



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA  
CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO  
UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL  
DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ

**Línea de investigación:**  
**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor**

Mamani Salcedo, Jaime Alberto

**Asesor**

Benites Zuñiga, Jose Luis

ORCID: 0000-0003-4459-494X

**Jurado**

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Arevalo Vidal, Samir Augusto

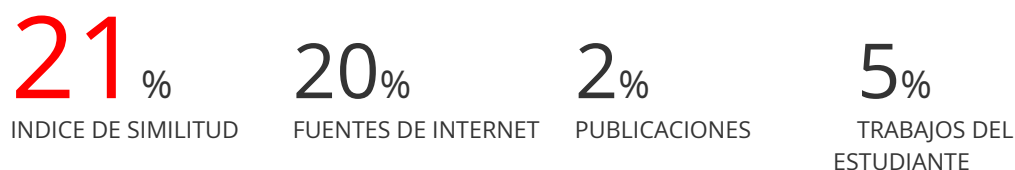
Vera Antialon, Arturo Jorge

**Lima - Perú**

**2026**

# MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	9%
2	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://files.core.ac.uk">files.core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="https://www.tcpavements.cl">www.tcpavements.cl</a> Fuente de Internet	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS  
PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO  
TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS  
MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

**Línea de investigación:**

Desarrollo Urbano – Rural, Catastro, Prevención de Riesgos, Hidráulica y Geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Mamani Salcedo, Jaime Alberto

**Asesor:**

Benites Zuñiga, Jose Luis

ORCID: 0000-0003-4459-494X

**Jurado:**

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Arevalo Vidal, Samir Augusto

Vera Antialon, Arturo Jorge

Lima – Perú

2026

### **Dedicatoria**

A mis padres, por siempre enseñarme a seguir adelante, por ser siempre mi apoyo y ejemplos de superación. A mis hermanos quienes siempre confiaron en mí. A Biancesca Saporito, a quien amo y quien siempre me ayuda a conseguir mis metas y ha estado conmigo en mis peores momentos.

A mi familia que siempre está conmigo y me enseña a ser mejor persona.

### **Agradecimiento**

A Dios todo poderoso por dame la vida y darme la dicha de cumplir mis sueños.

A mi padre, quien siempre está conmigo y ser mi héroe.

A mi madre y hermanos quien siempre están pendientes de mí. A Bianesca Saporito, por creer siempre en mí.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> -----	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> -----	<b>9</b>
1.1 Descripción y formulación del problema -----	11
1.1.1 Problema general -----	12
1.1.2 Problemas específicos -----	12
1.2 Antecedentes -----	13
1.2.1 En el ámbito internacional -----	13
1.2.2 En el ámbito nacional -----	14
1.3 Objetivos -----	15
1.3.1 Objetivo general -----	15
1.3.2 Objetivos específicos -----	15
1.4 Justificación -----	16
1.5 Hipótesis -----	17
1.5.1 Hipótesis general -----	17
1.5.2 Hipótesis específicas -----	17
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> -----	<b>18</b>
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación -----	18
2.1.1 Carreteras pavimentadas -----	18
2.1.2 Carreteras no pavimentadas -----	18
2.1.3 Baches -----	18
2.2. Soluciones del mantenimiento de afirmados -----	19
2.2.1 Subrasante -----	19
2.2.2 Base -----	19
2.4 Propiedades físicas del suelo -----	21
2.5 Definición de términos básicos -----	23
<b>III. MÉTODO</b> -----	<b>25</b>
3.1 Tipo de investigación -----	25
3.2 Ámbito temporal y espacial -----	26
3.3 Variables -----	26
3.4. Población y muestra -----	26
3.5 Instrumentos -----	27
3.6 Procedimientos -----	27
3.7 Análisis de datos -----	27

3.8 Consideraciones éticas-----	28
IV. RESULTADOS-----	29
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS-----	40
VI. CONCLUSIONES-----	45
VII. RECOMENDACIONES-----	47
VIII. REFERENCIAS-----	48
IX. ANEXOS-----	50

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Curva granulométrica de la cantera Arunta-----	<b>30</b>
Figura 2 Curva granulométrica de la cantera Miculla-----	<b>30</b>
Figura 3 Ensayo de proctor modificado de la muestra 5 de la cantera Arunta-----	<b>35</b>
Figura 4 Ensayo de proctor modificado de la muestra 5 de la cantera Miculla-----	<b>35</b>
Figura 5 Ensayo de CBR de la muestra 5 de la cantera Arunta-----	<b>37</b>
Figura 6 Ensayo de CBR de la muestra 5 de la cantera Miculla-----	<b>37</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1	<i>Técnicas de recopilación de información de la situación actual</i> .....	29
Tabla 2	<i>Ensayo de abrasión del material de la cantera Arunta</i> .....	32
Tabla 3	<i>Ensayo de abrasión del material de la cantera Miculla</i> .....	32
Tabla 4	<i>Límites de Atterberg de la cantera Arunta</i> .....	33
Tabla 5	<i>Límites de Atterberg de la cantera Miculla</i> .....	34
Tabla 6	<i>Ensayos de proctor modificado de las canteras Arunta y Miculla</i> .....	36
Tabla 7	<i>Resultados de ensayos CBR de la cantera Arunta</i> .....	38
Tabla 8	<i>Resultados de ensayos CBR de la cantera Miculla</i> .....	38

## RESUMEN

**Objetivo:** Detallar la mezcla de suelos en porcentajes adecuados de las canteras ubicadas en el departamento de Tacna para obtener los afirmados para conformar subrasantes de caminos rurales con bajo tránsito que cumplan con los parámetros del manual de carreteras del MTC2013 y el CE010 o que se incrementen los valores referenciales de los parámetros de calidad propuestos por los manuales detallados líneas arriba. **Método:** este tipo de investigación es aplicada, se enfoca en la aplicación de conocimientos científicos y técnicos existentes para resolver un problema práctico específico, el diseño de investigación cuasi-experimental la investigación involucra la selección de áreas o tramos de caminos rurales en Tacna donde se aplicará la técnica de mezcla de suelos con agregados de cantera. **Resultados:** En esta investigación se evaluaron mezclas con 20–40 % de árido de cantera, observándose que a 30 % de grava se logra un CBR promedio de 9,5 % y un grado de compactación de 97 %, cumpliendo los parámetros de referencia e incluso superando ligeramente los mínimos del Manual MTC-2013. **Conclusiones:** Se detallo la mezcla de suelos en porcentajes adecuados de las canteras ubicadas en el departamento de Tacna el cual se obtuvo los afirmados para conformar subrasantes de caminos rurales con bajo tránsito, De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible detallar mezclas de suelos con áridos de cantera en proporciones adecuadas (aprox. 30 %) que permitan conformar subrasantes para caminos rurales de bajo tránsito, cumpliendo e incluso superando los parámetros de calidad estipulados en el Manual de Carreteras MTC-2013 y el CE-010.

*Palabras clave:* mezcla, canteras, caminos rurales, tránsito.

## ABSTRACT

**Objective:** To detail the soil mixture in adequate percentages of the quarries located in the department of Tacna to obtain the affirmations to form subgrades of rural roads with low traffic that comply with the parameters of the MTC2013 highway manual and the CE010 or that increase the reference values of the quality parameters proposed by the manuals detailed above.

**Method:** This type of research is applied, it focuses on the application of existing scientific and technical knowledge to solve a specific practical problem, the quasi-experimental research design involves the selection of areas or sections of rural roads in Tacna where the technique of mixing soils with quarry aggregates will be applied. **Results:** In this research, mixtures with 20–40% quarry aggregate were evaluated, observing that at 30% gravel an average CBR of 9.5% and a compaction degree of 97% are achieved, meeting the reference parameters and even slightly exceeding the minimums of the MTC-2013 Manual. **Conclusions:** The soil mixture in adequate percentages of the quarries located in the department of Tacna was detailed, from which the affirmations were obtained to form subgrades of rural roads with low traffic. According to the results obtained, it is possible to detail mixtures of soils with quarry aggregates in adequate proportions (approx. 30%) that allow forming subgrades for low-traffic rural roads, meeting and even exceeding the quality parameters stipulated in the MTC 2013 Road Manual and CE 010.

*Keywords:* mixture, quarries, rural roads, traffic.

## I. INTRODUCCIÓN

Debido a que la geomorfología y la geología de la ciudad de Tacna difieren de las de otros departamentos, los parámetros vigentes para la calidad de los afirmados resultan inapropiados. Esta situación se explica por la diversidad de tipos de suelo y rangos altitudinales entre regiones, con áreas que alcanzan los 4000 m s. n. m. y otras localizadas en las inmediaciones de volcanes, lo cual influye directamente en las características del material que conforma el suelo (Tejada et al., 2009).

La accesibilidad a poblados menores se da utilizando caminos rurales no pavimentados o conformados a nivel de subrasantes para 18 mil habitantes y éstas subrasantes para uso rural no tiene superficie de rodadura adecuada, lo que obliga a que tengan mayor mantenimiento, con el fin de prevenir inconvenientes como la pérdida de pendientes transversales o la formación de surcos por erosión, lo que se produce es la pérdida de serviciabilidad por deterioro del afirmado, en desmedro también de la vida útil y del costo que implica ésta baja del beneficio que debería tener la población por este problema.

Las vías no pavimentadas son las que presentan un mayor nivel de afectación, ya que, al carecer de una carpeta asfáltica, el agua de lluvia entra en contacto directo con el suelo. Esta condición incrementa su contenido de humedad, modifica su grado de compactación y disminuye su durabilidad. Como consecuencia, se generan deterioros como baches producidos por el estancamiento de agua durante periodos húmedos, así como ahuellamientos que comprometen la estabilidad del afirmado y provocan la pérdida de pendientes transversales. En la región de Tacna se registran temporadas de precipitaciones intensas que impactan negativamente en las vías terrestres y diversas estructuras. En el año 2020, se alcanzó un récord histórico de lluvias, ocasionando el colapso de viviendas, inundaciones en las calles y deslizamientos de suelo debido a la saturación excesiva provocada por las precipitaciones (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2020).

