0		
3/4"	19.050	90.3	LL	NP
1/2"	12.700	80.0	LP	NP
3/8"	9.525	69.2	IP	NP
Nº 4	4.750	54.9	CBR 95%	---
Nº 10	2.000	42.1	CBR 100%	---
Nº 20	0.850	31.3		
Nº 40	0.425	21.7		
Nº 50	0.300	16.8		
Nº 100	0.180	9.3		
Nº 200	0.075	1.3		
Fondo	0.000	0.0		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Caracterización del Material Cantera de Cerro.

Malla	Abertura	Porcentaje que Pasa (%)	SUSCS AASHTO	GP A-1-a
1/2"	37.500	100.0		
1"	25.000	83.6	LL	23
3/4"	19.000	68.9	LP	NP
1/2"	12.500	51.3	IP	NP
3/8"	9.500	43.2		
Nº 4	4.750	28.9	CBR 95%	---
Nº 10	2.000	20.5	CBR 100%	---
Nº 20	0.850	11.8		
Nº 40	0.425	8.9		
Nº 50	0.300	6.9		
Nº 100	0.180	1.7		
Nº 200	0.075	0.6		
Fondo	0.000	0.0		

Fuente: Elaboración Propia

Objetivo específico 1:

Disminuir el Índice de Plasticidad del suelo de subrasante mediante la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de río.

La Tabla 11 se observan los resultados de los ensayos de Límites de Consistencia; así mismo en la Figuras 19 se presenta el gráfico de dispersión.

Tabla 11: Resultados de Límites de Atterberg.

MUESTRA/ DOSIFICACIÓN	LÍMITE LIQUIDO (LL)	LÍMITE PLASTICO (LP)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Muestra patrón	36.0	21.0	15.0
MP+10%CC+10%CR	35.0	21.0	14.0
MP+20%CC+20%CR	32.0	20.0	12.0
MP+30%CC+30%CR	27.0	20.0	7.0

Fuente: Elaboración Propia.

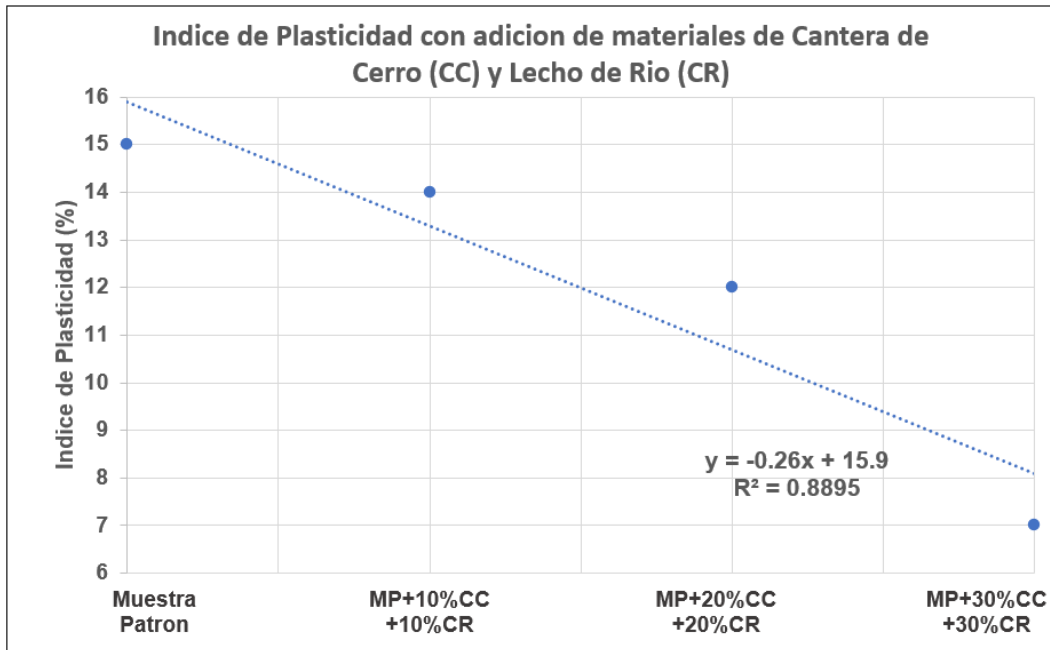


Figura 19: Grafico de dispersión del IP para suelo con dosificaciones de materiales de cerro y lecho de rio.

Según la Figura 19, el espécimen de suelo natural presenta un IP con un valor de 15.0, y con la dosificación de materiales de cerro y rio en 10, 20 y 30%, se obtuvo Índices de Plasticidad de 14.0, 12.0 y 7.0 respectivamente; los materiales de cantera empleados y el IP del suelo ensayado tienen una relación lineal directa, es decir que con la incorporación del porcentaje de material de cantera dosificado disminuye el Índice de Plasticidad.

Esto se debe principalmente a la proporción del material de rio que ingresa en la mezcla, ya que este no presenta plasticidad, es decir es un material limpio que no tiene IP e influye en disminuir la Plasticidad de la mezcla final; en cambio el material de cerro que está contaminado y contiene finos en cantidad similar al suelo natural, no influye en la disminución del Índice de Plasticidad final.

Objetivo específico 2:

Incrementar la capacidad de soporte CBR del suelo de subrasante, mediante la combinación de materiales de cantera de cerro y lecho de rio.

La Tabla 12 detalla los resultados de la prueba de CBR con la adición de materiales de cerro y lecho de río; asimismo en la Figura 20 se presenta el gráfico de dispersión.

Tabla 12: Resultados de CBR dosificación con Materiales de Cerro y Río.

MUESTRA/ DOSIFICACIÓN	PENETRACIÓN	CBR AL 100%	CBR AL 95%
Muestra patrón	0.1"	8.2 %	5.5 %
MP+10%CC+10%CR	0.1"	9.2 %	7.1 %
MP+20%CC+20%CR	0.1"	11.7 %	10.6 %
MP+30%CC+30%CR	0.1"	25.1 %	21.3 %

Fuente: Elaboración Propia.

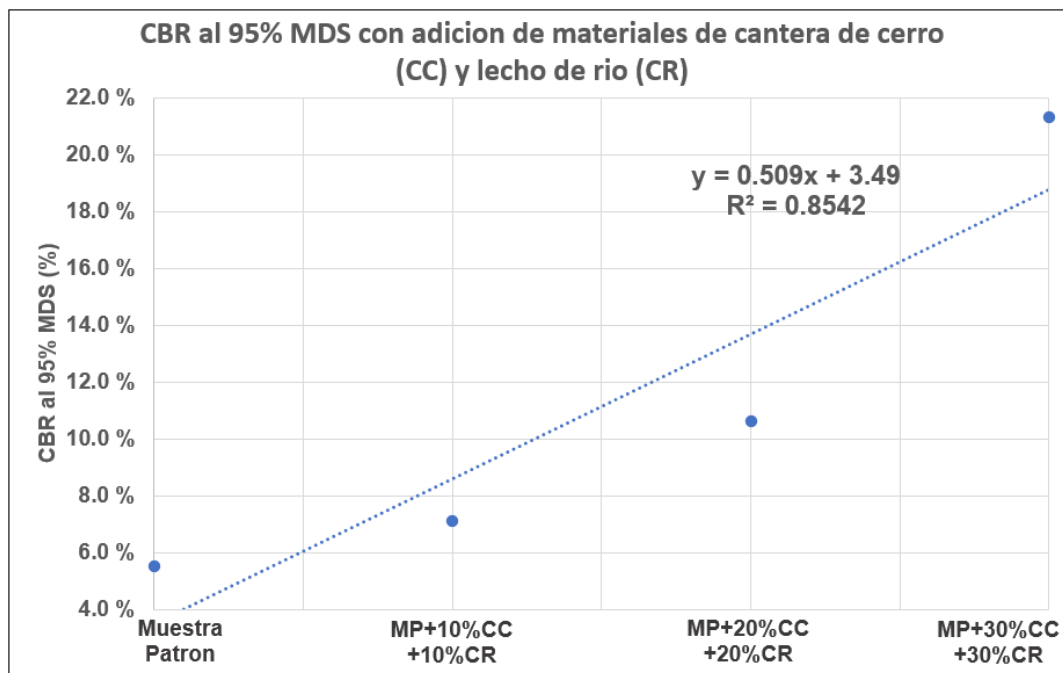


Figura 20: Gráfico de dispersión del CBR al 95% MDS para suelo con dosificaciones de materiales de cantera de cerro y lecho de río.

Según la Figura 20, el CBR al 95% MDS del ejemplar de suelo de subrasante resulta un valor de 5.5%, y con las dosificaciones de material de cerro y lecho de río en 10, 20 y 30%, se obtuvo CBRs de 7.1%, 10.6% y 21.9% respectivamente; los materiales de cantera empleados y el CBR presentan una relación lineal directa, es decir al incrementar el porcentaje de material de cantera aumenta significativamente la

capacidad de resistencia. Según el manual de carreteras, se mejoró la superficie del camino estudiado y se pasó de una subrasante insatisfactoria a la categoría de subrasante buena ya que ahora se encuentra entre el rango de $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$. Es importante destacar que el incremento del CBR se debe principalmente a la forma de las partículas de los materiales adicionados en las dosificaciones, el material de río presenta formas redondeadas, mientras que el material de cerro es de formas angulares y sub angulares, esto toma relevancia al momento de realizar la compactación en el ensayo Proctor Modificado, ya que el material con forma redondeada tiene poca superficie de contacto entre partículas compactadas, por lo que resulta sencillo disgregarlo; mientras que el material de cerro al ser de forma angular y sub angular logra tener una mejor trabazón entre partículas reduciendo así los espacios vacíos e incrementando la resistencia de la mezcla final. El material de cerro al ser de forma angular y sub angular influye significativamente en el incremento del CBR, mientras que el material de río no lo hace debido a la forma redondeada de sus partículas.

Objetivo específico 3:

Determinar el espesor mínimo de estabilización del suelo de subrasante, mediante la dosificación de materiales de cantera de cerro y lecho de río.

De acuerdo con el Manual de Carreteras del MTC, el estrado de subrasante debe presentar un CBR igual o superior al 6%.

Para calcular el espesor de estabilización se utiliza la expresión de CBR equivalente, los resultados que se obtengan deben ser superiores al 6%, considerando que estos resultados están relacionados con el 5,5% CBR del suelo natural, finalmente se calculó el espesor estabilización del suelo con la dosificación 03 adicionando 30% de materiales de cantera de cerro y lecho de río.

$$CBR_p = \frac{(D_{S1})^3 * CBR_1 + (D_{S2})^3 * CBR_2}{(D_{S1})^3 + (D_{S2})^3}$$

Donde:

DS1=Estrato de Suelo de Préstamo

DS2=Estrato de Terreno Natural

CBR1=CBR de Suelo Estabilizador

CBR2=CBR de Terreno Natural

CBRP=CBR Ponderado

Primero, reemplazamos los valores en la fórmula para un espesor de (40 cm) de la siguiente manera:

El espesor de estabilización planteado es de 0,40 m, la dosificación considerada es: terreno natural + 10% material de cerro + 10% material de rio, y su CBR es 7.1%.

$$CBR_p = \frac{0.40^3 * (7.1\%) + (1.10)^3 * (5.5\%)}{(0.40)^3 + (1.10)^3}$$

$$CBR_p = 5.57\%$$

El espesor de estabilización planteado es de 0,40 m, la dosificación considerada es: terreno natural + 20% material de cerro + 20% material de rio, y su CBR es 10.6%.

$$CBR_p = \frac{0.40^3 * (10.6\%) + (1.10)^3 * (5.5\%)}{(0.40)^3 + (1.10)^3}$$

$$CBR_p = 5.73\%$$

El espesor de estabilización planteado es de 0,40 m, la dosificación considerada es: terreno natural + 30% material de cerro + 30% material de rio, y su CBR es 21.3%.

$$CBR_p = \frac{0.40^3 * (21.3\%) + (1.10)^3 * (5.5\%)}{(0.40)^3 + (1.10)^3}$$

$$CBR_p = 6.22\%$$

Continuamos reemplazando datos en la fórmula de CBR equivalente, suponiendo un espesor de 0,80 m (80 cm), de esta manera:

El espesor de estabilización planteado es de 0.80 m, la dosificación considerada es: terreno natural + 10% material de cerro + 10% material de rio, y su CBR es 7.1%.

$$CBR_p = \frac{0.80^3 * (7.1\%) + (0.70)^3 * (5.5\%)}{(0.80)^3 + (0.70)^3}$$

$$CBR_p = 6.46\%$$

El espesor de estabilización planteado es de 0.80 m, la dosificación considerada es: terreno natural + 20% material de cerro + 20% material de rio, y su CBR es 10.6%.

$$CBR_p = \frac{0.80^3 * (10.6\%) + (0.70)^3 * (5.5\%)}{(0.80)^3 + (0.70)^3}$$

$$CBR_p = 8.55\%$$

El espesor de estabilización planteado es de 0.80 m, la dosificación considerada es: terreno natural + 30% material de cerro + 30% material de rio, y su CBR es 21.3%.

$$CBR_p = \frac{0.80^3 * (21.3\%) + (0.70)^3 * (5.5\%)}{(0.80)^3 + (0.70)^3}$$

$$CBR_p = 14.96\%$$

En la Tabla 13, se visualiza la síntesis de resultados de los valores de CBR ponderado obtenidos mediante el cálculo del espesor.