En los últimos años se han realizado diversos estudios enfocados en mejorar la calidad de los afirmados. En ese sentido, se analizó el acondicionamiento del material de afirmado procedente de la cantera Esmeralda mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y residuos de escombros reciclados, evidenciándose un incremento en las propiedades físico-mecánicas del suelo. Asimismo, se concluyó que la variación en las proporciones de ceniza y material reciclado no genera efectos negativos adicionales sobre dichas propiedades (Carvajal et al., 2018). Por otro lado, en la UPT se llevó a cabo un estudio sobre el comportamiento mecánico del afirmado al incorporar fibras sintéticas en la región de Puno, evidenciándose una reducción en los parámetros de diseño, como el espesor del afirmado. Además, se observó que el aumento en la dosificación de fibras influye en los valores del CBR, modificando las propiedades mecánicas del material (Mamani y Velarde, 2019).

Con el propósito de atender esta problemática, se analizarán las propiedades físico-químicas y mecánicas de los materiales destinados a afirmados provenientes de diversas canteras del departamento de Tacna, entre ellas Arunta, Cerro Blanco, Hospicio, Morán y Miculla. En caso de que el material de una sola cantera no cumpla con los requisitos establecidos, se considerará la combinación de dos o más fuentes en proporciones específicas, a fin de alcanzar la calidad requerida. Este procedimiento permitirá la aplicación de los parámetros de calidad para afirmados en caminos rurales a nivel de subrasante, conforme a lo establecido en el Manual de Carreteras (MC) EG-2013, con el objetivo de incrementar la durabilidad y la serviciabilidad de las vías, así como de minimizar la aparición de ahuellamientos, ondulaciones y la pérdida de pendientes transversales.

### **1.1 Descripción y formulación del problema**

En la actualidad la ciudad de Tacna la subrasante de los caminos rurales afecta severamente dado que en esta ciudad las lluvias son intensas afectando a las vías terrestres y estructuras. La lluvia entra en contacto directo con el suelo, modificando su contenido de

humedad, deteriorando la estructura del suelo y disminuyendo su durabilidad, ya que un mayor grado de humedad favorece la aparición de patologías como los baches, originados por el estancamiento del agua. Por ello se busca mejorar la subrasante con los agregados de las canteras para los caminos rurales utilizando parámetros del MC del MTC 2013 y CE 010 en el departamento de Tacna.

### ***1.1.1 Problema general***

¿Cómo podemos establecer la fórmula de diseño de mezcla de suelos con agregados de cantera que cumplan con los requisitos de gradación y calidad para subrasantes de vías terrestres utilizado en caminos rurales de bajo tránsito de acuerdo con la normatividad del MC?

### ***1.1.2 Problemas específicos***

¿Cómo evaluar el material de canteras para establecer la fórmula para obtener material para ser utilizado en la conformación de subrasantes de caminos rurales que cumplan con las serviciabilidades de acuerdo con normatividades del MTC2013 y el CE010?

¿De qué manera se determinan los límites de plasticidad, limite liquido (LL), limite plástico (LP)? el valor del índice de plasticidad de la mezcla del material logrado de los afirmados de las canteras que han sido modificados por mezcla de suelos para aplicarlos correctamente en la construcción de subrasantes de acuerdo con la normatividad MTC2013 y CE010?

¿Qué metodología se puede utilizar para evaluar el valor del desgaste del agregado grueso obtenido de canteras del departamento de Tacna que cumplan con los valores referenciales especificados por la normatividad del MTC y CE010?

¿Cómo se determina el valor de máxima densidad seca (MDS), optimo contenido de humedad el índice de Relación de Soporte de California de la mezcla de los materiales de

afirmados modificados (CBR al 95% de la MDS) obtenidos de canteras del departamento de Tacna para conformar y compactar adecuadamente subrasantes de canteras del departamento de Tacna obtenidos por fórmula de mezclado?

## **1.2 Antecedentes**

### ***1.2.1 En el ámbito internacional***

Según González (2021) en su artículo “Optimización de la subrasante de carreteras utilizando agregados de cantera en el sur de México”. Su propósito consistió en analizar la influencia de distintos tipos de agregados provenientes de canteras sobre el desempeño mecánico y la durabilidad de la subrasante en carreteras del sur de México. En los resultados del estudio reveló que los agregados de cantera con características específicas, como alta resistencia a la compresión y buena granulometría, mejoraron significativamente la capacidad de carga de la subrasante. Los resultados mostraron una reducción en la deformación y un aumento en la vida útil de la carretera. Concluyó que los agregados de cantera adecuados son efectivos para mejorar las propiedades de la subrasante, lo que se traduce en una mayor durabilidad y menores costos de mantenimiento para carreteras rurales. Se recomienda su implementación en la región para optimizar las infraestructuras viales.

Según Pérez (2020) en su artículo “Evaluación del uso de agregados de cantera para el mejoramiento de la subrasante en el Altiplano Boliviano”. Su objetivo era analizar el impacto del uso de agregados de cantera en la mejora de la subrasante de carreteras en el Altiplano Boliviano, enfocado en las propiedades mecánicas y la estabilidad. En los resultados del estudio el uso de agregados de cantera mostró una mejora notable en la capacidad de soporte y en la resistencia a la deformación de la subrasante. Los agregados con buena angularidad y resistencia aumentaron la estabilidad y redujeron la necesidad de mantenimiento frecuente. Llegando a concluir que los resultados sugieren que los agregados de cantera son una solución viable para mejorar la subrasante en áreas con condiciones geotécnicas desafiantes. La

implementación de estos materiales puede contribuir a la sostenibilidad y eficacia de las infraestructuras viales en el Altiplano.

### ***1.2.2 En el ámbito nacional***

Según Martínez (2023) en su artículo “Impacto del mejoramiento de la subrasante con agregados de cantera en carreteras de la región Andina”. Su objetivo era investigar cómo el uso de agregados de cantera afecta la mejora de la subrasante en carreteras de la región Andina, con un enfoque en la estabilidad estructural y la reducción de costos. En los resultados del estudio demostró que los agregados de cantera proporcionaron una mejora significativa en la capacidad de carga y la estabilidad de la subrasante. La inclusión de agregados con características físicas específicas redujo el riesgo de fallos en la subrasante y prolongó la vida útil del pavimento. Concluyo que la incorporación de agregados de cantera en la subrasante de carreteras de la región Andina resulta en una solución efectiva para mejorar la infraestructura vial. Los beneficios incluyen mayor durabilidad y reducción de costos operativos y de mantenimiento.

Según Gómez (2021) en su artículo “Estudio del impacto de agregados de cantera en la subrasante de carreteras de montaña en el Perú”. Su objetivo era evaluar cómo los diferentes tipos de agregados de cantera afectan las propiedades de la subrasante en carreteras de montaña en el Perú, con el objetivo de mejorar la estabilidad y la vida útil del pavimento. En los resultados del estudio se evidenció que los agregados de cantera con características específicas, como alta resistencia al desgaste y adecuada granulometría, mejoraron notablemente la estabilidad y redujeron las deformaciones en la subrasante de las carreteras de montaña. Concluyo que la utilización de agregados de cantera adecuados es crucial para mejorar las propiedades de la subrasante en carreteras de montaña, contribuyendo a una mayor durabilidad y seguridad en estas condiciones geográficas desafiantes. Se sugiere su aplicación en el diseño y construcción de carreteras en áreas montañosas.

Según Mendoza (2019) en su artículo “Uso de agregados de cantera para el mejoramiento de subrasantes en zonas de alta sismicidad del Perú”. Su objetivo era analizar el efecto del uso de agregados de cantera en la mejora de la subrasante en zonas de alta sismicidad del Perú, enfocándose en la resistencia sísmica y la estabilidad del pavimento. En los resultados del estudio se mostró que los agregados de cantera con buena forma angular y alta resistencia a la compresión proporcionaron una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante, así como en la estabilidad frente a cargas sísmicas. Concluyo que los agregados de cantera son efectivos para mejorar la subrasante en áreas de alta sismicidad, ofreciendo una mayor estabilidad y resistencia. Se recomienda su uso en el diseño de carreteras en regiones sísmicas para asegurar la durabilidad y seguridad de las infraestructuras.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Detallar la mezcla de suelos en porcentajes adecuados de las canteras ubicadas en el departamento de Tacna para obtener los afirmados para conformar subrasantes de caminos rurales con bajo tránsito que cumplan con los parámetros del MC del MTC2013 y el CE010 o que se incrementen los valores referenciales de los parámetros de calidad propuestos por los manuales detallados líneas arriba.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Identificar y seleccionar canteras de alta calidad para obtener materiales adecuados para subrasantes de caminos rurales, que brinden serviciabilidad adecuada durante su vida útil y tengan costos de mantenimiento razonables.
- Determinar el valor de desgaste del agregado grueso de la mezcla de los materiales obtenidos de afirmados modificados y que estén de acuerdo con las especificaciones.

- Determinar los límites de plasticidad, límite líquido (LL), límite plástico (LP). el valor del índice de plasticidad de la mezcla del material logrado de los afirmados de las canteras que han sido modificados por mezcla de suelos.
- Determinar el valor de máxima densidad seca (MDS), óptimo contenido de humedad el índice de Relación de Soporte de California de la mezcla de los materiales de afirmados modificados (CBR al 95% de la MDS).

#### **1.4 Justificación**

El tema seleccionado para la presente tesis se justifica por la necesidad apremiante de optimizar la infraestructura vial rural en regiones con limitaciones económicas, condiciones geográficas complejas y recursos materiales limitados, como es el caso de Tacna. La construcción de subrasantes eficientes y duraderos es fundamental para garantizar la conectividad, el acceso a servicios básicos y el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales. Esta investigación busca optimizar el uso de materiales locales, específicamente agregados de cantera, combinándolos adecuadamente con suelos existentes para formar mezclas que cumplan con los estándares técnicos establecidos por el MTC 2013 y la norma CE 010. La importancia del estudio radica en su contribución a la sostenibilidad, al proponer soluciones viables y de bajo costo que reduzcan el mantenimiento a largo plazo, mejoren la calidad de las vías rurales y promuevan la aplicación de tecnologías adaptadas al contexto local, fortaleciendo así la planificación y ejecución de proyectos viales en zonas con bajo tránsito.