Tabla 13: CBR ponderado calculado para espesores de 0.40m y 0.80m

MUESTRA/ DOSIFICACION	CBR Ponderado para E=0.40 m (%)	CBR Ponderado para E=0.80 m (%)
Muestra patrón	5.50 %	5.50 %
MP+10%CC+10%CR	5.57 %	6.46 %
MP+20%CC+20%CR	5.73 %	8.55 %
MP+30%CC+30%CR	6.22 %	14.96 %

Fuente: Elaboración Propia

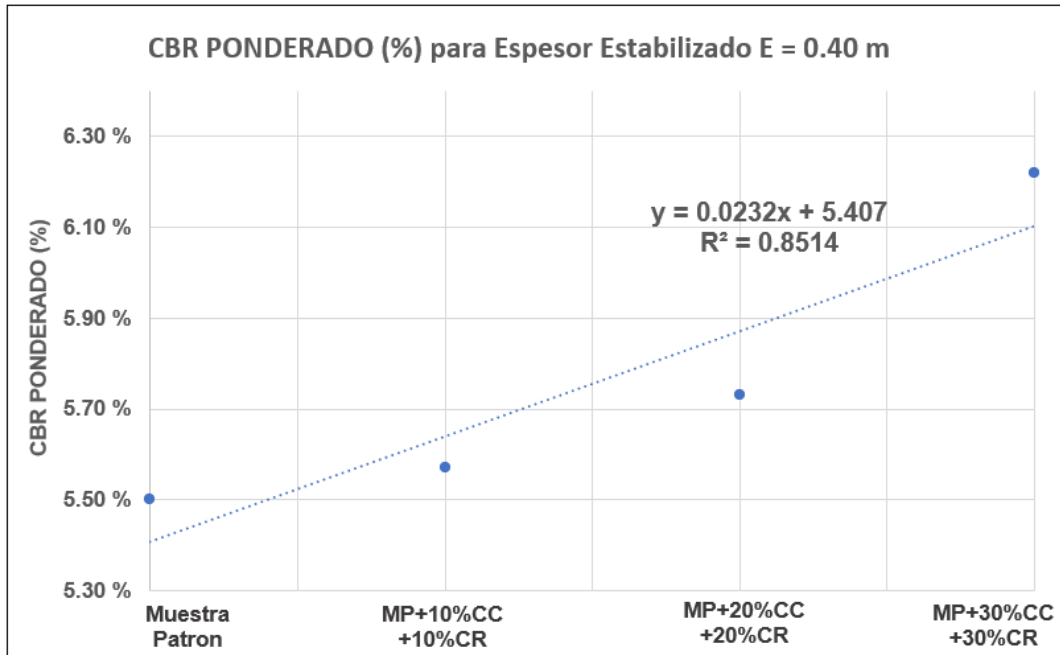


Figura 21: CBR PONDERADO (%) para espesor estabilizado E= 0.40 m.

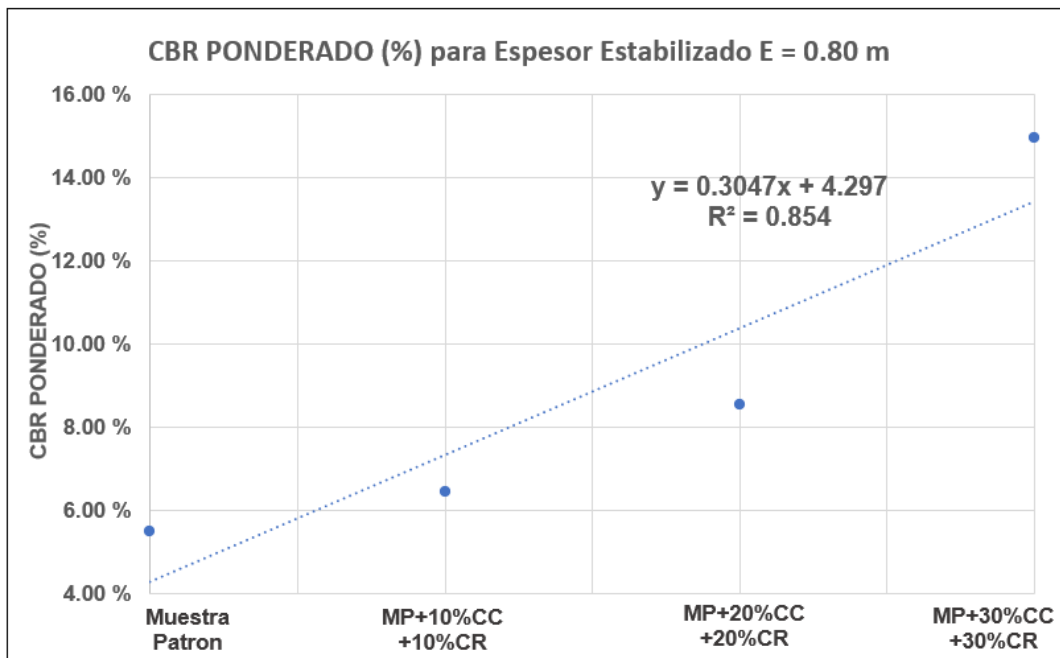


Figura 22: CBR PONDERADO (%) para espesor estabilizado E= 0.80 m

Según la Tabla 13 y Figuras 21 y 22, los valores de CBR ponderado obtenidos para los espesores de estabilización planteados muestran una tendencia ascendente cuando se eleva el porcentaje de dosificación; para el espesor $E=0.40\text{m}$ empleando las dosificaciones de 10%, 20% y 30% resultaron CBRp de 5.57%, 5.73% y 6.22% respectivamente. Para el espesor de 0.80m con las mismas dosificaciones se obtuvo CBRp de 6.46%, 8.55% y 14.96% respectivamente. Existe una relación lineal directa entre las dosificaciones de materiales de cantera y los CBRp hallados, es decir, cuando se eleva el porcentaje de dosificación, incrementa el CBRp. Estos resultados muestran que el espesor mínimo requerido para la estabilización es de 0.80 m, ya que con este espesor se satisfacen los requisitos mínimos del Manual de Carreteras para suelos de subrasante estabilizados, que establecen que el CBR debe ser $\geq 6\%$. Es importante destacar que para el espesor hallado se podría trabajar con cualquiera de las 3 dosificaciones, ya que todas superan el CBR mínimo exigido, y en este caso en específico sería más provechoso emplear la tercera dosificación ya que de esta resulta el CBR ponderado mayor, y presenta una plasticidad reducida que se encuentra dentro de los rangos normados.

Objetivo Especifico 4:

Diseñar las secciones del Pavimento Flexible a partir del valor de CBR de la subrasante estabilizada.

Estudio de Trafico

Para determinar el volumen de tráfico, se llevó a cabo el conteo de los vehículos en el lapso de una semana desde el 06 al 12 de noviembre del 2023, evidenciando el tipo de vehículo y su cuantía, las 24 horas del día, los 7 días ubicados en la progresiva 0+000 de la vía en estudio. La unidad de medición del tránsito se computa en vehículos/ día. En la Tabla 14 se muestran los hallazgos de este estudio.

Tabla 14: Resumen del conteo de Tráfico Vehicular

Vehículo	Mes: Nov Año: 2023						
	Lun (06 de nov)	Mar (07 de nov)	Mie (08 de nov)	Jue (09 de nov)	Vie (10 de nov)	Sab (11 de nov)	Dom (12 de nov)
Automóvil	45	32	35	34	37	33	29
Station Wagon	48	29	34	31	33	31	27
Camioneta (Pikup/Panel)	47	38	30	40	30	39	28
Camioneta Rural	48	34	42	39	41	37	37
Bus 2E	2	2	2	1	1	1	1
Camión 2E	55	43	45	40	50	47	42
Camión 3E	26	20	20	22	18	27	23
Camión 4E	12	9	9	10	8	10	7
TOTAL	283	207	217	217	218	225	194

Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Para computar el IMDA se procedió aplicando la media por cada tipo de vehículo multiplicado por los valores de ajuste de los vehículos, dichos factores son sacados de las estaciones de peaje o los cifras estadísticas del MTC, su propósito es precisar la cantidad de vehículos para así poder hallar el índice medio diario anual (IMDa), se ha tomado en consideración la estación de peaje Ayaviri ya que esta es la más cercana al ámbito de estudio, de la cual se tomó el factor de corrección estacionario para unidades livianas que equivale a 1.1003, y el factor de corrección estacionario para unidades pesadas que equivale a 1.0511; ya con todos los datos se procedió a determinar el IMDa por cada tipo de unidad, se obtiene un total de 223 veh/día. La Tabla 15 se observan los resultados de cómputo del IMDA.

Tabla 15: Resultados del IMDA

Vehículo	IMDs	FC	IMDa	Distrib %
Automóvil	35	1.1003	39	16.0
Station Wagon	33	1.1003	37	14.9
Camioneta (Pikup/Panel)	36	1.1003	40	16.4
Camioneta Rural	40	1.1003	44	17.8
Bus 2E	1	1.0511	2	0.7
Camión 2E	46	1.0511	48	20.0
Camión 3E	22	1.0511	23	10.1
Camión 4E	9	1.0511	10	4.1
TOTAL	223		241	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Transito Proyectado

Para determinar la proyección del tránsito, se utilizó la fórmula para determinar la tasa de aumento de tránsito futuro en vehículos por día, tanto de vehículos livianos como pesados, se emplearon datos de las tasas de desarrollo de la economía PBI (0.92% y 3.21% para vehículos livianos y pesados respectivamente), los años futuros de proyección y el tránsito actual en veh/día. La Tabla 16 se muestra la proyección de tráfico.

Tabla 16: Resultados de Proyección de Trafico

Tipo de Vehículos		IMDa	Tn_2027	TOTAL
VEHICULOS LIGEROS	Automóvil	39	40	40
	Station Wagon	37	38	38
	Camioneta (Pikup/Panel)	40	41	41
	Camioneta Rural	44	45	45
VEHICULOS PESADOS	Bus 2E	2	2	2
	Camión 2E	48	53	53
	Camión 3E	23	26	26
	Camión 4E	10	11	11

Fuente: Elaboración Propia.

Cantidad de Ejes Equivalentes (ESAL)

Para realizar el computo de los EE, se utilizó la tabla de cargas por eje para hallar cantidad de ejes equivalentes del MTC y el peso por eje de los vehículos aforados extraídos del reglamento nacional de vehículos. La Tabla 17 muestra el número de Ejes Equivalentes W18.

Tabla 17: Número de Ejes Equivalentes W18

VEHICULO	IDMA 2027	TIPO EJE	Nº RUEDAS	PESO x EJE tn	f.P Flexible	f. IDMA Flexible	
Automóvil	40	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02108	
Automóvil	40	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02108	
VEHICULOS LIGEROS	Station Wagon	38	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02003
	Station Wagon	38	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02003
	C. Pick Up	41	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02161

	C. Pick Up	41	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02161
	C. Rural	45	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02372
	C. Rural	45	SENCILLO	2	1	0.000527	0.02372
VEHICULOS PESADOS	Bus 2E	2	SENCILLO	2	7	1.265367	2.53073
	Bus 2E	2	SENCILLO	4	11	3.238287	6.47657
	Camión 2E	53	SENCILLO	2	7	1.265367	67.06444
	Camión 2E	53	SENCILLO	4	11	3.238287	171.62921
VEHICULOS PESADOS	Camión 3E	26	SENCILLO	2	7	1.265367	32.89954
	Camión 3E	26	TANDEM	8	18	2.019213	52.49955
	Camión 4E	11	SENCILLO	2	7	1.265367	13.91903
	Camión 4E	11	TRIDEM	10	23	1.508184	16.59002
Nd (transito equivalente acumulado) =							363.78196

Fuente: Elaboración Propia.

Ya con el valor del tránsito equivalente acumulado, procedemos a determinar los valores de las variables de dirección (Fd) y carril (Fc) de la tabla 6.1 del manual de carreteras, para una vía de una calzada con 2 sentidos de 1 carril por cada sentido, se obtiene un valor de $Fd \times Fc = 0.5$. Utilizamos la tasa de aumento del tránsito de 3.21%, y periodo de diseño $n=10$ años por recomendación del mismo manual. Resultando finalmente el valor de $W18 = 768,491$ EE.

Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible:

Se efectuó el computo del Pavimento Flexible empleado la metodología del Manual de Carreteras: Suelos y Pavimentos (2014). La fórmula para el diseño de la estructura es la siguiente:

$$\text{Log}(W) = ZR \cdot So + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}(MR) - 8.07$$

Donde:

W18= Cantidad acumulada de EE.

ZR= Coeficiente estadístico de desviación estándar normal.

So= Desviación estándar combinado.

SN= Numero estructural.

Δ PSI= Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico.

MR= Módulo de resiliencia del suelo de subrasante.

La Tabla 15 presenta cada factor interviniente en la ecuación de diseño, tomando en consideración las pautas que proporciona el Manual de Carreteras.

Tabla 15: Diseño del Pavimento Flexible

DISEÑO DE PAVIMENTO FEXIBLE			
Numero Acumulado de EE	EE =		768,491
CBR de la subrasante	CBR =		14.96%
Módulo de resiliencia Mr(psi) = 2555xCBR ^{0.64}	MR (psi)=		14,432.68
Tipo de tráfico	Tipo=		TP4
Nº de etapas	Etapas=		1
Nivel de confiabilidad	confi.=		80%
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR=		-0.842
Desviación estándar combinado	So=		0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi=		3.80
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt=		2.00
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	Δ PSI=		1.80
<i>Numero estructural requerido</i>	<i>Calcular SN</i>	SNR=	2.388

Fuente: Elaboración Propia

Espesores de Capas - Estructura del Pavimento

Ya una vez hallado el Número Estructural con la fórmula de diseño AASHTO 93, luego este valor debe relacionarse con las secciones de capa, coeficientes de drenaje y estructurales conforme a la ecuación planteada líneas abajo. En la Tabla 16 se evidencia los espesores hallados.

$$SNR = a1 * d1 + a2 * d2 * m2 + a3 * d3 * m3$$

Tabla 16: Cálculo de Secciones

CAPA SUPERFICIAL a1=0.170	BASE a2=0.052	SUBBASE a3=0.047
Carpeta Asfáltica en Caliente. Recomendada para todos los tipos de Tráfico	Base Granular CBR 100%, al 100% de la MDS Recomendada para Tráficos ≤ 5'000,000 EE	Sub Base Granular CBR 40%, al 100% de la MDS Recomendada para Tráficos ≤ 15'000,000 EE
Coeficientes de drenaje recomendados por el Manual de Carreteras para base y subbase granular en pavimentos flexibles.		
	m2 1	m3 1
Computo de espesores de las cargas		
d1 5 cm Capa superficial	d2 15 cm Base	d3 20 cm Subbase
SNR (Requerido)	2.388	Debe satisfacer SNR (Resultado) > SNR (Exigido)
SNR (Resultado)	2.570	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se obtienen los espesores de las capas del pavimento flexible diseñado, la capa superficial d1 resulta 5 cm, la capa de Base d2 resulta 15 cm y la Sub Base d3 resulta 20 cm; con estos espesores se logra satisfacer el Numero Estructural Exigido de 2.388 con el Numero Estructural Hallado de 2.570. Se concluye que el pavimento flexible diseñado satisface las exigencias del Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos.

Análisis estadístico

Pruebas de normalidad

La Tabla 17 muestra la verificación de normalidad para las variables planteadas.

Tabla 17: Prueba de Normalidad

Variable	Hipótesis	Nivel de significancia	Prueba estadística	Regla de decisión	Resultado	Interpretación
Indice de Plasticidad	Ho: Los valores de la variable tienen normalidad	$\alpha = 5\%$	Si $n = 4$, entonces Shapiro – Wilk (para muestras $n < 50$)	p-valor > 0.05 , se acepta la hipótesis nula Ho.	p-valor = 0.675	p-valor > 0.05 Aceptamos Ho: Los valores de las variables poseen normalidad, para un $\alpha = 5.0 \%$.
CBR al 95%	H1: Los valores de la variable no tienen normalidad			p-valor ≤ 0.05 , se acepta la hipótesis alternativa H1.		

Fuente: Elaboración Propia.

Prueba de correlación

En la Tabla 18, se pone a prueba el nivel de relación de las variables con la adición de Materiales de Cerro y Rio, a través del coeficiente de correlación Pearson “r”.

Tabla 18: Prueba de Correlación

Variable	Hipótesis	Nivel de significancia	Prueba estadística	Regla de decisión	Resultado	Correlación “r”	Interpretación
Indice de Plasticidad	Ho: La variable no está relacionada con la adición de Materiales de Cantera	$\alpha = 5\%$	Coeficiente de correlación de Pearson “r”	p-valor > 0.05 , se acepta la hipótesis nula Ho.	p-valor = 0.001	r = -0.98	p-valor ≤ 0.05 , Aceptamos H1: Las variables si están relacionadas con la adición de Materiales de Cantera, para un $\alpha = 5.0 \%$.
CBR al 95%	H1: La variable si está relacionada con la adición de Materiales de Cantera			p-valor ≤ 0.05 , se acepta la hipótesis alternativa H1.			

Fuente: Elaboración Propia.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Respecto a la disminución del Índice de Plasticidad, en esta investigación se adiciono al suelo natural dosificaciones de materiales de Cerro y Rio en porcentajes de 10, 20 y 30%, resultando una disminución del IP desde 15 a 14, 12 y 7 respectivamente. Alva (2021) también incorpora materiales de cantera procedentes de taludes de cerro erosionados y lecho de rio en dosificaciones similares de 10, 15 y 20 %, logrando así una disminución del IP desde 13 (suelo natural) hasta 12, 10 y 8 respectivamente. Se observa que existe una tendencia de disminución del IP en ambas investigaciones, pero la reducción de valores de Alva (2021) es mucho menor, esto se fundamenta en la diferencia en las tasas de dosificación que se emplearon, en esta investigación se utilizaron mayores tasas mientras que el autor citado utilizo una en menor porcentaje. Adicional a ello, la diferencia en la reducción del IP se debe también a que Alva (2021) utiliza como suelo patrón un material sé que clasifica como SM (arena limosa), mientras que en esta tesis se ensayó un suelo patrón caracterizado como ML (Limo de baja plasticidad), entonces la tendencia de disminución del IP se mantiene en ambos trabajos, debido a que el suelo natural ensayado al ser de diferente composición lógicamente modificara los resultados del Índice de Plasticidad independientemente del material que se adicione en la dosificación.

Discusión 2: Respecto al Incremento de la Capacidad de Soporte del suelo, en la presente tesis luego de incorporar las dosificaciones de materiales de Cerro y Rio, se obtuvo los siguientes valores de CBR: Para el suelo natural 5.5%, y para las dosificaciones de 10, 20 y 30% resulta CBRs de 7.1, 10.6 y 21.3% respectivamente. Caamaño (2019) en su trabajo de investigación incorpora al suelo de subrasante piedra triturada procedente de canteras abandonadas en porcentajes de 15, 20 y 25% y logro resultados de CBR de 14.7, 22.2 y 29.5%. Se observa que hay una tendencia de incremento del CBR en ambas investigaciones, pero en el trabajo citado dicho incremento es mucho mayor a pesar que utilizo porcentajes de dosificación menores, esto se debe a que el autor citado empleo

dosificaciones de piedra triturada con granulometría que pasa la malla de 1" y retiene en la de 1/2", mientras que en esta investigación se utilizaron materiales entre los tamices de 3/4" y N° 4, de manera que al incorporar materiales de mayor tamaño en la mezcla final se obtuvo un incremento mayor del CBR. Además, se debe tomar en cuenta la forma de los agregados empleados en ambas investigaciones, el autor citado utiliza piedra triturada que tiene una forma angular o picuda, mientras que en esta investigación se utilizaron agregados de cerro con formas angulares – sub angulares y agregados de río con formas redondeadas, esto influye durante la compactación en el ensayo Proctor Modificado debido a que el material de cerro por la naturaleza de su forma logra tener una mejor trabazón entre partículas, es decir logran encajar entre si como una especie de rompecabezas, reduciendo así los espacios vacíos e incrementando la resistencia final de la mezcla, en cambio el material de río al ser de formas redondeadas tiene poca superficie de contacto entre partículas compactadas por lo que es sencillo disgregarlo; entonces se puede afirmar que la forma de los materiales incorporados influye en el incremento mayor del CBR. La tendencia de incremento del CBR se mantiene, pero por diferencia en la granulometría y forma de los agregados que se incorporan el CBR resultante en la investigación citada es mayor.

Discusión 3: Respecto al Espesor Mínimo de Estabilización de la Subrasante, en la presente investigación se determinó un espesor mínimo de refuerzo de 0.80m empleando la tercera dosificación resultando así el valor de CBR ponderado 14.96%, el cual cumple con las exigencias del Manual de Carreteras (2014). Vásquez (2020) adiciono al suelo natural porcentajes de agregados triturados provenientes de relaves mineros, incorporando porcentajes de 10, 14 y 18%, luego procedió a hallar el espesor de estabilización en base al CBR del suelo natural de 4.9% y los valores de CBR dosificado de 7.5, 12,3 y 18.1%, resultando un espesor de refuerzo de 1.10m con un CBR ponderado de 7.2%, lo cual es consistente con suelo estabilizado. Se observa que existe una diferencia de 0.30 m en el espesor de refuerzo hallado entre ambas investigaciones, a pesar de que el CBR del suelo

natural de dicho trabajo posee similar valor al de esta investigación; esto se fundamenta en que el autor citado adiciono porcentajes inferiores de dosificación a los que se utilizaron en esta tesis, producto de ello los CBRs resultaron menores y por consiguiente el espesor aumento. Entonces la tendencia del espesor de refuerzo entre ambos trabajos se mantiene, pero por la diferencia en las tasas de dosificación, el espesor de suelo calculado por Vásquez (2020) resulta mayor.

Discusión 4: Respecto al Diseño del Pavimento Flexible, en la presente investigación se realizó el diseño mediante la metodología AASHTO 93 y se determinaron los espesores de la capa superficial, base y subbase a partir de los datos del Estudio de Trafico Vial y CBR de la subrasante estabilizada; resultando finalmente espesores de 5, 15 y 20 cm respectivamente. Barriga (2021) en su trabajo de investigación no plantea un diseño de pavimento luego de lograr la estabilización de una subrasante adicionando materiales pétreos provenientes de taludes erosionados. Se observa que en los trabajos de investigación revisados los autores no plantean un diseño de pavimento luego de lograr la estabilización de una subrasante, esto podría deberse a que no lo consideran necesario por el motivo de que la estabilización resultante en si ya es considerada como una mejora respecto al estado inicial de la vía en estudio. Sin embargo, en esta investigación se ha realizado el diseño con la finalidad de desarrollar más a profundidad los resultados de la estabilización de subrasante mejorada.

VI. CONCLUSIONES:

Esta investigación planteo como objetivo estabilizar el suelo de subrasante de la carretera Lampa – Palca, en la actualidad esta vía presenta problemas de suelos de fundacion inadecuados compuestos por materiales cohesivos que tienen insuficiente capacidad de soporte. Para lograr la estabilización se planteó emplear dosificaciones de materiales de Cerro y Rio de canteras aledañas en porcentajes de 10%, 20% y 30%, las cuales fueron incorporadas al suelo natural previa selección a través del tamizaje entre las mallas 3/4" y N° 4. Para medir la variación en las propiedades del suelo se evaluaron los siguientes indicadores: Índice de Plasticidad (IP), Capacidad de Soporte (CBR), Espesor Mínimo de Estabilización y Secciones del Pavimento Flexible; finalmente se ha logrado una propuesta de estabilización óptima para la subrasante de estudio.

Referente al Índice de Plasticidad del Suelo (IP), se verificó que incorporando dosificaciones de 10%, 20%, y 30% de Materiales de Cerro y Rio al suelo natural, la plasticidad disminuyó desde 15% a 14%, 12% y 7% respectivamente, se observa que existe una tendencia de disminución del Índice de Plasticidad adicionando una mayor tasa de Materiales de Cantera, por lo que se valida el objetivo planteado. Esto se fundamenta principalmente en la proporción de material de rio que ingresa en la mezcla, ya que este por su naturaleza no presenta plasticidad, es decir es un material limpio cuyo IP es nulo e influye en reducir la plasticidad de la mezcla final; en cambio el material de cerro que está contaminado y contiene finos en cantidad similar al suelo natural no influye en la reducción del IP de la mezcla. Se concluye que la proporción de material de rio que ingresa en la mezcla influye significativamente en la disminución del IP de la mezcla final, además, con el 30% de dosificación se cumple con lo mínimo exigido en el Manual de Carreteras (2014) que indica que para subrasantes estabilizadas el Índice de Plasticidad debe ser menor al 10%.

Referente a la Capacidad de Soporte (CBR), se verificó que incorporando dosificaciones de 10%, 20% y 30% de Materiales de Cerro y Rio al suelo natural, el CBR incremento desde 5.5% a 7.1%, 10.6% y 21.3% respectivamente, se observa que existe una tendencia de incremento de la Capacidad de Soporte CBR adicionando una mayor tasa de Materiales de Cantera, por lo que se valida el objetivo planteado. Esto se fundamenta principalmente en la forma de las partículas del material de cerro que ingresa en la mezcla, debido a que durante la compactación en el Ensayo Proctor Modificado estos al poseer la forma angular y sub angular logran tener una mejor trabazón entre partículas, es decir logran encajar entre si como una especie de rompecabezas, de manera que se reducen los espacios vacíos y se incrementa la resistencia final de la mezcla; en cambio el material de rio al ser de formas redondeadas tiene poca superficie de contacto entre partículas, por lo que luego de compactado es sencillo disgregarlo. Se concluye que la proporción de material de cerro que ingresa en la mezcla influye significativamente en el incremento del CBR de la mezcla final.

Para determinar el espesor mínimo de estabilización requerido se empleó el concepto analítico de CBR ponderado, para un espesor de 0.80 m operando los CBRs resultantes de las dosificaciones de 10%, 20% y 30%, el CBR ponderado resulta 5.50% (suelo natural), 6.46%, 8.55% y 14.96% respectivamente, se observa que los CBRs ponderados hallados superan el mínimo normado de 6%, es decir que se podría emplear cualquiera de las 3 dosificaciones, además de que se valida el objetivo planteado. Se concluye que el espesor mínimo de estabilización requerido es de 0.80m, sin embargo, se debe hacer énfasis en la elección de la mejor dosificación en vista de que todas superan el CBR mínimo normativo, para este caso en específico se recomienda emplear la tercera dosificación por resultar de esta el CBR ponderado mayor y poseer la plasticidad mínima exigida, además de existir amplia disponibilidad de los materiales de cerro y rio en el ámbito de la subrasante de estudio.

Respecto al Diseño del Pavimento Flexible, se realizó el diseño mediante la metodología AASHTO 93 y se determinaron los espesores de la capa superficial, base y subbase a partir de los datos del Estudio de Trafico Vial y valor de CBR de la subrasante estabilizada; resultando finalmente espesores de 5, 15 y 20 cm respectivamente. Se concluye que el valor de CBR de la subrasante estabilizada influye significativamente en la reducción de espesores de las secciones del Pavimento Flexible diseñado, esto se fundamenta en el incremento del valor de CBR de la subrasante desde 5.5% (suelo natural) hasta 14.96% (suelo estabilizado).

Esta investigación ha alcanzado el objetivo de mejorar la subrasante de la Carretera Lampa – Palca mediante la incorporación de Materiales de Cantera de Cerro y Rio. Los resultados obtenidos demuestran que la incorporación de estos Materiales tiene un efecto favorable en la reducción del Índice de Plasticidad e incremento de la Capacidad de Soporte del suelo natural, y en consecuencia también se determinó un espesor de refuerzo adecuado. Se concluye que el espesor de estabilización requerido es de 0.80 m empleando el 30% de dosificación con Materiales de Cerro y Rio, además de que cumple con las exigencias normativas para subrasantes estabilizadas del Manual de Carreteras. El diseño del pavimento flexible determino los espesores de las secciones de carpeta asfáltica, base y subbase, para este diseño se tomó en cuenta el valor de CBR de la subrasante estabilizada.

VII. RECOMENDACIONES:

Dado que el uso de materiales procedentes de las canteras de cerro y lecho de río es beneficioso para la estabilidad del suelo, se recomienda que estos materiales residuales se almacenen de manera formalizada.

Se recomienda que los rangos de dosificación de los materiales de la cantera de cerro y del lecho de río, se utilicen en estudios futuros como estabilizadores para subrasantes inadecuadas.

Se recomienda determinar la capacidad de carga de la subrasante mediante pruebas de campo en lugar de confiar únicamente en pruebas de laboratorio, porque las pruebas de laboratorio se ensayan bajo condiciones ideales.

Tratar de manera diferente el material de la cantera del Cerro y del lecho del río, debido a que, en proporciones mayores, puede mejorar aún más sus propiedades físicas y mecánicas, tomando como referencia la investigación actual.