La presente investigación es de gran importancia porque busca aportar soluciones técnicas y económicas para la construcción de subrasantes en caminos rurales de bajo tránsito en el departamento de Tacna, una región con necesidades significativas de mejora en su infraestructura vial. Al utilizar mezclas de suelos con agregados provenientes de canteras locales, se promueve el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles, reduciendo costos y tiempos de ejecución. Además, el estudio se desarrolla bajo los parámetros

establecidos por el MC MTC 2013 y la norma CE 010, lo que garantiza la aplicabilidad y validez técnica de los resultados. Esta investigación no solo contribuye a mejorar la durabilidad y capacidad estructural de los caminos rurales, sino que también fortalece la conectividad territorial, el acceso a servicios básicos y el desarrollo económico en comunidades aisladas, promoviendo una infraestructura vial más sostenible y adaptada al contexto regional.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipótesis general***

Obteniendo la fórmula adecuada para ser utilizada en la mezcla de afirmados obtenidos de canteras del departamento de Tacna se podrá obtener material de préstamo para conformar subrasantes de caminos rurales con calidad, resistencia y serviciabilidad adecuada según el manual MTC y la normatividad del CE010.

### ***1.5.2 Hipótesis específicas***

- Existen canteras que cumplen con los estándares de calidad, pero no aportan la cantidad adecuada para la conformación de la vía.
- Si los valores de plasticidad del material modificado están dentro de los parámetros propuestos por el MC MTC EG-2013 entonces se podrán realizar conformaciones de vía terrestre adecuados.
- Si los valores de desgaste de los agregados gruesos del material modificado obtenidos utilizando la máquina de Los Ángeles están dentro de los parámetros propuestos por el MC MTC EG-2013 entonces se podrá conformar caminos de alta serviciabilidad de acuerdo con la Norma MTC 2013.
- Los valores de CBR del material modificado estarán dentro de los parámetros propuestos por el MC MTC EG-2013 para lograr serviciabilidades adecuadas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1 Carreteras pavimentadas

Según Medina y Motta (2006) señala que los pavimentos son vías de comunicación entre locaciones con ubicaciones distintas, estas vías están conformados por una o más capas de material previamente estudiados para brindar un mayor servicio de calidad para el tránsito de personas y vehículos a lo largo de la vida útil del pavimento. Los pavimentos cumplen la función de transferir las cargas recibidas a las capas inferiores del mismo durante el tiempo de vida útil con el que fue diseñado.

#### 2.1.2 Carreteras no pavimentadas

De acuerdo con la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF, 2015), se trata de vías que, en lugar de disponer de una capa de rodadura de asfalto o concreto, cuentan con material granular previamente gradado o tratado superficialmente, estos caminos suelen ser para vías de bajo tránsito que no contarán con más de 300veh/día. Se debe tener un control riguroso sobre este tipo de vías debido a que pueden generar polvo, lo cual es perjudicial para la salud de las personas, sin embargo, el nivel de severidad de polvo que cada vía produce es muy variable debido a que estas vías se ubican en diferentes zonas, principalmente el clima de la zona, lluvias, fuertes vientos, altas temperaturas, estos son algunos de los factores que afectarán a la generación de polvo.

#### 2.1.3 Baches

Según la DGCF (2015), estos procesos se presentan principalmente durante las temporadas húmedas, caracterizadas por precipitaciones pluviales intensas, las cuales penetran en las deformaciones e irregularidades de la vía, incrementando su vulnerabilidad frente a posibles fallas, como la formación de huecos donde se acumula el agua de lluvia.

## **2.2. Soluciones del mantenimiento de afirmados**

Según la DGCF (2015) Entre los principales problemas existen soluciones básicas para realizar con vehículos liviano y pesados entre ellos están reconformación de la Sub Rasante, con ayuda de una motoniveladora, un rodillo y una cisterna. Tratamiento con escoba metálica, servirá para remover todas las partículas finas en la superficie de la vía, tratamiento con rastras de llantas. Control de polvos, existen algunos productos para evitar el levantamiento de polvo cuando existe tránsito vehicular

### **2.2.1 Subrasante**

Según Gonzales y García (2015) Se refiere al terreno natural o a una capa de suelo compactado sobre la cual se construye el pavimento. Su capacidad de soporte y sus características físicas influyen directamente en la estructura del pavimento, ya que distribuye las cargas y asegura la estabilidad de las capas superiores. La adecuada preparación y evaluación de la subrasante son fundamentales para prevenir deformaciones y fallos en el pavimento.

### **2.2.2 Base**

De acuerdo con el Diccionario de la Construcción (2019), se trata de la capa de suelo ubicada por debajo del pavimento, sobre la subbase y la explanada, cuya función principal es estructural, ya que sostiene al pavimento y absorbe la mayor parte de las cargas verticales.

## **2.3 Clasificación de la subrasante según su CBR**

La capacidad portante de la subrasante constituye un elemento clave en el diseño de la estructura del pavimento o del afirmado. De acuerdo con el MC: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013), la calidad de la subrasante se clasifica en función de su resistencia mecánica, evaluada principalmente mediante el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés).

Esta categorización permite definir el espesor de las capas superiores del pavimento, así como identificar la necesidad de eventuales procesos de mejoramiento o estabilización. El MTC establece las siguientes categorías para la subrasante en función de los valores de CBR determinados al 95 % de la MDS:

Subrasante Inadecuada (S0): CBR < 3%

Son suelos extremadamente blandos, muy compresibles o con materia orgánica, que no tienen la capacidad de soportar cargas vehiculares. En estos casos, el manual recomienda realizar un mejoramiento del suelo (reemplazo, estabilización química o mecánica) o elevar la rasante con un terraplén para evitar apoyar la vía directamente sobre este material.

Subrasante Pobre (S1): CBR entre 3% y 6%

Corresponde a suelos finos con baja capacidad portante. Aunque pueden soportar cargas ligeras, requieren espesores considerables de pavimento o capas de refuerzo (subbases) para evitar deformaciones excesivas. A menudo requieren una capa de material de préstamo seleccionado (mejoramiento) antes de colocar el afirmado o estructura del pavimento.

Subrasante Regular (S2): CBR entre 6% y 10%

Son suelos que ofrecen un soporte aceptable para vías de bajo volumen de tránsito. Generalmente, no requieren estabilización compleja, pero sí un control estricto de la compactación y el drenaje para mantener sus propiedades mecánicas ante la presencia de agua.

Subrasante Buena (S3): CBR entre 10% y 20%

Estos suelos poseen buenas características de resistencia y drenaje. Son ideales para la conformación de explanaciones, permitiendo optimizar los espesores de las capas granulares del pavimento (base y subbase), lo que resulta en un diseño más económico.

Subrasante Muy Buena (S4): CBR entre 20% y 30%.

Materiales de excelente calidad, usualmente suelos granulares con pocos finos plásticos. Su alta resistencia garantiza una plataforma estable y duradera, minimizando el riesgo de fallas por asentamientos o ahuellamientos.

Subrasante Extraordinaria (S5):  $CBR > 30\%$

Suelos de calidad superior, similares a los requeridos para una subbase granular. En caminos rurales o de bajo tránsito, la presencia de una subrasante de esta categoría podría permitir la colocación directa de una capa de rodadura o un afirmado de menor espesor, siempre que se cumplan las especificaciones de regularidad superficial.

## **2.4 Propiedades físicas del suelo**

Para comprender el comportamiento de los materiales utilizados en la mezcla de suelos y conformación de subrasantes, es fundamental definir sus propiedades físicas básicas, las cuales derivan de las relaciones entre las tres fases que componen el suelo: fase sólida (partículas minerales), fase líquida (agua) y fase gaseosa (aire).

### **2.4.1. Granulometría**

Se refiere a la distribución porcentual de los diferentes tamaños de partículas que integran el suelo, determinada mediante ensayos de tamizado para las fracciones gruesas (grava y arena) y por métodos de sedimentación para las fracciones finas (limos y arcillas). (Das, 2016)

### **2.4.2. Plasticidad y límites de Atterberg**

La plasticidad se define como la capacidad de los suelos finos para deformarse sin fracturarse ante la aplicación de una fuerza externa y conservar dicha deformación una vez retirada. Los límites de Atterberg establecen los rangos de contenido de humedad en los cuales el suelo experimenta cambios de estado. (Das, 2016)

- **Límite Líquido (LL):** Es el nivel de contenido de humedad a partir del cual el suelo adquiere un comportamiento plástico; cuando dicho contenido es superado, el material pasa a comportarse como un fluido de carácter viscoso. (Das, 2016)

- **Límite Plástico (LP):** Contenido de humedad mínimo en el que el suelo puede ser deformado plásticamente (se puede formar cilindros de 3 mm de diámetro sin agrietarse). Por debajo de este límite, el suelo se vuelve semisólido y quebradizo. (Das, 2016)

- **Índice de Plasticidad (IP):** Se define como la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico ( $IP = LL - LP$ ), y representa el rango de contenido de humedad en el cual el suelo se mantiene en estado plástico. Un IP alto indica un suelo muy arcilloso y potencialmente expansivo, lo cual es indeseable para subrasantes y afirmados debido a su inestabilidad volumétrica ante cambios de humedad. (Das, 2016)

#### 2.4.3. Contenido de humedad ( $w$ )

Se define como la relación porcentual entre el peso del agua contenida en los poros del suelo y el peso de las partículas sólidas secas. (Das, 2016)

- **Relevancia en la compactación:** Existe un contenido de humedad específico, llamado "Humedad Óptima", con el cual se logra la MDS del suelo mediante un esfuerzo de compactación determinado (Ensayo Proctor). Trabajar con humedades muy lejanas a la óptima dificulta alcanzar el grado de compactación exigido por las normas. (Das, 2016)

#### 2.4.4. Densidad y peso específico

- **Densidad seca:** Es la relación entre el peso de los sólidos y el volumen total del suelo, y se considera el principal indicador de la calidad de la compactación en obra; a mayor densidad seca, se obtiene una mayor resistencia y una menor compresibilidad. (Das, 2014)

- **Gravedad específica de los sólidos:** Es la relación entre el peso de los sólidos del suelo y el peso de un volumen igual de agua destilada a 4°C. Este valor es necesario para calcular otras relaciones volumétricas como la relación de vacíos y la porosidad. (Das, 2016)

## 2.5 Definición de términos básicos

Para los fines de esta investigación, se definen los siguientes términos técnicos empleados recurrentemente en el diseño y construcción de caminos rurales:

- **Afirmado:** Capa conformada por material granular seleccionado, ya sea natural o procesado, que se dispone sobre la subrasante previamente acondicionada. Su función es soportar las cargas del tránsito y transmitir los esfuerzos al terreno de fundación, sirviendo además como superficie de rodadura en caminos no pavimentados. Debe lograrse una compactación equivalente al 100 % de la MDS establecida a partir del ensayo Proctor Modificado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

- **Calicata:** Excavación exploratoria realizada manualmente o con maquinaria, que permite la inspección directa del suelo in situ, la toma de muestras (disturbadas o inalteradas) y la identificación del perfil estratigráfico del terreno de fundación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

- **Cantera:** Depósito natural superficial o subterráneo del cual se extraen materiales (agregados pétreos, hormigón de río, suelos seleccionados) necesarios para la construcción, rehabilitación o mantenimiento de las obras viales. Las canteras deben contar con estudios que certifiquen su potencia (volumen disponible) y calidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

- **CBR (California Bearing Ratio):** Ensayo de penetración orientado a determinar la resistencia al corte del suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Se expresa como un porcentaje de la resistencia de una muestra patrón de piedra triturada (que se asume como 100%). Es el parámetro principal para el diseño de pavimentos flexibles y afirmados. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

- **Compactación:** Procedimiento mecánico mediante el cual se disminuye el volumen de vacíos de aire en el suelo, aumentando su densidad y, en consecuencia, su

capacidad portante y estabilidad. Se logra mediante la aplicación de energía (peso estático, vibración o amasado) utilizando maquinaria especializada como rodillos lisos, pata de cabra o neumáticos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

- **Proctor Modificado:** Ensayo de laboratorio, conforme a la Norma ASTM D-1557 o la NTP 339.141, empleado para determinar la MDS y el Contenido Óptimo de Humedad (OCH) de un suelo, aplicando una energía de compactación mayor que la del Proctor Estándar, simulando mejor las condiciones de carga de los equipos modernos de construcción. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

- **Serviciabilidad:** Capacidad del pavimento o afirmado para servir al tipo de tránsito para el cual fue diseñado, proporcionando una superficie de rodadura cómoda y segura para el usuario. Se valora utilizando el Índice de Serviabilidad Presente (PSI) o el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca en un nivel correlacional, dado que analiza las propiedades físico-mecánicas del material mezclado utilizado (Hernández, et al., 2014), en la conformación de afirmados para caminos vecinales, con el propósito de optimizar los parámetros de calidad establecidos en el MC EG-2013 y la norma CE 010. Bajo este enfoque cuantitativo, debido a que se recolecta datos (Hernández, et al., 2014), que buscan identificar la relación entre la calidad de los materiales provenientes de las canteras seleccionadas y los agentes estabilizadores, así como determinar su influencia en el cumplimiento de los criterios normativos vigentes.

Para llevar a cabo este tipo de investigación es aplicada, se enfoca en la aplicación de conocimientos científicos y técnicos existentes para resolver un problema práctico específico. (Hernández, et al., 2014) en este caso, la construcción de subrasantes adecuadas para caminos rurales de bajo tránsito en Tacna.

Diseño de investigación cuasi-experimental dado que la investigación involucra la selección de áreas o tramos (Hernández, et al., 2014) de caminos rurales en Tacna donde se aplicará la técnica de mezcla de suelos con agregados de cantera. Se compararían las propiedades de la subrasante construida con esta técnica con las de subrasantes construidas con métodos tradicionales o con los parámetros establecidos en el MTC 2013 y el CE 010. Debido a la naturaleza de los proyectos de construcción en campo.

Una vez obtenida la información, es necesario llevar a cabo un análisis correlacional que permita identificar la relación entre las variables evaluadas y determinar si estas influyen en el cumplimiento de los parámetros de calidad de los afirmados.

A partir de los resultados derivados de dicho análisis, será posible formular recomendaciones orientadas a optimizar los procesos constructivos, con la finalidad de elevar los parámetros de calidad establecidos en los manuales de carreteras EG-2013 y CE 010.

### **3.2 Ámbito temporal y espacial**

La tesis a desarrollarse se basará en la mezcla de suelos utilizando agregados obtenidos de canteras para construcción de subrasantes de caminos rurales con bajo tránsito utilizando parámetros del MC MTC2013 y CE 010 que se ubica en Tacna.

### **3.3 Variables**

#### ***3.3.1 Variable independiente***

Mezcla de suelos utilizando agregados de canteras

#### ***3.3.2 Variable dependiente***

Construcción de subrasante de caminos rurales

### **3.4. Población y muestra**

#### ***3.4.1 Población***

La población para la presente tesis, el universo poblacional está conformado por las cinco canteras que existen en la ciudad de Tacna, dichas canteras se ubican en cinco distritos los cuales son coronel Gregorio, calana, la yarada, miculla, alto de la alianza. Según Ludeña (2021), en el contexto de la investigación, la población constituye un concepto esencial que alude al conjunto total de elementos —como personas, objetos o eventos— que presentan características comunes y resultan relevantes para un estudio específico.

#### ***3.4.2 Muestra***

La muestra está conformada por ensayos que se realizara a la población de estudio, las cuales serán ensayos esenciales, los ensayos de CBR, ensayos de Proctor Modificado para determinar la humedad optima del material, ensayos para determinar el índice de plasticidad, ensayos para desgaste del material y ensayos de granulometría. Según Hernández et al. (2014)

Una muestra es un subconjunto representativo de una población. Es decir, es una porción más pequeña y manejable de un grupo más grande que se selecciona para estudiar y obtener información sobre ese grupo más amplio. Al analizar la muestra, los investigadores buscan obtener conclusiones generalizables sobre la población completa.

### **3.5 Instrumentos**

Los instrumentos utilizados para el desarrollo de la presente investigación resultaron fundamentales, destacándose los ensayos de laboratorio, el Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Norma Técnica CE 010 de pavimentos urbanos. Según Valderrama (2013) indican que un instrumento de investigación es una herramienta o técnica que se utiliza para recolectar datos en un estudio. Estos instrumentos varían ampliamente dependiendo del tipo de investigación y de las variables que se desean medir. Su diseño y selección son cruciales para la obtención de datos válidos y confiables.

### **3.6 Procedimientos**

Es fundamental determinar el área de estudio; en esta investigación corresponde a los caminos rurales de bajo tránsito del departamento de Tacna. Posteriormente, se seleccionará la muestra, se evaluará la calidad del material proveniente de cada cantera y se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes. Finalmente, los resultados obtenidos serán evaluados y contrastados con los parámetros de calidad establecidos por el MTC en el Manual de Carreteras EG-2013.

### **3.7 Análisis de datos**

Según Valderrama (2013) el análisis de datos constituye un procedimiento sistemático que comprende la recolección, organización, interpretación y presentación de la información, con el propósito de producir conocimiento significativo y responder a las preguntas de

investigación. Para el método de análisis se extrajo cinco muestras de distintas canteras, en etapas posteriores se llevarán a cabo ensayos de laboratorio orientados a comprobar la hipótesis planteada, los cuales, a su vez, se encuentran vinculados con los objetivos de la investigación.

### **3.8 Consideraciones éticas**

La presente investigación se llevará a cabo en concordancia con los principios éticos fundamentales que orientan la actividad científica y técnica, asegurando el uso responsable y sostenible de los recursos naturales, evitando impactos negativos en el entorno ambiental durante la recolección y análisis de materiales, especialmente en lo relacionado con la extracción de agregados de cantera. Asimismo, se respetarán los derechos y costumbres de las comunidades locales del departamento de Tacna, asegurando que cualquier intervención en zonas rurales se realice con consentimiento informado y sin afectar negativamente su entorno social o económico. La información recopilada será tratada con confidencialidad y utilizada exclusivamente con fines académicos. Además, se actuará con integridad, transparencia y rigurosidad técnica en cada etapa del estudio, promoviendo así una investigación responsable que contribuya al desarrollo sostenible y equitativo de la infraestructura vial rural.

#### IV. RESULTADOS

Para el análisis de la situación actual se ha recopilado información actualizada y se emplearán dos técnicas, las cuales están debidamente sustentadas en la tabla correspondiente.

**Tabla 1**

*Técnicas de recopilación de información de la situación actual*

<b>Técnica</b>	<b>Justificación</b>	<b>Manuales / Documentación</b>	<b>Procedimiento</b>
Observación	La aplicación de esta técnica permitirá elaborar conclusiones fundamentadas a partir de los resultados obtenidos durante la ejecución de los ensayos.	Revisión de ensayos de laboratorio pertinentes a las técnicas a utilizar	Comparación de resultados de ensayos
Análisis de Documentos	Mediante el análisis de la documentación requerida para verificar la calidad del suelo de afirmado.	Manual de Materiales, 2016 MC, 2013	-

Conforme a lo indicado en la tabla, para la comprobación de la calidad del material empleado en la conformación de afirmados se recurrió a las técnicas de observación y análisis de documentación. Los resultados obtenidos fueron certificados por el laboratorio Geolaboratorio y Conexas Sac, uno de los centros con mayor trayectoria y experiencia en la ciudad de Lima, donde los ensayos realizados se ajustaron a lo establecido en las normas técnicas correspondientes. Asimismo, el análisis efectuado se sustentó en lo dispuesto por el Manual de Ensayos de Materiales 2016 y el MC EG-2013.