REFERENCIAS:

- [1] ALVA, D. (2021). Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en trochas carrozables, carretera Sandia – Yanahuaya, Puno 2021.
- [2] BARRIGA, E. (2021). Estabilización de subrasante mediante adición de cantos rodados de río, carretera Cartera Alto Trujillo, Cusco 2021.
- [3] CAAMAÑO, I. (2019) Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de piedra fracturada y su efecto en el módulo resiliente. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- [4] MIRANDA, J. y NEGRETE, F. (2018), Estabilización de suelos cohesivos con el uso de agregados pétreos. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- [5] PANDAM, F. y FRIAMOND, S. (2020), Medición de la calidad y usabilidad de los materiales de la cantera Valle Katmandu, Nepal.
- [6] VASQUEZ, S. (2020), y otros. Evaluación de campo de suelo blando de subrasante de carreteras estabilizado con residuo de agregados pétreos. 2, México: Universidad de Guadalajara, Vol. 56.
- [7] GONGORA, O., IRIARTE, A. y MENDOZA, (2020) J. Estabilización y mejoramiento de las características físicas y mecánicas de los suelos a partir de mezclas con materiales de taludes erosionados. Ibagué: Universidad cooperativa de Colombia.
- [8] RABI, M. (2021). Mezclas de suelo y agregado compactado con fines de mejoramiento de suelos cohesivos, Sungai Melayo, Malasia.
- [9] ZAMIN, F. (2021). Efecto de la grava in clasificar proveniente de canteras abandonadas sobre la estabilidad de los suelos de subrasante, Malasia.
- [10] PUTRI, S. (2020). Mejoramiento de las capacidades físicas y mecánicas del suelo de turba mediante la incorporación de agregados pétreos de la cantera Rimbo Panjang, Malasia.

- [11] FORO ECONOMICO MUNDIAL. (2022). Estadísticas de Competitividad Mundial en Infraestructura Vial.
- [12] PROVIAS, MTC. (2022). Boletín Informativo Desarrollo de Infraestructura Vial.
- [13] PARRA, M. (2018). Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- [14] TORRES, K. (2021). Estabilización de un suelo con adición de ceniza de bagazo, Carretera vecinal de San Juan de Lurigancho, Perú.
- [15] LOZANO, E. (2019). Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico. Bogotá: Universidad católica de Colombia.
- [16] ACEVEDO, O. (2019) Estabilización y mejoramiento de Subrasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- [17] ROLDAN, J. (2016) Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y subbases. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [18] MORA, J. (2016) Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizantes de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito. Guanajuato: Universidad Federico Santa María.
- [19] FERNANDEZ, H. (2017) Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- [20] SILVA, J. (2019) Influencia de la adición de la mezcla ceniza volante de cascarilla de cebada con cal en las propiedades físicas y mecánicas en el suelo de buenos aires distrito de Víctor Larco Herrera - Trujillo - La Libertad. Trujillo: Universidad Privada de Trujillo.
- [21] PONCE, D. (2018) Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

- [22] LOPEZ, J. y ORTIZ, G. (2018). Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes.
- [23] PALLI, E. (2018) Guía básica para estabilizaciones de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- [24] PONGSIVASATHIT, S., HORPIBULSUK, S. y PIYAPHIPAT, S. (2019) Evaluation of mechanical properties of soils stabilized with cement. Instituto de Ingenieria, Pulchowk Instalaciones, Lalitpur, Nepa: Case studies in construction materials, Vol. 11.
- [25] LINARES, R., AGUILAR, M. y ROJAS, E. (2020) Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de poetileno fundido. 2, Amazonas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Amazonas, Vol. 3. 2414-8822.
- [26] GIANINA, R., CASSIO, E. (2018) Estabilización de suelos cohesivos con aditivo organosilanos a nivel de subrasante. Universidad de Sao Paulo.
- [27] MTC (2013), Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- [28] MTC (2016), Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de ensayo de materiales.
- [29] MTC (2014), Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos.
- [30] CAÑAR, Edwin, 2017. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZA DE CARBÓN. S.I.: Universidad Técnica de Ambato.
- [31] COBAO, 2017. Metodología de la Investigación. 1. Oaxaca: COBAO.

- [32] DIAZ, C. y SIME, L., 2009. Una Mirada a las técnicas e instrumentos de investigación. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ [en línea]. LIMA, enero 2009. pp. 1-11. Disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wpcontent/uploads/sites/184/2009/02/bolet3.pdf>.
- [33] DÍAZ, Greisi, 2018. Mejoramiento del CBR de un suelo arcilloso con cloruro de sodio [en línea]. S.I.: Universidad Privada del Norte. [Consulta: 24 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14062>.
- [34] FLNV, 2003. LIMITE DE CONSISTENCIA (LÍQUIDO Y PLÁSTICO). S.I.
- [35] FONSECA, K., BECERRA, Y. y MUÑOZ, S., 2020. Artículo de revisión científica. Suelos Ecuatoriales, vol. 50, no. 50, pp. 54-69. DOI 10.47864/SE(50)2020p54- 69.
- [36] GEOTÉCNIA FÁCIL, 2018. Ensayo Proctor. Geotecnia Fácil [en línea]. [Consulta: 26 enero 2023]. Disponible en: <https://geotecniafacil.com/ensayo-proctornormal-y-modificado/>.
- [37] HERNÁNDEZ, Roberto, 2014. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN [en línea]. México D. F.: Mc Graw & Hill Educación. [Consulta: 23 diciembre 2021]. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.Hernández,FernandezyBaptista-MetodologíaInvestigaciónCientífica6taed.pdf>.
- [38] HERNÁNDEZ, S. y AVILA, D., 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos Data collection techniques and instruments. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA [en línea], vol. 9, no. 17, pp. 51-53.
- [39] NICOMEDES, Nieto. Tipos de Investigación. Repositorio Institucional USDG [en línea]. 2018, 1-4. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>.
- [40] OTERO, Alfredo. Enfoques De Investigación. Universidad del Atlántico [en línea]. 2018, (August), 34. Disponible en: <https://bit.ly/3G9bR8t>.

- [41] ARIAS, J. a M. COVINOS. Diseño y metodología de la investigación [en línea]. Primera ed. 2021. ISBN 9786124844423. Disponible en: <https://bit.ly/3RlcobP>.
- [42] IBM, 2013. SPSS. 2013. S.I.: International Business Machines. IBM SPSS Statistics 22.0.
- [43] JURADO, Sergio, 2017. Estadística Inferencial [en línea]. Huancayo: Universidad Continental. ISBN n.º 978-612-4196-. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/>.
- [44] MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA, 2003. FLNV-MVS-15B MANUAL VISUALIZADO VERSION 2 CBR EN LABORATORIO. S.I.
- [45] OLAVARRÍA, Jorge, 2018. Carta de plasticidad de Casagrande Online | Ingeniería Elemental. Ingeniería Elemental [en línea]. [Consulta: 1 marzo 2023].
- [46] UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, 2020. Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales. Vicerrectorado de Investigación, pp. 1-37.

IX. ANEXOS:

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Matriz de Consistencia


Mejoramiento de Subrasante mediante la combinacion de Materiales de Canteras de Cerro y Lecho de Rio, Carretera Lampa - Palca, Puno, 2023.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA		
P. GENERAL	O. GENERAL	H. GENERAL							
En la actualidad la carretera Lampa - Palca presenta una serie de fallas superficiales debido a que el suelo de fundación está compuesto por suelos cohesivos que tienen una deficiente capacidad de soporte. ¿Como influye la combinacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio en el mejoramiento de la subrasante de la carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?	Mejorar el suelo de subrasante de la carretera Lampa - Palca, mediante la combinacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio.	Una forma de mejorar las propiedades del suelo de subrasante de la carretera Lampa - Palca, sería mediante la combinacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio.	V1: Materiales de cantera de Cerro y Lecho de Rio	Dosificacion	10 - 20 - 30 %	Ficha de observación	Tipo de investigacion: Investigacion Aplicada		
P. Especificos	O. Especificos	H. Especifica					Enfoque de investigacion: Cuantitativo		
Segun estudios previos se sabe que la subrasante de la carretera Lampa - Palca esta conformada por suelos mezclados entre arcillas limos y arena. ¿De que manera influye la combinacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio en la disminucion del indice de plasticidad dl suelo de subrasante, carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?	Disminuir el indice de plasticidad del suelo de subrasante mediante la combinacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio.	La combinacion del suelo de subrasante con proporciones adecuadas de materiales de canterea de cerro y rio, disminuiria el indice de plasticidad.	V2: Propiedades del Suelo de Subrasante	D2: Propiedades Fisicas - Mecanicas de la subrasante	INDICE DE PLASTICIDAD IP (%)	Ensayo Limites de Atterberg	Diseño de investigacion: Experimental		
Debido a que el suelo de subrasante de la carretera Lampa - Palca contiene arcillas, limos y arena, este no posee una adecuada capacidad de soporte y no brindaria la resistencia necesaria frente a la carga de trafico vehicular. ¿En que medida se incrementaria la capacidad de soporte de subrasante mediante la combinacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio, carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?	Incrementar la capacidad de soporte CBR del suelo de subrasante, mediante la combinacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio.	La combinacion del suelo de subrasante con proporciones adecuadas de materiales de cantera de cerro y rio, incrementaria la capacidad de soporte.					CAPACIDAD DE SOPORTE CBR (%)	Ensayo CBR	Muestra: Km 1+000 - Km 2+000
Debido a las condiciones actuales de la subrasante de la carretera Lampa - Palca, esta vi NO cumple la condición mínima exigida por la Guía AASHTO de diseño de pavimentos (CBR de subrasante ≤ 6%) ¿Cual es el espesor minimo de estabilizacion del suelo de subrasante dosificado con materiales de cantera de cerro y lecho de rio, Carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?	Determinar el espesor minimo de estabilizacion del suelo de subrasante, mediante la dosificacion de materiales de cantera de cerro y lecho de rio.	La combinacion del suelo natural con materiales de cantera de cerro y rio, estabilizaria la subrasante de estudio, el espesor minimo de estabilizacion resultaria mayor 0.60 m.					ESPESOR DE ESTABILIZACION DE SUBRASANTE	Fichas de Calculo	Tecnica de recoleccion de datos: Observacion directa
Una vez estabilizada la subrasante de la via, esta requerira el diseño de la secciones del pavimento flexible ¿Como es el diseño de las Secciones del Pavimento Flexible a partir del valor de CBR de la subrasante estabilizada, Carretera Lampa - Palca, Puno, 2023?	Diseñar las secciones del Pavimento Flexible a partir del valor de CBR de la subrasante estabilizada.	Los espesores de las secciones del Pavimento Flexible se reducirian considerablemente debido a que el suelo de subrasante es de mejor calidad.					LAS SECCIONES DEL PAVIMENTO FEXIBLE	Fichas de Calculo	Instrumentos de recoleccion de datos: Fichas de observacion

Anexo 2: Matriz Operacional

Mejoramiento de Subrasante Mediante la Combinacion de Materiales de Canteras de Cerro y Lecho de Rio, Carretera Lampa - Palca, Puno, 2023.					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I. Materiales de Cantera de Cerro y Lecho de Rio.	Los materiales de Cantera compuestos de materiales geológicos tales como la piedra, la arena y la grava, se utilizan virtualmente en todas las formas de construcción. Se pueden aprovechar en su estado natural o bien triturarse y convertirse en fragmentos más pequeños (MTC, 2014).	La variable operacionalizará empleando ensayos de laboratorio para la medición desde el estado base de la subrasante hasta las dosificaciones de 10%, 20% y 30%	Dosificación	10% Material de Cerro + 10% Material de Rio.	Razon
				20% Material de Cerro + 20% Material de Rio.	
				30% Material de Cerro + 30% Material de Rio.	
V.D. Propiedades del Suelo de Subrasante	Se define a las propiedades del suelo de subrasante, recurriendo a parámetros de resistencia mediante la relación de soporte california (CBR). Por otro lado podemos entender que agregando materiales a la subbase se pueden mejorar sus propiedades (Ospina, 2020).	La variable operacionalizará empleando ensayos de laboratorio tomando como parámetros, El Indice de Plasticidad (IP), La relación de soporte california (CBR), El espesor Minimo de Estabilizacion y Secciones de Diseño del Pavimento Flexible.	Propiedades físicas y mecánicas del suelo estabilizado	Limite de Consistencia (Limite liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad).	Razon
				CBR de Subrasante	
			Diseño de espesor de estabilizacion	Espesor de Estabilizacion	
			Diseño de secciones del Pavimento Flexible	Carpeta Asfáltica Capa Base Capa Sub Base	

Anexo 3: Instrumentos de recolección de datos.



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES
RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM D 6913 / D 6913M - 17

CODIGO DE INFORME
GCT - EAG - 1357
pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. INGRESO : 2023-07-10
F. EMISIÓN : 2023-07-17

DATOS DE LA MUESTRA

CAPA : SUB RASANTE SONDAJE: C - 01 NUMERO DE MUESTRA: M - 001
MATERIAL: PROPIO PROFUND.: 0.00-1.50 m CLASIFICACIÓN VISUAL: CL


N°	TAMIZ		PESO RETENIDO		PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES	RESULTADOS	
	(pulg)	(mm)	(g)	(%)	PARC	ACUM	PASA		DESCRIPCIÓN	VALOR
1	3 1/2"	90.000		0.00	0.0	0.0	100.0	/	Masa de muestra seca:	220.6 g
2	3"	75.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Masa de muestra lavado y seco:	34 g
3	2 1/2"	63.000		0.00	0.0	0.0	100.0		GENERALES	
4	2"	50.000		0.00	0.0	0.0	100.0		DESCRIPCIÓN	
5	1 1/2"	37.500		0.00	0.0	0.0	100.0		VALOR	
6	1"	25.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Tamaño Máximo	#10
7	3/4"	19.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Fino equiv. < #4	221 g
8	1/2"	12.500		0.00	0.0	0.0	100.0		Grava	0.0%
9	3/8"	9.500		0.00	0.0	0.0	100.0		Arena	15.4%
10	#4	4.750	0.0	0.00	0.0	0.0	100.0		Fino ensayado <#4	220.6 g
11	#10	2.000	0.8	2.36	0.4	0.4	99.6		Finos < # 200	84.6%
12	#20	0.850	0.4	1.18	0.2	0.5	99.5		COEFICIENTES	
13	#40	0.425	0.5	1.47	0.2	0.8	99.2		D ₆₀	0.05
14	#100	0.180	1.5	4.42	0.7	1.5	98.5		D ₃₀	0.03
15	#200	0.075	30.7	90.56	13.9	15.4	84.6		D ₁₀	0.01
16	Fondo	0.000	186.7	550.74	84.6	100.0	0.0		Cu	6.00
								Cc	1.50	

LEYENDA CLASIFICACIÓN

Coefficiente de uniformidad Cu SUCS AASHTO ID Humedad (%) 20
 Coeficiente de curvatura Cc CL A-6 12.0 Límite Líquido (LL) 36
 Índice de Grupo ID CL A-6 12.0 Límite Plástico (LP) 21
 Índice Plástico (IP) 15


TIPO DE SUELO AASHTO: Suelo arcilloso TIPO DE SUELO SUCS: Arcilla media plasticidad con arena CL

CURVA GRANULOMÉTRICA



COMENTARIOS Y/U OBSERVACIONES

EL RESULTADO ESTA DADO SEGUN EL METODO "A" ±1%
 EL TIPO DE TAMIZADO REALIZADO PARA OBTENER PESOS RETENIDOS FUE SIMPLE (METODO B).
 NO SE HA REALIZADO LA EXCLUSION DE NINGUN ELEMENTO PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO.
 LA MUESTRA FUE EXTRAIDA Y PUESTO EN EL LABORATORIO.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 Ing. Raul Miranda Quintanilla
 CIP: 137430

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 WWW.GEOCONTROLTOTAL.COM

028268

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM - D - 2216 - MTC E 108

CODIGO DE INFORME

GCT - ECH - 1130

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.

UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. INGRESO : 2023-07-10

SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. EMISIÓN : 2023-07-17

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : CALICATA
MATERIAL : PROPIO
PROFUNDIDAD : 0.00-1.50 m
HORA : ---

ENSAYO : C - 01
MUESTRA : M-01
N. FREÁTICO : ---
T.M. VISUAL : Nº4

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	NUMERO DEL TARRO =	T-43
1	MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO HUMEDO	g	564.50	/
2	MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO SECO	g	482.60	
3	MASA DEL TARRO	g	66.12	
4	MASA DEL AGUA	g	81.90	
5	MASA DEL SUELO SECO	g	416.48	
6	HUMEDAD	%	19.66	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO:

20%

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

- El metodo usado fue "A" ±1% de acuerdo a su tamaño maximo nominal visual.
- No se ha realizado la exclusion de ningun tamaño del agregado.
- la muestra presenta rotulado externo.
- La muestra de ensayo si cumple con la cantidad de masa requerido.
- El ensayo fue realizado en una muestra alterada.
- La muestra fue extraida y puesta en el laboratorio para su ensayo.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ronald Husein Aracayo Ramos
Ing. Raúl Miranda Quisñanilla
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
www.geocontroltotal.com

028269

INFORME DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

GCT - ELC - 1316

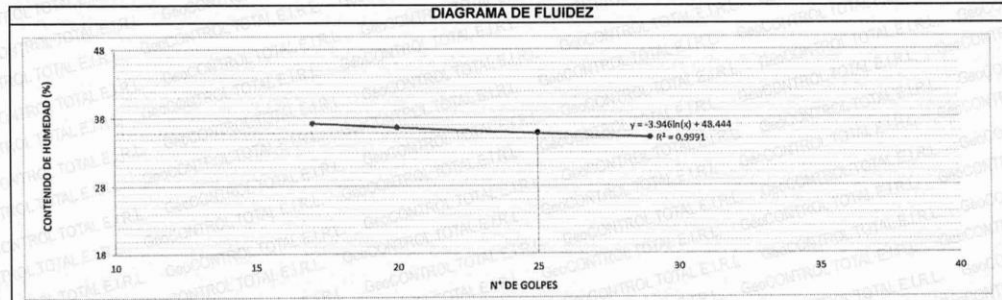
pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-10
F. EMISIÓN : 2023-07-17

DATOS DE LA MUESTRA		PROFUNDIDAD :	0.00-1.50 m
SONDEO :	CALICATA	ESPESOR :	---
MATERIAL :	PROPIO	NIVEL FREÁTICO :	---
ENSAYO :	C - 01	T. M. VISUAL :	Nº4
MUESTRA :	M-01		

LÍMITE LÍQUIDO					RESULTADOS	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Nº Tara	ID	T-56	T-112	T-4	LL (%)	36
Masa Tara + suelo húmedo	(g)	30.24	30.21	29.85	LP (%)	21
Masa Tara + suelo seco	(g)	26.10	25.91	25.59	IP (%)	15
Masa del agua	(g)	4.14	4.30	4.26		
Masa de la tara	(g)	14.32	14.18	14.15		
Masa del suelo seco	(g)	11.78	11.73	11.44		
Contenido de humedad	(%)	35.14	36.66	37.24		
Número de golpes		29	20	17		

LÍMITE PLÁSTICO					LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			DESCRIPCIÓN	
Nº Tara	ID	T-51	T-35		LL :	LÍMITE LÍQUIDO
Masa Tara + suelo húmedo	(g.)	21.54	20.68		LP :	LÍMITE PLÁSTICO
Masa Tara + suelo seco	(g.)	18.51	17.95		IP :	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Masa de la tara	(g.)	4.36	5.11			
Masa del agua	(g.)	3.03	2.73			
Masa del suelo seco	(g.)	14.15	12.84			
Contenido de humedad	(%)	21.41	21.26			



OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

- MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.
- EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.
- EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.
- EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTÍCULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.
- EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.
- PARA LL SE UTILIZÓ UN EQUIPO DE CASAGRADE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO.
- PARA DETERMINAR LP SE REALIZÓ UN ROLADO MANUAL.
- EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACIÓN DEL ENSAYO.
-

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028270



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME
GCT-EPM-990

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
 SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

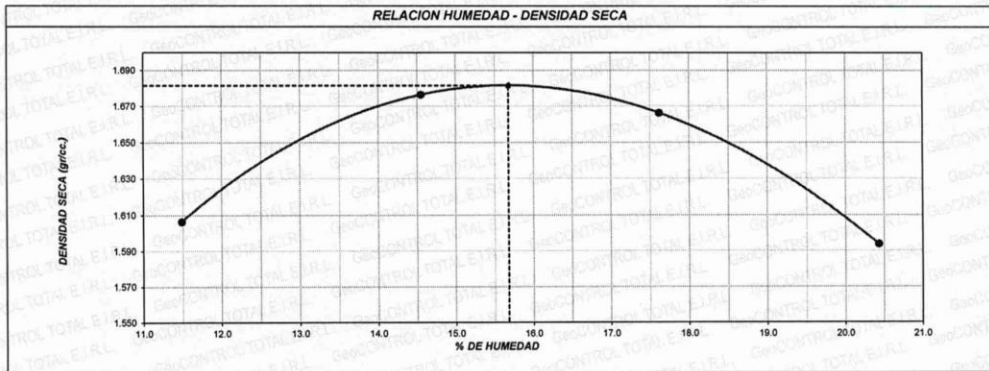
F. INGRESO : 2023-07-10
 F. EMISIÓN : 2023-07-17
 ENSAYADO EN : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA	
Identificación	: MATERIAL PROPIO
Sondaje	: CALICATA - 01
N° de Muestra	: M - 01
Capa	: SUB RASANTE
Profundidad:	0.00 - 1.50 m
Norte:	---
Este:	---
Cota:	---

Metodo de compactación	A	N° de golpes	25	N° de capas	5	Volumen de molde	935	Peso molde	4145	cm ³	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,820	5,941	5,978	5,940	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,675	1,796	1,833	1,795	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,791	1,920	1,960	1,919	
Recipiente Numero		T	F	M	O	
Peso de la Tara	gr.	35.4	34.9	34.5	34.3	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	258.6	264.8	265.5	275.4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	235.6	235.6	230.9	234.5	
Peso del agua	gr.	23.0	29.2	34.6	40.9	
Peso del suelo seco	gr.	200	201	196	200	
Contenido de agua	%	11.5	14.5	17.6	20.4	
Densidad Seca	gr/cc	1.606	1.676	1.666	1.594	

Densidad Máxima Seca: 1.682 gr/cm³, Contenido Humedad Optima: 15.7 %



- OBSERVACIONES:
- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
 - El ensayo fue realizado mediante via humeda.
 - El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
 - El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
 - ---
 - ---

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

 Ing. Raúl Mirando Quintanillo
 CIP: 137480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 871568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028271



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NTP 339.145)

CODIGO INFORME

GCT-ECBR-578

Fig. 1 - 2

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RÍO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-10
F. EMISIÓN : 2023-07-17
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

Material : PROPIO
Procedencia : CALIGATA - 01
N° de Muestra : M - 01
Capa : SUB RASANTE
Profundidad : 0.00 - 1.50 m
Progresiva : ---
Clasificación SUCS : CL
Clasificación AASHTO : A - 6 (12)

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883

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

Moide N°	1		2		3	
	5		5		5	
Número de capas						
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,721	12,804	12,412	12,521	12,184	12,341
Peso molde (gr.)	8,554	8,554	8,457	8,457	8,464	8,464
Peso suelo compactado (gr.)	4,167	4,250	3,955	4,064	3,720	3,877
Volumen del molde (cm ³)	2,132	2,132	2,128	2,128	2,123	2,123
Densidad húmeda (gr./cm ³)	1,954	1,993	1,859	1,910	1,752	1,826
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,687	1,667	1,606	1,580	1,515	1,498

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	301.2	248.5	300.7
Tara + suelo seco (gr.)	260.0	207.8	259.8
Peso de agua (gr.)	41.2	40.7	40.9
Peso de suelo seco (gr.)	260.0	207.8	259.8
Humedad (%)	15.8	19.6	15.7

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.001"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
13-Jul	09:25	0	80.0	0.00	0.00	40.0	0.00	0.00	25.0	0.00	0.00
17-Jul	09:25	96	145.0	1.65	1.42	132.0	2.34	2.00	157.0	3.35	2.88

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Moide N° 1				Moide N° 2				Moide N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		25	1.2			19	0.9			14	0.7		
0.050		54	2.7			34	1.7			25	1.2		
0.075		80	4.0			52	2.6			39	1.9		
0.100	70.307	134	6.6	5.8	8.2	87	4.3	3.9	5.5	60	3.0	2.9	4.1
0.150		163	8.1			114	5.6			84	4.2		
0.200	105.460	204	10.1	10.0	9.4	140	6.9	6.9	6.5	101	5.0	5.0	4.7
0.300		253	12.5			177	8.8			128	6.3		
0.400		312	15.4			215	10.6			157	7.8		
0.500		337	16.7			234	11.6			168	8.3		

OBSERVACIONES:

* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
 * ---
 * ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

R. Raúl Miranda Quintanilla
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 1371480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 571568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028272

INFORME DE ENSAYO
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NTP 339.145)

CODIGO INFORME
GCT-ECBR-578
 Pág. 2 de 2

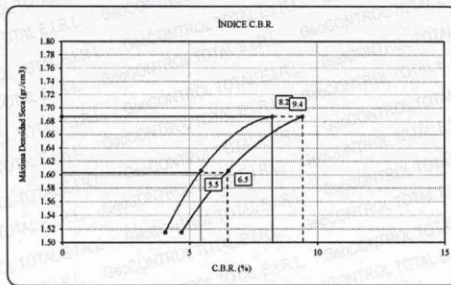
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
 SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
 F. INGRESO : 2023-07-10
 F. EMISIÓN : 2023-07-17
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

Material : PROPIO
 Procedencia : CALICATA - 01
 N° de Muestra : M - 01
 Profundidad: 0.00 - 1.50 m
 Progresiva: ---

Máxima Densidad Seca : 1.682 gr/cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.597 gr/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 15.7 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA

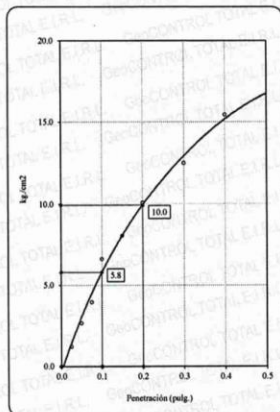


METODO DE COMPACTACIÓN	ASTM D1557
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	8.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	5.5 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"	9.4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"	6.5 %

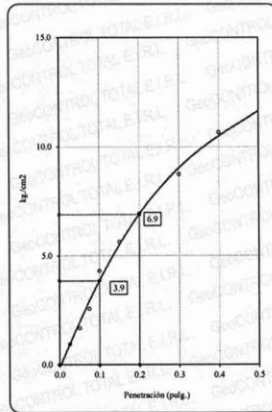
RESULTADOS

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 8.2 %
 VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 5.5 %
 VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA : 1.42

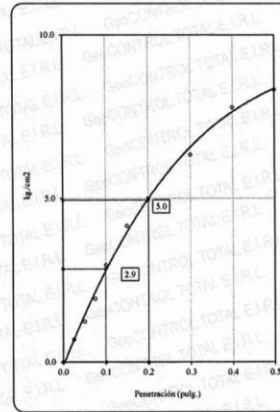
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 8.2 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 5.5 %



C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 4.1 %



OBSERVACIONES:

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- ---
- ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Raúl Miranda Quintanilla
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 137480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028273

INFORME DE ENSAYO
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 ASTM D 6913 / D 6913M - 17

CODIGO DE INFORME
GCT - EAG - 1359
 pagina 1 de 1

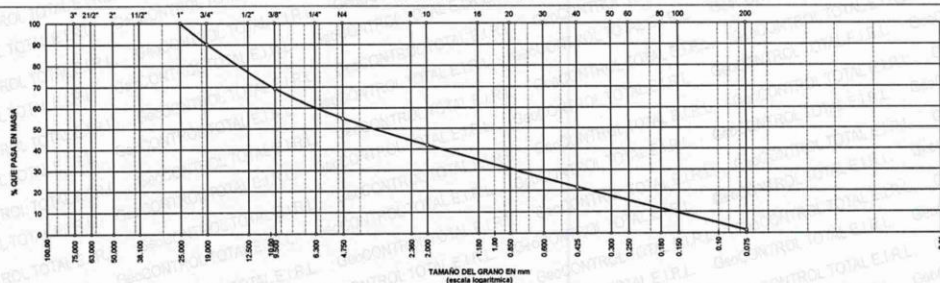
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
 SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
 F. INGRESO : 2023-07-10
 F. EMISIÓN : 2023-07-17
 ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA

CAPA : --- SONDAJE: C-01 NUMERO DE MUESTRA: M - 001
 MATERIAL: CANTERA RIO PROFUND.: 0.00-1.50 CLASIFICACIÓN VISUAL: SP

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO		PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES	RESULTADOS				
	(pulg)	(mm)	(g)	(%)	PARC	ACUM	PASA		DESCRIPCIÓN	VALOR			
1	3"	75.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Masa de muestra seca:	918 g			
2	2 1/2"	63.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Masa de muestra lavado y seco:	906 g			
3	2"	50.000		0.00	0.0	0.0	100.0		GENERALES				
4	1 1/2"	37.500		0.00	0.0	0.0	100.0		DESCRIPCIÓN	VALOR			
5	1"	25.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Tamaño Máximo	1"			
6	3/4"	19.000	89.3	9.86	9.7	9.7	90.3		Fino equiv. < #4	504 g			
7	1/2"	12.500	94.2	10.40	10.3	20.0	80.0		Grava	45.1% 413.7 g			
8	3/8"	9.500	99.6	11.00	10.9	30.8	69.2		Arena	53.6% 491.9 g			
9	#4	4.750	130.6	14.42	14.2	45.1	54.9		Fino ensayado <#4	504.2 g			
10	#10	2.000	118.2	13.05	12.9	57.9	42.1		Finos < # 200	1.3% 12.3 g			
11	#20	0.850	98.3	10.85	10.7	68.7	31.3		COEFICIENTES				
12	#40	0.425	88.6	9.78	9.7	78.3	21.7		D ₆₀	D ₃₀	D ₁₀	Cu	Cc
13	#50	0.300	45.0	4.97	4.9	83.2	16.8		6.44	0.79	0.19	33.82	0.51
14	#100	0.180	68.3	7.54	7.4	90.7	9.3		HUMEDAD Y LÍMITES DE CONSISTENCIA				
15	#200	0.075	73.5	8.12	8.0	98.7	1.3		DESCRIPCIÓN		VALOR		
16	Fondo	0.000	12.3	1.36	1.3	100.0	0.0		Humedad (%)		6		
LEYENDA			CLASIFICACIÓN			SUCS		AASHTO	ID	Limite Líquido (LL)		NP	
Coeficiente de uniformidad			Cu			SP		A-1-a		Limite Plástico (LP)		NP	
Coeficiente de curvatura			Cc							Índice Plástico (IP)		NP	
Índice de Grupo			ID							TIPO DE SUELO SUCS:		Arena mal graduada con grava SP	

CURVA GRANULOMÉTRICA



COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

EL RESULTADO ESTA DADO SEGUN EL MÉTODO "A" ±1%.
 EL TIPO DE TAMIZADO REALIZADO PARA OBTENER PESOS RETENIDOS FUE SIMPLE (MÉTODO B).
 NO SE HA REALIZADO LA EXCLUSIÓN DE NINGUN ELEMENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO.
 LA MUESTRA FUE EXTRAIDA Y PUESTO EN EL LABORATORIO.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028277



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM - D - 2216 - MTC E 108

CODIGO DE INFORME

GCT - ECH - 1133

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.

UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. INGRESO : 2023-07-10

SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. EMISIÓN : 2023-07-17

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO	: CALICATA	ENSAYO	: C-01
MATERIAL	: CANTERA RIO	MUESTRA	: M-01
PROFUNDIDAD	: 0.00-1.50 m	NIVEL FREÁTICO	: ---
HORA	: ---	T.M. VISUAL	: 3/4"

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	NUMERO DEL TARRO =	T-45
1	MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO HUMEDO	g	757.80	/
2	MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO SECO	g	721.30	
3	MASA DEL TARRO	g	114.60	
4	MASA DEL AGUA	g	36.50	
5	MASA DEL SUELO SECO	g	606.70	
6	HUMEDAD	%	6.02	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO:

6%

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1	El metodo usado fue "A" ±1% de acuerdo a su tamaño maximo nominal visual.
2	No se ha realizado la exclusion de ningun tamaño del agregado.
3	la muestra presenta rotulado externo.
4	La muestra de ensayo si cumple con la cantidad de masa requerido.
5	El ensayo fue realizado en una muestra alterada.
6	



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Raul Miranda Quintanilla
Ing. Raul Miranda Quintanilla
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
Telefonos: 051-328598 / 951 010447 / 951 671568
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
www.geocontroltotal.com

028276

INFORME DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

GCT - ELC - 1327

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.

UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. INGRESO : 2023-07-10

F. EMISIÓN : 2023-07-17

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA			
SONDEO	CALICATA	PROFUNDIDAD	0.00-1.50
MATERIAL	CANTERA RIO	ESPESOR	---
ENSAYO	C-01	NIVEL FREÁTICO	---
MUESTRA	M-01	T. M. VISUAL	34"

LÍMITE LIQUIDO			RESULTADOS	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS	CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Nº Tara	ID		LL (%)	NP
Massa Tara + suelo húmedo	(g)	NP	LP (%)	NP
Massa Tara + suelo seco	(g)		IP (%)	NP
Massa del agua	(g)			
Massa de la tara	(g)			
Massa del suelo seco	(g)			
Contenido de humedad	(%)			
Número de golpes				

LÍMITE PLÁSTICO			LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS	DESCRIPCIÓN	
Nº Tara	ID		LL :	LÍMITE LIQUIDO
Massa Tara + suelo húmedo	(g)	NP	LP :	LÍMITE PLÁSTICO
Massa Tara + suelo seco	(g)		IP :	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Massa de la tara	(g)			
Massa del agua	(g)			
Massa del suelo seco	(g)			
Contenido de humedad	(%)			

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS	
1	MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.
2	EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.
3	EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.
4	EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.
5	EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.
6	PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO.
7	PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.
8	---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ronald Husein Aracayo Ramos
 Ing. Raul Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028279

INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 ASTM D 6913 / D 6913M - 17

CODIGO DE INFORME
GCT - EAG - 1362

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RÍO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
 SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. INGRESO : 2023-07-10
 F. EMISIÓN : 2023-07-17

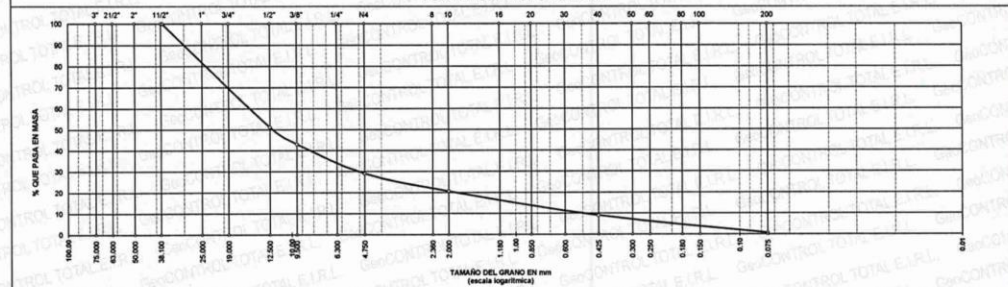
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA

CAPA : --- SONDAJE: C-01 NUMERO DE MUESTRA: M - 001
 MATERIAL: CANTERA CERRO PROFUND.: --- CLASIFICACIÓN VISUAL: GP

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO		PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES	RESULTADOS			
	(pulg)	(mm)	(g)	(%)	PARC	ACUM	PASA		DESCRIPCIÓN	VALOR		
1	3"	75.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Masa de muestra seca:	1,747 g		
2	2 1/2"	63.000		0.00	0.0	0.0	100.0		Masa de muestra lavado y seco:	1,737 g		
3	2"	50.000		0.00	0.0	0.0	100.0		GENERALES			
4	1 1/2"	37.500	0.0	0.00	0.0	0.0	100.0		DESCRIPCIÓN	VALOR		
5	1"	25.000	287.3	16.54	16.4	16.4	83.6		Tamaño Máximo	1"		
6	3/4"	19.000	256.3	14.76	14.7	31.1	68.9		Fino equiv. < #4	505 g		
7	1/2"	12.500	307.8	17.72	17.6	48.7	51.3		Grava 71.1%	1241.6 g		
8	3/8"	9.500	141.2	8.13	8.1	56.8	43.2		Arena 28.4%	495.4 g		
9	#4	4.750	249.0	14.34	14.3	71.1	28.9		Fino ensayado <#4	505.2 g		
10	#10	2.000	146.3	8.42	8.4	79.5	20.5		Finos < # 200	0.6%		
11	#20	0.850	152.2	8.76	8.7	88.2	11.8		COEFICIENTES			
12	#40	0.425	50.9	2.93	2.9	91.1	8.9		D ₆₀	D ₃₀		
13	#50	0.300	35.4	2.04	2.0	93.1	6.9		D ₁₀	Cu		
14	#100	0.180	90.6	5.22	5.2	98.3	1.7		16.72	5.11		
15	#200	0.075	20.0	1.15	1.1	99.4	0.6		0.58	26.99		
16	Fondo	0.000	9.8	0.56	0.6	100.0	0.0		Cc	2.85		
			LEYENDA			CLASIFICACIÓN			Humedad (%)		7	
Coeficiente de uniformidad			Cu			SUCS			AASHTO			ID
Coeficiente de curvatura			Cc			GP			A-1-a			0.0
Índice de Grupo			ID						Limite Líquido (LL)			23
									Limite Plástico (LP)			NP
									Índice Plástico (IP)			NP
TIPO DE SUELO AASHTO:			Fragmentos de roca, grava y arena			TIPO DE SUELO SUCS:			Grava mal graduada con arena GP			

CURVA GRANULOMÉTRICA



COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

EL RESULTADO ESTA DADO SEGÚN EL MÉTODO "A" ±1%.
 EL TIPO DE TAMIZADO REALIZADO PARA OBTENER PESOS RETENIDOS FUE SIMPLE (MÉTODO B).
 NO SE HA REALIZADO LA EXCLUSIÓN DE NINGUN ELEMENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO.
 LA MUESTRA FUE EXTRAÍDA Y PUESTO EN EL LABORATORIO.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ronald Husein Aracayo Ramos
 Ing. Ronald Husein Aracayo Ramos
 CIP: 121483

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028286

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM - D - 2216 - MTC E 108

CODIGO DE INFORME
GCT - ECH - 1135

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.

UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. INGRESO : 2023-07-10

SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. EMISIÓN : 2023-07-17

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : CALICATA	ENSAYO : C-01
MATERIAL : CANTERA CERRO	MUESTRA : M-01
PROFUNDIDAD : --- m	NIVEL FREATICO : ---
HORA : ---	T.M. VISUAL : 1"

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	NUMERO DEL TARRO =	T-01
1	MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO HUMEDO	g	541.60	/
2	MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO SECO	g	513.20	
3	MASA DEL TARRO	g	105.00	
4	MASA DEL AGUA	g	28.40	
5	MASA DEL SUELO SECO	g	408.20	
6	HUMEDAD	%	6.96	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO:

7%

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1	El metodo usado fue "A" ±1% de acuerdo a su tamaño maximo nominal visual.
2	No se ha realizado la exclusion de ningun tamaño del agregado.
3	la muestra presenta rotulado externo.
4	La muestra de ensayo si cumple con la cantidad de masa requerido.
5	El ensayo fue realizado en una muestra alterada.
6	



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ing. Raul Miranda Quintanilla
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
www.geocontroltotal.com

028267

INFORME DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

GCT - ELC - 1330

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.

UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. INGRESO : 2023-07-10

F. EMISIÓN : 2023-07-17

ENBAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO :	CALICATA	PROFUNDIDAD :	--
MATERIAL :	CANTERA CERRO	ESPESOR :	--
ENSAYO :	C-01	NIVEL FREÁTICO :	--
MUESTRA :	M-01	T. M. VISUAL :	1*

LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			RESULTADOS	
		T-03	T-06	T-16	CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Nº Tara	ID				LL (%)	23
Masa Tara + suelo húmedo	(g)	35.85	32.19	35.21	LP (%)	NP
Masa Tara + suelo seco	(g)	34.34	30.31	33.47	IP (%)	NP
Masa del agua	(g)	1.51	1.88	1.74		
Masa de la tara	(g)	27.59	21.91	26.01		
Masa del suelo seco	(g)	6.75	8.40	7.46		
Contenido de humedad	(%)	22.37	22.38	23.32		
Número de golpes		30	24	16		

LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			LEYENDA	
		MUESTRAS			DESCRIPCIÓN	
Nº Tara	ID				LL :	LÍMITE LÍQUIDO
Masa Tara + suelo húmedo	(g)				LP :	LÍMITE PLÁSTICO
Masa Tara + suelo seco	(g)				IP :	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Masa de la tara	(g)					
Masa del agua	(g)					
Masa del suelo seco	(g)					
Contenido de humedad	(%)					

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

--	--

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1	MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.
2	EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.
3	EL METODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.
4	--



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Raul Mirando Quiñanilla
 Ing. Raul Mirando Quiñanilla
 CIP: 131420

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-3285588 / 951 010447 / 951 071568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028258

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME
GCT-EPM-1000

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
 SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. INGRESO : 2023-07-18
 F. EMISIÓN : 2023-07-25
 ENSAYADO EN : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

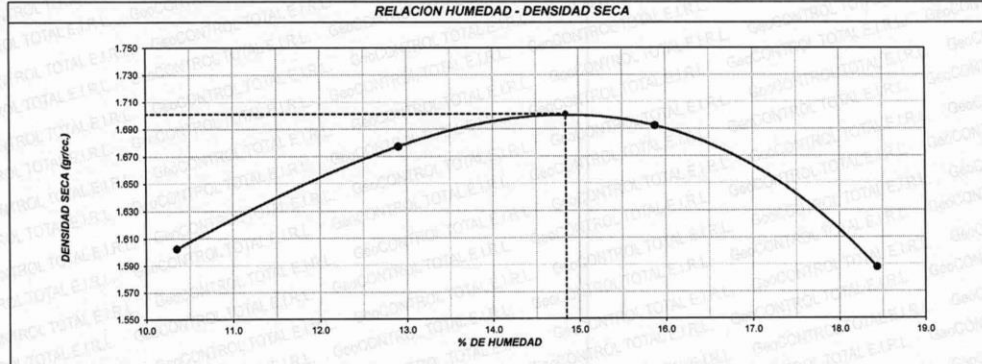
DATOS DE LA MUESTRA		Profundidad:	---
Identificación	: MP + 10% CC + 10% CR	Norte:	---
Sondaje	: CALICATA - 01	Este:	---
N° de Muestra	: M - 01	Cota:	---
Capa	: SUB RASANTE MEJORADO		