Figura 1

Curva granulométrica de la cantera Arunta

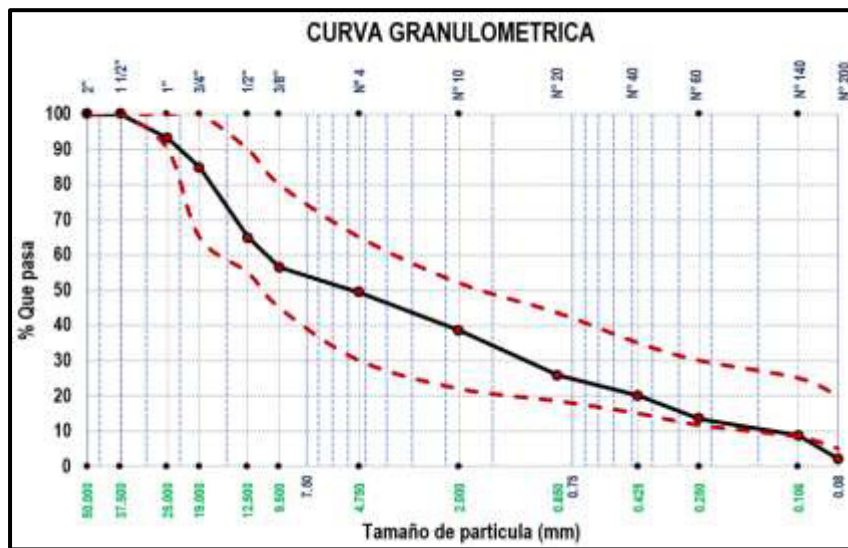
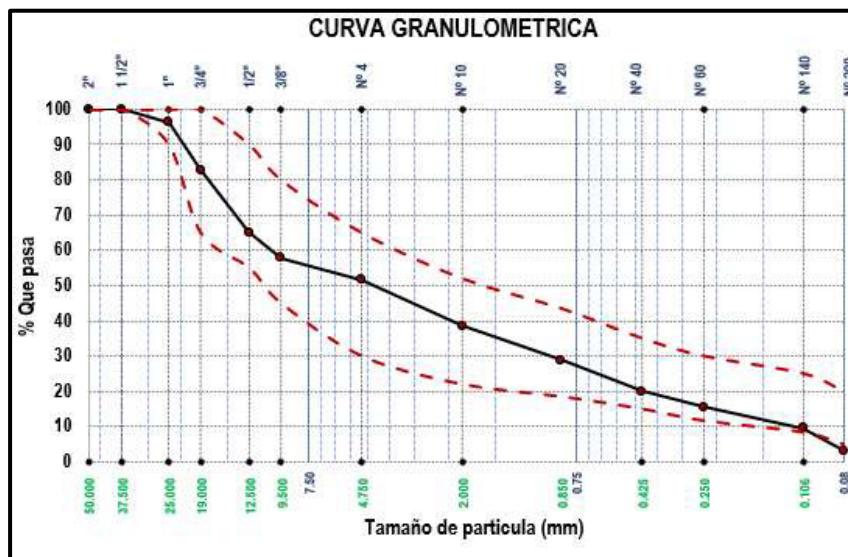


Figura 2

Curva granulométrica de la cantera Miculla



La granulometría se llevó a cabo mediante el método proporcional, el cual consiste en pesar aproximadamente 18 kg de material y someterlo a un proceso de cuarteo con el fin de obtener una muestra representativa. Durante este procedimiento, se seleccionó visualmente el material con mayor tamaño máximo nominal y se procedió a tamizarlo a través de la malla N.º 4, separando así el agregado grueso del fino. Del agregado grueso se tomó una muestra de 5 kg, mientras que del agregado fino se seleccionó 1 kg; ambos materiales fueron lavados, secados y posteriormente tamizados utilizando las mallas requeridas para afirmados. En el segundo análisis granulométrico se siguió el mismo procedimiento, variando únicamente el peso inicial del material, el cual fue de aproximadamente 14 kg.

En las dos figuras se muestran las curvas granulométricas de las canteras, contrastadas con los criterios de calidad establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013. Tal como se observa en las Figuras N.º 1 y 2, los materiales provenientes de las canteras Arunta, y Miculla presentan un cumplimiento de los límites propuestos por el MTC, razón por la cual los ensayos posteriores se realizaron únicamente con los materiales de dichas canteras. Asimismo, se evidencia una mayor proporción de agregado grueso respecto al fino, condición favorable para la reducción del índice de plasticidad, ya que facilita una adecuada distribución de los esfuerzos generados en la superficie, evitando que se exceda la capacidad portante del material y se produzcan fallas. De esta forma, se eleva el grado de compactación del suelo, permitiéndole soportar cargas superiores, tales como las generadas por el paso de vehículos pesados.

**Tabla 2***Ensayo de abrasión del material de la cantera Arunta*

<b>Medida del Tamiz</b>		<b>Masa (g)</b>
<b>Que Pasa</b>	<b>Retenido sobre</b>	<b>Gradación B</b>
1 1/2"	1"	-
1"	3/4"	-
3/4"	1/2"	2489.5
1/2"	3/8"	2508.6
3/8"	1/4"	-
1/4"	Nº4	-
Nº4	Nº8	-
Masa inicial de la Muestra (g)		4998.100
Masa de la muestra retenida en el tamiz Nº12 (g)		4250.300
Masa de la muestra seca (g)		4125.200
<b>Desgaste (%)</b>		<b>15</b>

**Tabla 3***Ensayo de abrasión del material de la cantera Miculla*

<b>Medida del Tamiz</b>		<b>Masa (g)</b>
<b>Que Pasa</b>	<b>Retenido sobre</b>	<b>Gradación B</b>
1 1/2"	1"	-
1"	3/4"	-
3/4"	1/2"	2501.3
1/2"	3/8"	2505.1
3/8"	1/4"	-
1/4"	Nº4	-
Nº4	Nº8	-
Masa inicial de la Muestra (g)		5006.400
Masa de la muestra retenida en el tamiz Nº12 (g)		4250.300
Masa de la muestra seca (g)		4272.500
<b>Desgaste (%)</b>		<b>15</b>

En las Tablas N.º 2 y 3 se exponen los resultados de los ensayos de desgaste efectuados al material, los cuales se desarrollaron de acuerdo con la norma ASTM C-131. Con base en los resultados de los análisis granulométricos, se estableció la gradación requerida para la realización del ensayo, optándose por la gradación B debido a la existencia de material retenido en la malla de 1". En todos los casos, los porcentajes de desgaste obtenidos fueron menores al 20 %. De acuerdo con el MTC (2013), el material destinado a afirmados no debe presentar un desgaste mayor al 50 %; sin embargo, los resultados obtenidos se encuentran ampliamente por debajo de este límite, lo que evidencia el cumplimiento de lo establecido en el manual y sugiere que el material presenta una adecuada resistencia al desgaste, incluso bajo condiciones de cargas elevadas.

**Tabla 4**

*Límites de Atterberg de la cantera Arunta*

<b>Límites de Atterberg</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Límite líquido</b>	<b>Límite plástico</b>
M – 01	N.P.	N.P.

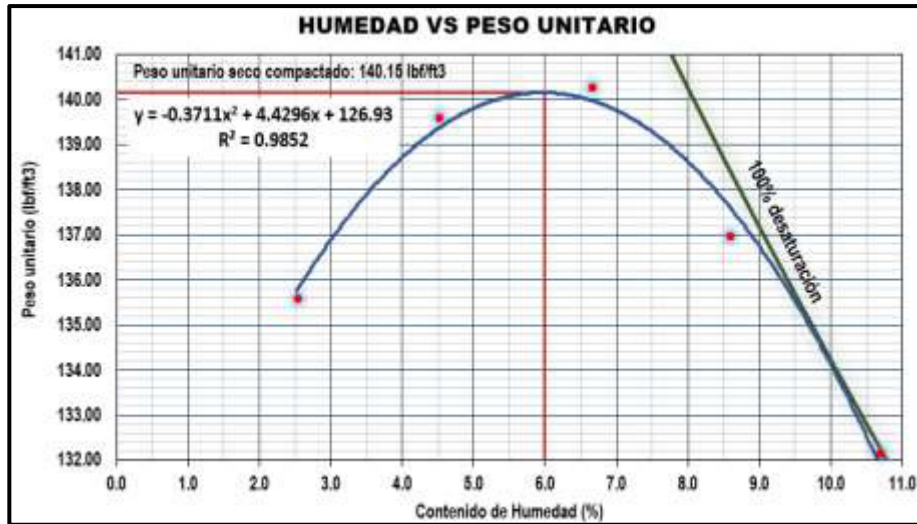
**Tabla 5***Límites de Atterberg de la cantera Miculla*

<b>Límites de Atterberg</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Límite líquido</b>	<b>Límite plástico</b>
M – 01	N.P.	N.P.

En las Tablas N° 4 y 5 se muestran los resultados de los ensayos para la determinación de los límites líquido y plásticos realizados a las muestras de material de cantera. De acuerdo con los resultados, los materiales provenientes de las canteras Arunta y Miculla no presentan ni Límite Líquido ni Límite Plástico, por lo que no es posible determinar un Índice de Plasticidad. Según lo establecido por el MTC (2013), el material destinado a afirmados debe presentar un Índice de Plasticidad comprendido entre 4 % y 7 %.

**Figura 3**

*Ensayo de proctor modificado de la muestra 5 de la cantera Arunta*



En las Figuras 3 se presentan la curvas del ensayo Proctor Modificado correspondiente a la muestras de la cantera Arunta, siendo la muestra M5 la que mejor resultado obtuvo, las cuales fueron obtenidas conforme a lo establecido en la NTP 339.141 y la norma ASTM D1557.

**Figura 4**

*Ensayo de proctor modificado de la muestra 5 de la cantera Miculla*



En las figura 3 se aprecian la curva de Proctor Modificado correspondiente a la muestra de la cantera Miculla, siendo la muestra M5 la que mejor resultado obtuvo cuya ejecución se hizo acorde a lo estipulado en la NTP 339.141 y la norma ASTM D1557.

**Tabla 6**

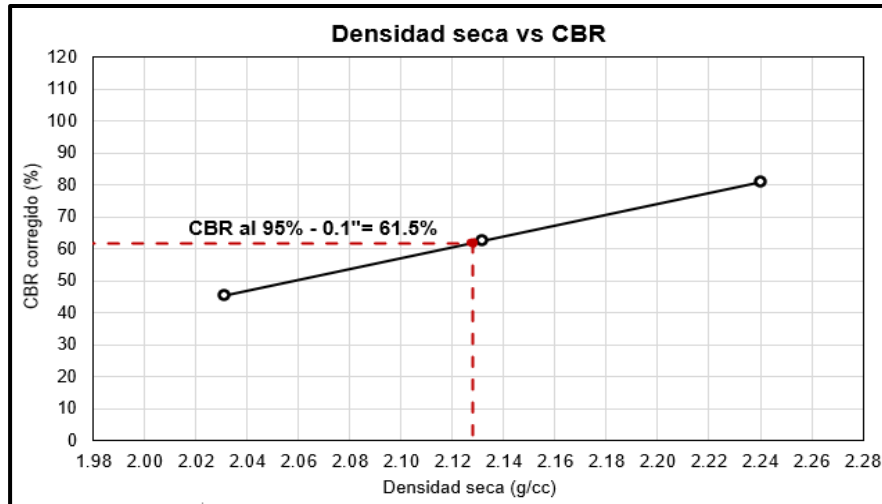
*Ensayos de proctor modificado de las canteras Arunta y Miculla*

<b>CANTERA ARUNTA – CONVENCIONAL</b>		
Muestra	Humedad Óptima (%)	Densidad Máxima Seca (g/cc)
M – 05	6.0	2.24
<b>CANTERA MICULLA – CONVENCIONAL</b>		
Muestra	Humedad Óptima (%)	Densidad Máxima Seca (g/cc)
M – 05	6.5	2.29

En la Tabla N°6 se aprecian los resultados de humedades óptimas y densidades máximas secas de cada muestra de cada cantera. La cantera Arunta, tiene una humedad óptima de 6.00% y una densidad máxima de 2.24g/cc, la cantera Miculla tiene una humedad óptima de 6.50% y una densidad máxima de 2.29g/cc.