Metodo de compactación	A	N° de golpes	25	N° de capas	5	Volumen de molde	935	cm ³
						Peso molde	4141	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,795	5,912	5,975	5,900	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,654	1,771	1,834	1,759	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,769	1,894	1,961	1,881	
Recipiente Numero		M	P	C	Q	
Peso de la Tara	gr.	35.4	35.7	35.5	36.5	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	198.5	200.2	192.4	190.7	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	183.2	181.4	170.9	166.7	
Peso del agua	gr.	15.3	18.8	21.5	24.0	
Peso del suelo seco	gr.	148	146	135	130	
Contenido de agua	%	10.4	12.9	15.9	18.4	
Densidad Seca	gr/cc	1.603	1.677	1.692	1.588	

Densidad Máxima Seca: 1.701 gr/cm³. Contenido Humedad Optima: 14.9 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- El ensayo fue realizado mediante vía húmeda.
- El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ronald Husein Aracayo Ramos
 Ing. Ronald Husein Aracayo Ramos
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328598 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028309

INFORME DE ENSAYO
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NTP 339.145)

CODIGO INFORME

GCT-ECBR-588

Pág. 1 - 2

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RÍO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

Material : MP + 10% CC + 10% CR
Procedencia : CALICATA - 01
N° de Muestra : M - 01
Capa : SUB RASANTE MEJORADO
Profundidad : --- m
Progresiva : ---
Clasificación SUCS : ---
Clasificación AASHTO : ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

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

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,422	12,498	12,324	12,421	12,245	12,361
Peso molde (gr.)	8,254	8,254	8,296	8,296	8,451	8,451
Peso suelo compactado (gr.)	4,168	4,244	4,028	4,125	3,794	3,910
Volumen del molde (cm³)	2,132	2,132	2,128	2,128	2,131	2,131
Densidad húmeda (gr./cm³)	1,955	1,990	1,893	1,939	1,780	1,834
Densidad Seca (gr./cm³)	1,701	1,696	1,649	1,635	1,549	1,527

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	200.5	185.5	197.5
Tara + suelo seco (gr.)	174.5	158.1	172.0
Peso de agua (gr.)	26.0	27.4	25.5
Peso de suelo seco (gr.)	174.5	158.1	172.0
Humedad (%)	14.9	17.3	14.8

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.001"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
19-Jul	09:48	0	55.0	0.00	0.00	100.0	0.00	0.00	36.0	0.00	0.00
23-Jul	09:48	96	108.0	1.35	1.16	187.0	2.21	1.90	152.0	2.95	2.53

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		39	1.9			27	1.3			18	0.9		
0.050		71	3.5			45	2.2			29	1.4		
0.075		97	4.8			67	3.3			43	2.1		
0.100	70.307	134	6.6	6.5	9.2	98	4.9	4.7	6.6	77	3.8	3.4	4.8
0.150		185	9.2			135	6.7			104	5.1		
0.200	105.460	218	10.8	10.9	10.3	161	8.0	7.8	7.4	119	5.9	6.2	5.8
0.300		288	14.3			195	9.7			157	7.8		
0.400		335	16.6			247	12.2			181	9.0		
0.500		351	17.4			268	13.3			197	9.8		

OBSERVACIONES:

* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

R. J. J.
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028310

INFORME DE ENSAYO
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NTP 339.145)

CODIGO INFORME
GCT-ECBR-588
 Pág 2 - 2

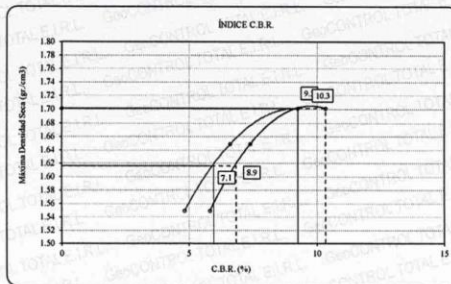
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

Material : MP + 10% CC + 10% CR
Procedencia : CALICATA - 01
N° de Muestra : M - 01
Profundidad: --- m
Progresiva: ---

Máxima Densidad Seca : 1.701 gr/cm³ Optimo Contenido de Humedad : 14.9 %
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.616 gr/cm³

CURVA CBR Vº DENSIDAD SECA



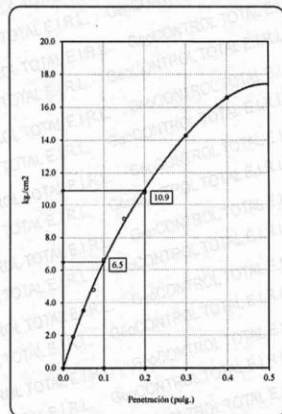
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	9.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	7.1 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"	10.3 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"	8.9 %

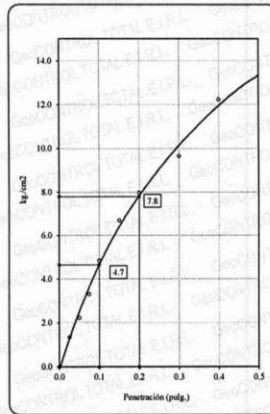
RESULTADOS

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 9.2 %
 VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 7.1 %
 VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA : 1.16

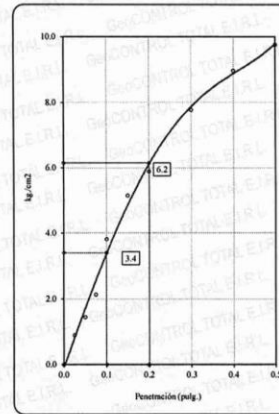
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 9.2 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 7.1 %



C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 4.8 %



OBSERVACIONES:

- * La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
-
-
-

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028311

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME
GCT-EPM-1001

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
 SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

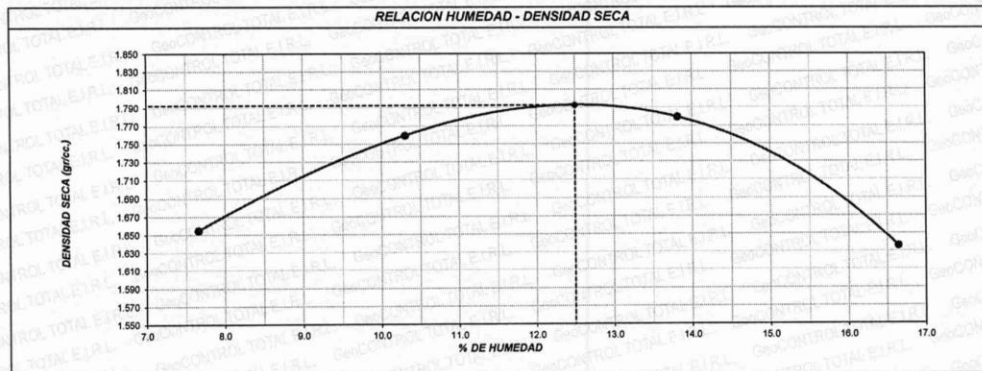
F. INGRESO : 2023-07-18
 F. EMISIÓN : 2023-07-25
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA	
Identificación	: MP + 20% CC + 20% CR
Sondaje	: CALICATA - 01
N° de Muestra	: M - 02
Capa	: SUB RASANTE MEJORADO
Profundidad:	--- m
Norte:	---
Este:	---
Cota:	---

Metodo de compactación	A	N° de golpes	25	N° de capas	5	Volumen de molde	935	cm ³
						Peso molde	4141	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,807	5,956	6,035	5,926	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,666	1,815	1,894	1,785	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,781	1,941	2,025	1,909	
Recipiente Numero		1125	105	110	185	
Peso de la Tara	gr.	35.2	34.8	34.8	34.2	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	185.6	197.5	200.4	185.6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	174.9	182.3	180.3	164.0	
Peso del agua	gr.	10.7	15.2	20.1	21.6	
Peso del suelo seco	gr.	140	148	146	130	
Contenido de agua	%	7.7	10.3	13.8	16.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.655	1.759	1.779	1.636	

Densidad Máxima Seca: 1.793 gr/cm³. Contenido Humedad Optima: 12.5 %



OBSERVACIONES:

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- El ensayo fue realizado mediante via humeda.
- El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
- ---
- ---

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328598 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028312



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

CODIGO INFORME
GCT-ECBR-589

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS

F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25

ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA			
Material	: MP + 20% CC + 20% CR	Profundidad:	--- m
Procedencia	: CALICATA - 01	Progresiva:	---
N° de Muestra	: M - 02	Clasificación SUCS:	---
Capa	: SUB RASANTE MEJORADO	Clasificación AASHTO:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883

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

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,618	12,688	12,402	12,502	12,255	12,365
Peso molde (gr.)	8,305	8,305	8,217	8,217	8,268	8,268
Peso suelo compactado (gr.)	4,313	4,383	4,185	4,285	3,987	4,117
Volumen del molde (cm ³)	2,132	2,132	2,132	2,132	2,135	2,135
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,023	2,056	1,963	2,010	1,867	1,928
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,796	1,785	1,745	1,720	1,660	1,638

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	178.5	190.6	187.5	194.5	188.2	194.5
Tara + suelo seco (gr.)	158.5	165.5	166.7	166.5	167.3	165.2
Peso de agua (gr.)	20.0	25.1	20.8	28.0	20.9	29.3
Peso de suelo seco (gr.)	158.5	165.5	166.7	166.5	167.3	165.2
Humedad (%)	12.6	15.2	12.5	16.8	12.5	17.7

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.001"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
19-Jul	11:06	0	24.0	0.00	0.00	50.0	0.00	0.00	85.0	0.00	0.00
23-Jul	11:06	96	68.0	1.12	0.96	105.0	1.40	1.20	178.0	2.36	2.03

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		64	3.2			43	2.1			29	1.4		
0.050		95	4.7			72	3.6			43	2.1		
0.075		128	6.3			98	4.9			62	3.1		
0.100	70.307	172	8.5	8.2	11.7	134	6.6	6.4	9.1	104	5.1	4.9	7.0
0.150		219	10.8			174	8.6			145	7.2		
0.200	105.460	268	13.3	13.2	12.5	219	10.8	10.6	10.1	176	8.7	8.3	7.9
0.300		341	16.9			287	14.2			206	10.2		
0.400		389	19.3			345	17.1			274	13.6		
0.500		413	20.4			374	18.5			289	14.3		

OBSERVACIONES:
* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
* ---
* ---

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ing. Ronald Mirando Quintanilla
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
www.geocontroltotal.com

028313

INFORME DE ENSAYO
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NTP 339.145)

CODIGO INFORME
GCT-ECBR-589
 Pág. 2 de 2

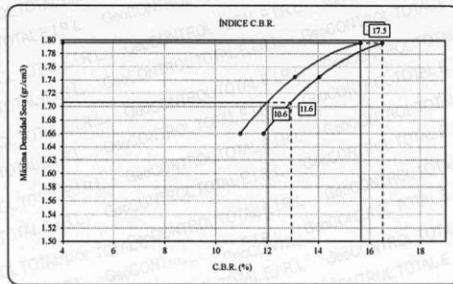
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

Material	: MP + 20% CC + 20% CR	Profundidad:	--- m
Procedencia	: CALICATA - 01	Progresiva:	---
N° de Muestra	: M - 02		

Máxima Densidad Seca : 1.793 gr/cm³ Óptimo Contenido de Humedad : 12.5 %
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.703 gr/cm³

CURVA CBR V% DENSIDAD SECA



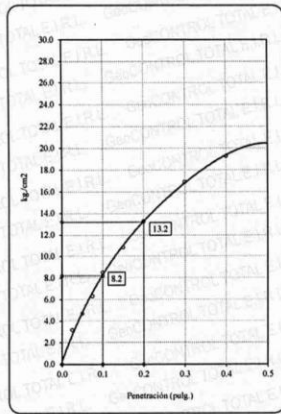
METODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D1557

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	15.7 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	10.6 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"	17.5 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"	11.6 %

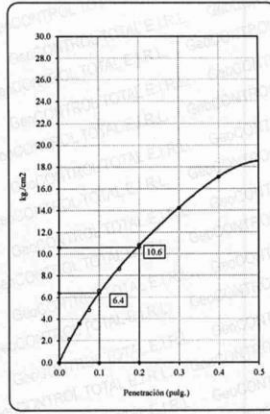
RESULTADOS

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.	15.7 %
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.	10.6 %
VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA	0.96

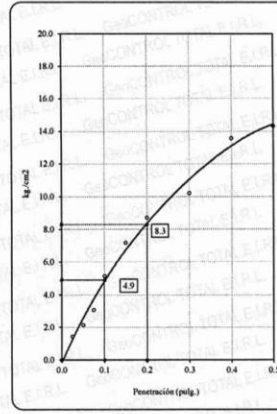
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 15.7 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 10.6 %



C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 7.0 %



OBSERVACIONES:

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 Ing. Ronald Miranda Quintanilla
 CIP: 131780

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328598 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028314

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME
GCT-EPM-1002

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
 SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
 F. INGRESO : 2023-07-18
 F. EMISIÓN : 2023-07-25
 ENSAYADO EN : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

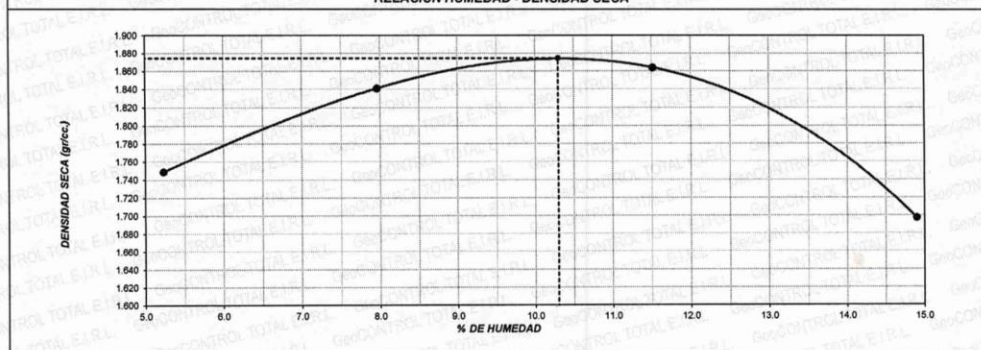
Identificación : MP + 30% CC + 30% CR
 Sondaje : CALICATA - 01
 N° de Muestra : M - 03
 Capa : SUB RASANTE MEJORADO
 Profundidad: --- m
 Norte: ---
 Este: ---
 Cota: ---