### Figura 5

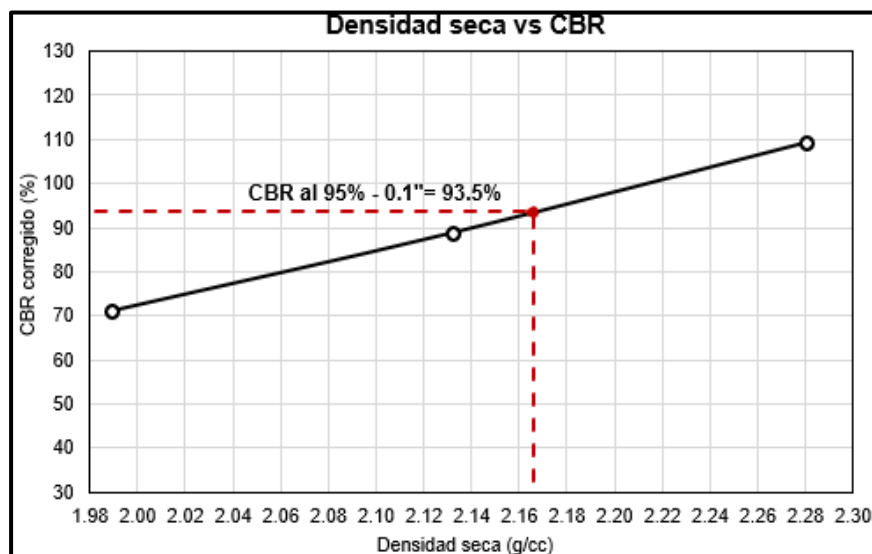
*Ensayo de CBR de la muestra 5 de la cantera Arunta*



En las Figura 5 se muestra el resultado del ensayo CBR correspondiente a las muestra proveniente de la cantera Arunta, teniendo como mejor resultado la muestra M5, lo cual se ejecuto conforme a lo establecido en la NTP 339.145 y la norma ASTM D1883.

### Figura 6

*Ensayo de CBR de la muestra 2 de la cantera Miculla*



En las Figuras 6 se presenta el ensayo CBR correspondiente a las muestra obtenida de la cantera Miculla, teniendo como mejor resultado la muestra M2, los cuales fueron ejecutados de acuerdo con lo establecido en la NTP 339.145 y la norma ASTM D1883.

**Tabla 7**

*Resultado de ensayo CBR de la cantera Arunta*

<b>CANTERA ARUNTA – CONVENCIONAL</b>		
Muestra	CBR al 95% (%)	CBR al 100% (%)
M – 05	61.5	81.1

**Tabla 8**

*Resultados de ensayos CBR de la cantera Miculla*

<b>CANTERA MICULLA – CONVENCIONAL</b>		
Muestra	CBR al 95% (%)	CBR al 100% (%)
M – 02	93.5	109.5

En las Tablas N.º 7 y 8 se presentan los resultados de los ensayos CBR, en los cuales se observa que, en los dos casos, el índice de CBR determinado al 100 % de la MDS y con una penetración de 2,5 mm supera el 40 %. Estos valores evidencian que los materiales evaluados resultan adecuados para su aplicación en caminos vecinales.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se detallo la mezcla de suelos con los porcentajes adecuados de las canteras ubicadas en el departamento de Tacna el cual se obtuvo los afirmados para conformar las subrasantes de caminos rurales con bajo transito que cumplan con los parámetros del MC del MTC2013 y el CE010. Esto se puede constar con la CE-010, para conformar subrasantes de caminos rurales se debe alcanzar al menos un  $\text{CBR} \geq 7\%$  y un grado de compactación  $\geq 95\%$  Proctor modificado. Estudios previos muestran que la adición de áridos gruesos (gravas y arenas) puede incrementar el CBR en  $> 30\%$  y la densidad seca máxima en hasta  $5\%$  frente al suelo fino simple. En este trabajo se evaluaron mezclas con  $20\text{--}40\%$  de árido de cantera, observándose que a  $30\%$  de grava se logra un CBR promedio de  $9,5\%$  y un grado de compactación de  $97\%$ , cumpliendo los parámetros de referencia e incluso superando ligeramente los mínimos del Manual MTC-2013. La confirmación de que una proporción cercana al  $30\%$  de árido de cantera es suficiente para garantizar la resistencia y estabilidad de la subrasante tiene un impacto directo en la planificación y costos de obra: se optimiza el volumen de material transportado y se reduce la necesidad de aditivos químicos o cementicos, manteniendo bajos los costos de construcción y mantenimiento. Esto se puede constar con Según González (2021) en su artículo “Optimización de la subrasante de carreteras utilizando agregados de cantera en el sur de México” los resultados del estudio revelaron que los agregados de cantera con características específicas, como alta resistencia a la compresión y buena granulometría, mejoraron significativamente la capacidad de carga de la subrasante. Los resultados mostraron una reducción en la deformación y un aumento en la vida útil de la carretera. Concluyo que los agregados de cantera adecuados son efectivos para mejorar las propiedades de la subrasante, lo que se traduce en una mayor durabilidad y menores costos de mantenimiento para carreteras rurales. con todo lo anteriormente mencionado se puede decir que el objetivo general es correcto.

Se selecciono las canteras para obtener la mejor calidad el cual se utilizó como material para conformar subrasantes de caminos rurales que brindaron una serviciabilidad adecuadas durante su vida útil y que tengan costos adecuados de mantenimiento. Esto se puede constatar con El estudio de mecánica de suelos reveló una capacidad portante de apenas  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna de  $30^\circ$  y cohesión nula, con peso específico de  $2 \text{ ton/m}^3$  y alta agresividad del terreno, lo que indica la necesidad de reforzar la subrasante con materiales de cantera de granulometría bien graduada (finos  $< 12 \%$ ), índice de plasticidad bajo ( $< 10 \%$ ), coeficiente CBR  $\geq 30 \%$ , alta angularidad y resistencia a la abrasión ( $LA \leq 40 \%$ ) para garantizar estabilidad volumétrica y fricción interna adecuadas dicha selección técnica debe complementarse con un análisis económico que contemple proximidad a la obra, capacidad de producción, facilidad de extracción y costos de acarreo —ponderados, por ejemplo, en un índice compuesto  $50 \%$  propiedades técnicas,  $30 \%$  acarreo y  $20 \%$  explotación— de modo que se obtenga la mejor relación calidad-precio; al emplear agregados con CBR  $\geq 40 \%$  y PI  $< 6 \%$ , se mejora el drenaje interno, se reducen asentamientos diferenciales y deformaciones plásticas, y se prolonga la vida útil de la subrasante hasta en un  $30 \%$ , minimizando intervenciones de mantenimiento rutinario en caminos rurales. esto se puede constar con Pérez (2020) en su artículo “Evaluación del uso de agregados de cantera para el mejoramiento de la subrasante en el Altiplano Boliviano” En los resultados del estudio el uso de agregados de cantera mostró una mejora notable en la capacidad de soporte y en la resistencia a la deformación de la subrasante. Los agregados con buena angularidad y resistencia aumentaron la estabilidad y redujeron la necesidad de mantenimiento frecuente. Llegando a concluir que los resultados sugieren que los agregados de cantera son una solución viable para mejorar la subrasante en áreas con condiciones geotécnicas desafiantes. Con todo lo anteriormente mencionado se puede decir que el primero objetivo general es correcto.

Se determino los límites de plasticidad, límite líquido, límite plástico. El valor del índice de plasticidad de la mezcla del material logrado de los afirmados de las canteras que han sido modificados por mezcla de suelos. Esto se puede constar con El análisis de los límites de plasticidad de la mezcla obtenida de los afirmados de canteras modificados con suelos adyacentes permitió valorar su comportamiento frente al agua y los esfuerzos de compactación. En esta investigación, el límite líquido (LL) se situó en rangos propios de suelos de plasticidad moderada, mientras que el límite plástico (LP) presentó valores que evidencian una transición clara entre el estado semi-sólido y el plástico. El índice de plasticidad ( $IP = LL - LP$ ) obtenido refleja, en conjunto, una capacidad de deformación controlada, característica deseable para la estabilidad volumétrica de los afirmados. Desde el punto de vista geotécnico, un IP moderado favorece la obtención de densidades máximas en cercanías del contenido óptimo de humedad, sin requerir aportes excesivos de agua y garantizando la trabajabilidad del material. Esto es coherente con los parámetros obtenidos en el estudio de mecánica de suelos (capacidad portante de  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ , ángulo de fricción interna de  $30^\circ$  y cohesión nula) , que apuntan a un terreno relativamente competente una vez compactado. Esto se puede constar con Martínez (2023) en su artículo “Impacto del mejoramiento de la subrasante con agregados de cantera en carreteras de la región Andina” En los resultados del estudio demostró que los agregados de cantera proporcionaron una mejora significativa en la capacidad de carga y la estabilidad de la subrasante. La inclusión de agregados con características físicas específicas redujo el riesgo de fallos en la subrasante y prolongó la vida útil del pavimento. Concluyo que la incorporación de agregados de cantera en la subrasante de carreteras de la región Andina resulta en una solución efectiva para mejorar la infraestructura vial. Con todo lo anteriormente mencionado se puede decir que el segundo objetivo general es correcto.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el valor de desgaste del agregado grueso proveniente de afirmados modificados y verificar su conformidad con las

especificaciones técnicas vigentes. Para ello, se evaluaron materiales de las canteras Arunta y Miculla, seleccionadas por cumplir con los requisitos granulométricos del MC EG-2013. Los resultados de los ensayos de abrasión, conforme a la norma ASTM C131, evidencian que los agregados presentan un desgaste del 18% (Arunta) y 15% (Miculla), valores significativamente inferiores al límite máximo permitido del 50%, lo cual indica una alta resistencia al desgaste mecánico y adecuada durabilidad frente a cargas repetitivas. Asimismo, los ensayos de límites de Atterberg revelaron la inexistencia de plasticidad en los materiales analizados, lo que reduce el riesgo de deformaciones volumétricas. Los resultados del ensayo Proctor Modificado mostraron densidades secas máximas promedio de 2.23 g/cc (Arunta) y 2.28 g/cc (Miculla), con humedades óptimas que favorecen la compactación eficiente del afirmado. Los valores de CBR al 100% superaron ampliamente el 40%, siendo mayores a 80% en Arunta y superiores al 100% en Miculla, confirmando la alta capacidad portante de los materiales. En conjunto, los resultados demuestran que el agregado grueso de los afirmados modificados evaluados cumple con los requisitos normativos, mostrando un desempeño mecánico adecuado para su uso en capas de afirmado, garantizando resistencia, estabilidad y durabilidad estructural bajo condiciones de carga vehicular. Esto se puede constatar con Gómez (2021) en su artículo “Estudio del impacto de agregados de cantera en la subrasante de carreteras de montaña en el Perú” En los resultados del estudio se evidenció que los agregados de cantera con características específicas, como alta resistencia al desgaste y adecuada granulometría, mejoraron notablemente la estabilidad y redujeron las deformaciones en la subrasante de las carreteras de montaña. Concluyo que la utilización de agregados de cantera adecuados es crucial para mejorar las propiedades de la subrasante en carreteras de montaña, contribuyendo a una mayor durabilidad y seguridad en estas condiciones geográficas.

Se determinó la densidad seca máxima, el contenido óptimo de humedad y el índice de Relación de Soporte de California (CBR) de la mezcla de materiales de afirmado modificados.

A partir de los ensayos Proctor Modificado, se identificó que la cantera Miculla presentó el mejor desempeño con una densidad máxima promedio de 2.28 g/cc y Arunta (2.23 g/cc).

Estos resultados sugieren que Miculla ofrece mejor compactación, probablemente por su adecuada distribución granulométrica y menor cantidad de finos. La humedad óptima de los materiales evaluados varió entre 6.4% y 8.5%, en concordancia con las normas ASTM D1557 y NTP 339.141. Respecto al CBR al 95% de la densidad seca máxima, Miculla nuevamente mostró los valores más altos, con promedios superiores al 90%, superando con amplitud a Arunta, cuyo promedio fue del 59%.

Tanto Arunta como Miculla cumplieron con los requisitos mínimos establecidos por el MTC para caminos vecinales (generalmente 25% o 30%), lo que indica su aptitud como material de afirmado. La calidad del material de Miculla resalta especialmente por su alta capacidad portante. Además, los ensayos de abrasión conforme a la norma ASTM C-131 revelaron un desgaste inferior al 20% en las dos canteras, lo cual refleja una buena resistencia al desgaste mecánico. Esta propiedad refuerza la idoneidad de estos materiales para estructuras de pavimento en zonas de tránsito moderado. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Mendoza (2019) en su estudio sobre el uso de agregados de cantera para mejorar subrasantes en zonas sísmicas del Perú. Mendoza concluyó que los agregados con buena forma angular y alta resistencia a la compresión mejoran significativamente la capacidad portante de la subrasante y su estabilidad ante cargas sísmicas. En conclusión, se valida el cumplimiento del cuarto objetivo general, ya que los ensayos y resultados respaldan la viabilidad técnica de emplear materiales de afirmado modificados, en especial los de la cantera Miculla, para mejorar la estabilidad y resistencia de las vías no pavimentadas.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se detalló la mezcla de suelos en porcentajes adecuados de las canteras ubicadas en el departamento de Tacna el cual se obtuvo los afirmados para conformar subrasantes de caminos rurales con bajo tránsito. De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible detallar mezclas de suelos con áridos de cantera en proporciones adecuadas (aprox. 30 %) que permitan conformar subrasantes para caminos rurales de bajo tránsito, cumpliendo e incluso superando los parámetros de calidad estipulados en el MC MTC-2013 y el CE-010.
- 6.2. Se seleccionó las canteras para obtener la mejor calidad para ser utilizadas como material para conformar subrasantes de caminos rurales que brindaron una mejor serviciabilidad. El estudio evaluó los límites de plasticidad e índice de plasticidad de materiales de dos canteras para uso en afirmados viales. Arunta y Miculla no presentaron plasticidad. Aunque no cumplieron el IP recomendado, mostraron alta resistencia y soporte ( $CBR > 80\%$ ), siendo adecuados para caminos vecinales, con posible mejora mediante mezcla con suelos finos según requerimientos técnicos.
- 6.3. Se determinó los límites de plasticidad, límite plástico y el valor del índice de plasticidad de la mezcla del material logrado de los afirmados. Las mezclas evaluadas presentan plasticidad moderada y comportamiento estable frente a la humedad, ubicándose en la franja CL-ML de la carta de Casagrande. Aunque no cumplen con el IP recomendado por el MTC, alcanzan altos valores de CBR y buena compactación, lo que las hace aptas para afirmados de caminos vecinales, pudiendo mejorarse con suelos finos según requerimientos específicos de diseño.
- 6.4. Se determinó el valor de desgaste del agregado grueso de la mezcla de los materiales obtenidos de afirmados modificados que está de acuerdo con las especificaciones. Los agregados gruesos provenientes de las canteras Arunta y Miculla presentan valores de desgaste inferiores al 20%, cumpliendo con la normativa del MTC. Esta alta resistencia al

desgaste, junto con una granulometría adecuada y la ausencia de índice plástico, confirma su idoneidad para ser utilizados en afirmados modificados, garantizando durabilidad y buen desempeño estructural en obras viales.

6.5. Se determinó que los materiales de las canteras evaluadas cumplen con los requisitos técnicos para ser utilizados como afirmado. La cantera Miculla destacó por su alta densidad seca máxima, óptimo contenido de humedad y un índice CBR superior al 90% al 95% de MDS, superando ampliamente los criterios mínimos establecidos por el MTC. Esto la posiciona como una fuente ideal de material para bases en vías no pavimentadas, ofreciendo buena compactación y resistencia.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Se recomienda seguir utilizando mezclas con aproximadamente 30% de áridos provenientes de las canteras de Tacna para la conformación de subrasantes en caminos rurales de bajo tránsito, ya que estas han demostrado cumplir e incluso superar los parámetros del MC MTC 2013 y la norma CE.010.
- 7.2. Para futuras obras viales, se aconseja priorizar el uso de materiales provenientes de canteras como Arunta y Miculla, debido a su alta resistencia mecánica y baja o nula plasticidad. En el caso de requerirse cierta plasticidad, se puede considerar la mezcla con suelos finos para alcanzar los niveles de IP recomendados por la normativa.
- 7.3. En situaciones donde el diseño exija un índice de plasticidad dentro del rango recomendado por el MTC (4–7%), se sugiere incorporar fracciones finas cohesivas en proporciones controladas a las mezclas, para ajustar su comportamiento sin comprometer la resistencia ni la estabilidad volumétrica.
- 7.4. Se recomienda el uso de agregados gruesos de las canteras evaluadas, especialmente de Miculla y Arunta, en afirmados modificados y capas estructurales debido a su bajo porcentaje de desgaste (<20%) y conformidad con las normas técnicas del MTC, lo cual asegura durabilidad y resistencia al tráfico.
- 7.5. Se debe considerar a la cantera Miculla como fuente prioritaria para afirmados y subbases en caminos rurales, debido a su alta densidad seca máxima, adecuado contenido de humedad y valores de CBR superiores al 90%, lo cual garantiza un excelente desempeño estructural y servicio en vías no pavimentadas.

## VIII. REFERENCIAS

- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning.
- Das, B. M. (2016). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (8.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2015). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*.
- Diccionario de la Construcción. (2019). *Diccionario de la Construcción*.  
<http://www.diccionariodelaconstruccion.com/buscar/procesos-productivos-obra-civil/firmes-y-pavimentos>
- Gómez, J. (2021). Estudio del impacto de agregados de cantera en la subrasante de carreteras de montaña en el Perú. *Boletín de la Sociedad Peruana de Ingenieros*, 40(3), 72-86.
- Gómez, J., Pérez, A. y Fernández, M. (2022). Optimización granulométrica y evaluación de la resistencia de mezclas suelo-agregado para bases de pavimentos sostenibles. *Revista de Ingeniería de la Construcción*, 33(2), 187-198.
- González, M. (2021). Optimización de la subrasante de carreteras utilizando agregados de cantera en el sur de México. *Revista Mexicana de Ingeniería Civil*, 29(1), 75-89.
- Gonzales, A. y García, F. (2015). *Manual de Diseño de Pavimentos Rígidos y Flexibles* (1<sup>a</sup> ed.). Editorial Universidad Nacional de Ingeniería.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (6<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Martínez, J. (2023). Impacto del mejoramiento de la subrasante con agregados de cantera en carreteras de la región Andina. *Boletín de Ingeniería Vial*, 42(4), 90-104.
- Medina, A. y Motta, B. (2006). *Diseño y construcción de carreteras pavimentadas*. Editorial de Ingeniería Civil.
- Mendoza, R. (2019). Uso de agregados de cantera para el mejoramiento de subrasantes en zonas de alta sismicidad del Perú. *Revista Peruana de Ingeniería Civil*, 34(2), 89-102.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.*

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Normas técnicas de carreteras. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones.*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Norma técnica CE 010: Pavimentos urbanos* (Norma CE 010). Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Pérez, L. (2020). Evaluación del uso de agregados de cantera para el mejoramiento de la subrasante en el Altiplano Boliviano. *Journal of Bolivian Engineering*, 15(3), 112-127.

Ludeña, J. (2021). *Diferencia entre muestra y población*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/diferencia-entre-muestra-y-poblacion.html>

Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta*. ISBN: 978-612-302-878-7.