Metodo de compactación	A	N° de golpes	25	N° de capas	5	Volumen de molde	935	cm ³
						Peso molde	4141	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,862	6,000	6,085	5,965	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,721	1,859	1,944	1,824	
Peso Volumétrico Humedo	gr.	1,840	1,988	2,079	1,950	
Recipiente Numero		f	c	u	m	
Peso de la Tara	gr.	43.6	45.6	44.8	45.2	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	198.5	201.5	197.8	192.5	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	190.8	190.0	182.0	173.4	
Peso del agua	gr.	7.7	11.5	15.8	19.1	
Peso del suelo seco	gr.	147	144	137	128	
Contenido de agua	%	5.2	8.0	11.5	14.9	
Densidad Seca	gr/cc	1.749	1.841	1.864	1.697	

Densidad Máxima Seca: 1.875 gr/cm³. Contenido Humedad Optima: 10.3 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- El ensayo fue realizado mediante vía húmeda.
- El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
- ---
- ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131490

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028315



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NTP 339.145)

CODIGO INFORME

GCT-ECBR-590

Pág. 1 - 2

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25
ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

Material : MP + 30% CC + 30% CR
Procedencia : CALICATA - 01
N° de Muestra : M - 03
Capa : SUB RASANTE MEJORADO
Profundidad: --- m
Progresiva: ---
Clasificación SUCS: ---
Clasificación AASHTO: ---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883

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

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,841	12,888	12,752	12,502	12,232	12,385
Peso molde (gr.)	8,425	8,425	8,456	8,456	8,125	8,125
Peso suelo compactado (gr.)	4,416	4,263	4,296	4,046	4,107	4,260
Volumen del molde (cm³)	2,132	2,132	2,130	2,130	2,129	2,129
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,071	1,999	2,016	1,899	1,929	2,000
Densidad Seca (gr./cm³)	1,877	1,765	1,826	1,660	1,748	1,723

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	210.5	198.5	199.8	200.4	204.5	200.6
Tara + suelo seco (gr.)	190.8	175.2	180.9	175.2	185.4	172.8
Peso de agua (gr.)	19.7	23.3	18.9	25.2	19.1	27.8
Peso de suelo seco (gr.)	190.8	175.2	180.9	175.2	185.4	172.8
Humedad (%)	10.3	13.3	10.4	14.4	10.3	16.1

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.001"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
19-Jul	15:06	0	95.0	0.00	0.00	72.0	0.00	0.00	61.0	0.00	0.00
23-Jul	15:06	96	116.0	0.53	0.46	114.0	1.07	0.91	125.0	1.63	1.40

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		97	4.8			70	3.5			41	2.0		
0.050		143	7.1			105	5.2			75	3.7		
0.075		194	9.6			141	7.0			102	5.1		
0.100	70.307	260	12.9	12.5	17.8	195	9.7	9.4	13.4	158	7.8	7.3	10.4
0.150		326	16.1			254	12.6			194	9.6		
0.200	105.460	415	20.5	20.3	19.2	321	15.9	15.7	14.8	238	11.8	11.7	11.1
0.300		543	26.9			415	20.5			289	14.3		
0.400		625	30.9			476	23.6			338	16.7		
0.500		685	33.9			492	24.4			364	18.0		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- ---
- ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ronald Husein Aracayo Ramos
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028316

INFORME DE ENSAYO
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NTP 339.145)

CODIGO INFORME
GCT-ECBR-590
 Pág 2 de 2

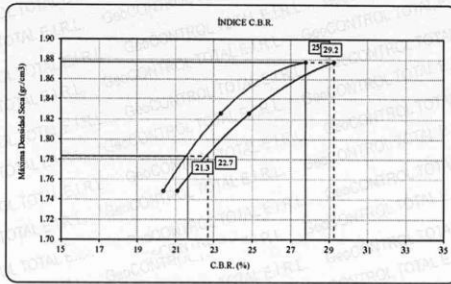
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO,
 CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

Material	: MP + 30% CC + 30% CR	Profundidad:	--- m
Procedencia	: CALICATA - 01	Progresiva:	---
N° de Muestra	: M - 03		

Máxima Densidad Seca : 1.875 gr./cm³ Óptimo Contenido de Humedad : 10.3 %
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.781 gr./cm³

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



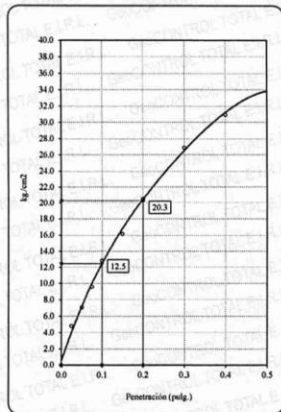
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	25.1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	21.3 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"	29.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"	22.7 %

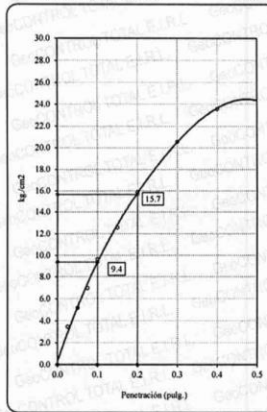
RESULTADOS

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.	25.1 %
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.	21.3 %
VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA	0.46

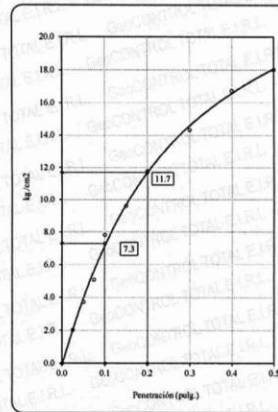
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 25.1 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 13.4 %



C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 10.4 %



OBSERVACIONES:

* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
 * ---
 * ---

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 571568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028317

INFORME DE ENSAYO
LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

GCT - ELC - 1323

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25

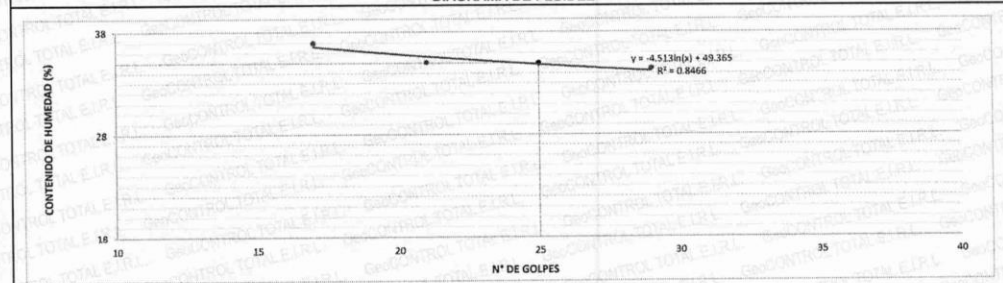
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN :	MP + 10% CANTERA CERRO + 10% CANTERA RIO	PROFUNDIDAD :	0.00-1.50 m
MATERIAL :	PROPIO	ESPESOR :	---
ENSAYO :	C - 01	NIVEL FREÁTICO :	---
MUESTRA :	M-01	T. M. VISUAL :	Nº4

LÍMITE LÍQUIDO					RESULTADOS	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Nº Tara	ID	41	142	14	LL (%)	35
Masa Tara + suelo húmedo	(g)	30.26	30.03	30.21	LP (%)	21
Masa Tara + suelo seco	(g)	26.19	25.91	25.94	IP (%)	14
Masa del agua	(g)	4.07	4.12	4.27		
Masa de la tara	(g)	14.36	14.15	14.38		
Masa del suelo seco	(g)	11.83	11.76	11.56		
Contenido de humedad	(%)	34.40	35.03	36.94		
Número de golpes		29	21	17		

LÍMITE PLÁSTICO					LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			DESCRIPCIÓN	
Nº Tara	ID	T-45	T-21		LL :	LÍMITE LÍQUIDO
Masa Tara + suelo húmedo	(g.)	20.87	19.54		LP :	LÍMITE PLÁSTICO
Masa Tara + suelo seco	(g.)	18.06	16.95		IP :	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Masa de la tara	(g.)	5.05	5.11			
Masa del agua	(g.)	2.81	2.59			
Masa del suelo seco	(g.)	13.01	11.84			
Contenido de humedad	(%)	21.60	21.88			

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1	MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.
2	EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.
3	EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.
4	EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTÍCULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.
5	EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.
6	PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO.
7	PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.
8	EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACION DEL ENSAYO.
9	---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ronald Husein Aracayo Ramos
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131460

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028324

INFORME DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

GCT - ELC - 1324

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25

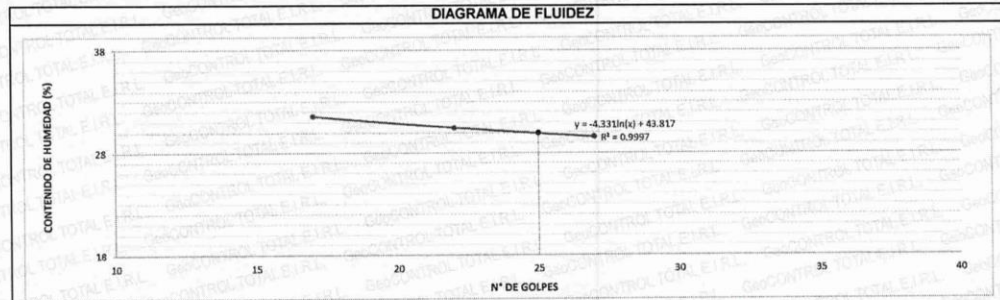
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION :	MP + 20% CANTERA CERRO + 20% CANTERA RIO	PROFUNDIDAD :	0.00-1.50 m
MATERIAL :	PROPIO	ESPESOR :	---
ENSAYO :	C - 01	NIVEL FREATICO :	---
MUESTRA :	M-02	T. M. VISUAL :	Nº4

LÍMITE LIQUIDO					RESULTADOS	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Nº Tara	ID	45	65	41	LL (%)	32
Masa Tara + suelo húmedo	(g)	29.15	28.14	28.45	LP (%)	20
Masa Tara + suelo seco	(g)	25.71	24.88	25.02	IP (%)	12
Masa del agua	(g)	3.44	3.26	3.43		
Masa de la tara	(g)	14.07	14.16	14.15		
Masa del suelo seco	(g)	11.64	10.72	10.87		
Contenido de humedad	(%)	29.55	30.41	31.55		
Número de golpes		27	22	17		

LÍMITE PLÁSTICO					LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			DESCRIPCIÓN	
Nº Tara	ID	45	541		LL :	LÍMITE LIQUIDO
Masa Tara + suelo húmedo	(g.)	19.45	19.98		LP :	LÍMITE PLÁSTICO
Masa Tara + suelo seco	(g.)	17.02	17.45		IP :	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Masa de la tara	(g.)	5.15	5.11			
Masa del agua	(g.)	2.43	2.53			
Masa del suelo seco	(g.)	11.87	12.34			
Contenido de humedad	(%)	20.47	20.50			

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1	MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.
2	EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.
3	EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.
4	EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.
5	EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.
6	PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO.
7	PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.
8	EL COEFICIENTE DE DETERMINACION (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACION DEL ENSAYO.
9	---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Rosa Lucía
 Ing. Rosalinda Quintanilla
 CIP: 131489

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328598 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028315

INFORME DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

GCT - ELC - 1325

pagina 1 de 1

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CANTERAS DE CERRO Y LECHO DE RIO, CARRETERA LAMPA - PALCA, PUNO, 2023.
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA
SOLICITANTE : BACH. RONALD HUSEIN ARACAYO RAMOS
F. INGRESO : 2023-07-18
F. EMISIÓN : 2023-07-25

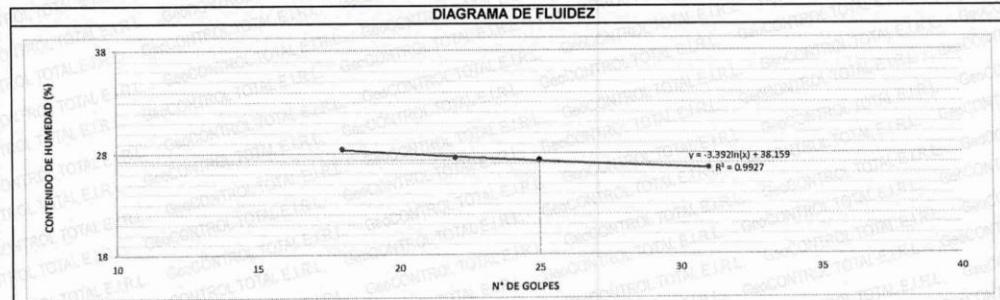
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION :	MP + 30% CANTERA CERRO + 30% CANTERA RIO	PROFUNDIDAD :	0.00-1.50 m
MATERIAL :	PROPIO	ESPESOR :	---
ENSAYO :	C - 01	NIVEL FREATICO :	---
MUESTRA :	M-03	T. M. VISUAL :	Nº4

LÍMITE LIQUIDO					RESULTADOS	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Nº Tara	ID	124	954	21	LL (%)	27
Masa Tara + suelo húmedo	(g)	30.12	29.75	29.41	LP (%)	20
Masa Tara + suelo seco	(g)	26.77	26.36	26.08	IP (%)	7
Masa del agua	(g)	3.35	3.39	3.33		
Masa de la tara	(g)	14.15	14.07	14.36		
Masa del suelo seco	(g)	12.62	12.29	11.72		
Contenido de humedad	(%)	26.55	27.58	28.41		
Número de golpes		31	22	18		

LÍMITE PLÁSTICO					LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS			DESCRIPCIÓN	
Nº Tara	ID	21	36		LL :	LÍMITE LIQUIDO
Masa Tara + suelo húmedo	(g.)	21.12	22.12		LP :	LÍMITE PLÁSTICO
Masa Tara + suelo seco	(g.)	19.15	19.98		IP :	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
Masa de la tara	(g.)	9.21	9.45			
Masa del agua	(g.)	1.97	2.14			
Masa del suelo seco	(g.)	9.94	10.53			
Contenido de humedad	(%)	19.82	20.32			

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1	MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.
2	EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.
3	EL ESPÉCIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.
4	EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.
5	EL ESPÉCIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.
6	PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO.
7	PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.
8	EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACION DEL ENSAYO.
9	---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

028316