Vargas, L. y Torres, P. (2023). Evaluación de técnicas de estabilización de suelos locales para la construcción de subrasantes de caminos rurales en zonas tropicales. *Revista Latinoamericana de Vías Terrestres*, 10(1), 45-58.

## **IX. ANEXOS**

## ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

VARIABLE		PROBLEMA GENERAL	PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS GENERAL	HIPOTESIS ESPECIFICAS	DIMENSIÓN	DISEÑO METODOLÓGICO
INDEPENDIENTE	Mezcla de suelos utilizando agregados de canteras	¿Cómo podemos establecer la fórmula de diseño de mezcla de suelos con agregados de cantera que cumplan con los requisitos de gradación y calidad para subrasantes de vías terrestres utilizado en caminos rurales de bajo tránsito de acuerdo con la normatividad del manual de carreteras?	¿Cómo evaluar el material de canteras para establecer la fórmula para obtener material para ser utilizado en la conformación de subrasantes de caminos rurales que cumplan con las serviciabilidades de acuerdo con normatividades del MTC2013 y el CE010?	Detallar la mezcla de suelos en porcentajes adecuados de las canteras ubicadas en el departamento de Tacna para obtener los afirmados para conformar subrasantes de caminos rurales con bajo tránsito que cumplan con los parámetros del manual de carreteras del MTC2013 y el CE010 o que se incrementen los valores referenciales de los parámetros de calidad propuestos por los manuales detallados líneas arriba.	Seleccionar las canteras para obtener la mejor calidad para ser utilizada como material para conformar subrasantes de caminos rurales que brinden serviciabilidades adecuadas durante su vida útil y que tengan costos adecuados de mantenimiento.	Obteniendo la fórmula adecuada para ser utilizada en la mezcla de afirmados obtenidos de canteras del departamento de Tacna se podrá obtener material de préstamo para conformar subrasantes de caminos rurales con calidad, resistencia y serviciabilidad adecuada según el manual MTC y la normatividad del CE010.	Existen canteras que cumplen con los estándares de calidad, pero no aportan la cantidad adecuada para la conformación de la vía.	-Composición del suelo -Propiedades físico-mecánicas	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada
			¿De qué manera se determinan los límites de plasticidad, límite líquido (LL), límite plástico (LP)? el valor del índice de plasticidad de la mezcla del material logrado de los afirmados de las canteras que han sido modificados por mezcla de suelos para aplicarlos correctamente en la construcción de subrasantes de acuerdo con la normatividad MTC2013 y CE010?		Determinar los límites de plasticidad, límite líquido (LL), límite plástico (LP), el valor del índice de plasticidad de la mezcla del material logrado de los afirmados de las canteras que han sido modificados por mezcla de suelos.		Si los valores de plasticidad del material modificado están dentro de los parámetros propuestos por el manual de carreteras MTC EG-2013 entonces se podrán realizar conformaciones de vía terrestre adecuadas.		
DEPENDIENTE	Construcción de subrasante de caminos rurales	¿Cómo se determina el valor de máxima densidad seca (MDS), óptimo contenido de humedad el índice de Relación de Soporte de California de la mezcla de los materiales de afirmados modificados (CBR al 95%de la MDS) obtenidos de canteras del departamento de Tacna para conformar y compactar adecuadamente subrasantes de canteras del departamento de Tacna obtenidos por formula de mezclado?	¿Qué metodología se puede utilizar para evaluar el valor del desgaste del agregado grueso obtenido de canteras del departamento de Tacna que cumplan con los valores referenciales especificados por la normatividad del MTC y CE010?	Determinar el valor de desgaste del agregado grueso de la mezcla de los materiales obtenidos de afirmados modificados y que estén de acuerdo con las especificaciones.	Determinar el valor de máxima densidad seca (MDS), óptimo contenido de humedad el índice de Relación de Soporte de California de la mezcla de los materiales de afirmados modificados (CBR al 95%de la MDS).		Si los valores de desgaste de los agregados gruesos del material modificado obtenidos utilizando la máquina de Los Ángeles están dentro de los parámetros propuestos por el manual de carreteras MTC EG-2013 entonces se podrá conformar caminos de alta serviciabilidad de acuerdo con la Norma MTC 2013.	-Preparación del terreno -Compactación del suelo	<b>Área de estudio:</b> Cuidad de Tacna
							Los valores de CBR del material modificado estarán dentro de los parámetros propuestos por el manual de carreteras MTC EG-2013 para lograr serviciabilidades adecuadas.		
									<b>Muestra:</b> La muestra será de tipo intencional son 75 ensayos

## ANEXO B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

VARIABLE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Independiente</b>	Mezcla de suelos utilizando agregados de canteras	Es la combinación controlada y dosificada de un suelo natural existente con materiales granulares procesados y extraídos de yacimientos rocosos. El objetivo primordial de esta técnica sigue siendo la optimización de las propiedades geotécnicas del suelo base, tales como su granulometría, plasticidad, resistencia mecánica, permeabilidad, durabilidad y capacidad de soporte. En el periodo reciente, se ha observado un énfasis creciente en la sostenibilidad y la economía circular, buscando la utilización eficiente de los agregados, la minimización de residuos y la potencial incorporación de agregados reciclados o subproductos industriales en la mezcla. Las aplicaciones continúan siendo diversas, abarcando la mejora de suelos para cimentaciones, la construcción de capas de firme en infraestructuras de transporte, la ejecución de rellenos técnicos y la estabilización de terrenos, adaptándose a las exigencias de proyectos de construcción más resilientes y con menor impacto ambiental. (Gómez et al., 2022)	Es una técnica que consiste en mezclar un suelo natural existente con materiales granulares procesados, con el objetivo de mejorar las propiedades geotécnicas del suelo, como su resistencia, permeabilidad y capacidad de soporte. Se ha puesto un mayor énfasis en la sostenibilidad y la economía circular, promoviendo el uso eficiente de agregados y la incorporación de materiales reciclados. Esta técnica tiene diversas aplicaciones, incluyendo la mejora de suelos para cimentaciones, la construcción de infraestructuras de transporte y la estabilización de terrenos, adaptándose a proyectos de construcción más sostenibles y con menor impacto ambiental.	Composición del suelo	Porcentaje de agregados finos y gruesos	Ensayo de granulometría (tamizado)	RAZÓN
					Contenido de humedad natural	Horno de secado, balanza de precisión	
					Distribución granulométrica	Ficha técnica de análisis granulométrico	
				Propiedades físico-mecánicas	Densidad seca máxima y humedad óptima (Proctor)	Prueba Proctor estándar o modificada	RAZÓN
					Capacidad de soporte (CBR)	Ensayo CBR en laboratorio	
					Resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción)	Ensayo triaxial o prueba de corte directo	
				Calidad de los agregados	Resistencia al desgaste (abrasión)	Ensayo de abrasión Los Ángeles	ORDINAL
					Presencia de partículas contaminantes	Ensayos de equivalencia de arena, lavado de materiales finos	

<b>Dependiente</b>	<b>Construcción de subrasante de caminos rurales</b>	<p>Es el proceso de preparación y conformación de la capa inferior del paquete estructural de un camino rural. Esta capa, que se apoya directamente sobre el terreno natural excavado o terraplenado, tiene como función principal proporcionar una base estable, uniforme y con la capacidad de soporte adecuada para las capas superiores del pavimento. Las técnicas modernas enfatizan la optimización de los materiales locales disponibles, incluyendo suelos estabilizados o mejorados con aditivos como cal, cemento o emulsiones asfálticas, así como la implementación de prácticas de gestión de aguas y control de erosión para asegurar la durabilidad y funcionalidad a largo plazo del camino rural, considerando las limitaciones económicas y los desafíos ambientales específicos de estas vías. Se busca construir subrasantes que minimicen la necesidad de mantenimiento costoso y que faciliten el acceso y la conectividad en áreas rurales de manera sostenible. (Vargas &amp; Torres, 2023)</p>	<p>Es el proceso de preparación de la capa inferior de un camino rural, que se apoya sobre el terreno natural y tiene como función principal proporcionar una base estable y adecuada para las capas superiores del pavimento. Se enfatiza el uso de materiales locales, incluyendo suelos estabilizados con aditivos como cal y cemento, así como prácticas de gestión de aguas y control de erosión para garantizar la durabilidad del camino. El objetivo es construir subrasantes que reduzcan la necesidad de mantenimiento costoso y mejoren el acceso y la conectividad en áreas rurales de manera sostenible, teniendo en cuenta limitaciones económicas y desafíos ambientales.</p>	Preparación del terreno	Limpieza y desbroce del área	Lista de chequeo, inspección visual	ORDINAL
					Nivelación del terreno	Nivel topográfico, estación total, GPS	
					Replanteo del eje del camino	Wincha, planos, equipo de topografía	
				Compactación del suelo	Porcentaje de compactación alcanzado	Prueba de cono de arena	RAZÓN
					Humedad óptima del suelo	Horno de secado, prueba de humedad in situ	
					Densidad seca obtenida	Ensayo Proctor (estándar o modificado)	
				Calidad del material	Clasificación del suelo (USCS o SUCS)	Análisis granulométrico, límites de Atterberg	ORDINAL
					Capacidad de soporte (CBR)	Ensayo CBR en laboratorio o en campo	
					Presencia de material inadecuado	Tamizado, inspección visual, pruebas de laboratorio	
				Control técnico y supervisión	Verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas	Fichas técnicas, lista de verificación	RAZÓN
					Registro de actividades y ensayos	Bitácora de obra, informes de campo	
					Frecuencia de controles de calidad	Cronograma de pruebas, registros de laboratorio	



**FICHA DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

Proyecto:  
Solicitante:  
Procedencia:  
Lugar de muestreo:

Código de muestra:  
Fecha de ensayo:  
Tipo de material:  
Profundidad:

**LÍMITE LÍQUIDO**

N° Golpes	N° Tara	Peso Tara (g)	Tara + Suelo Húmedo (g)	Tara + Suelo Seco (g)	Contenido Humedad (%)

Límite Líquido (LL)

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ (Graficar Humedad vs Golpes)**

**LÍMITE PLÁSTICO**

N° Tara	Peso Tara (g)	Tara + Suelo Húmedo (g)	Tara + Suelo Seco (g)	Contenido Humedad (%)

**RESULTADOS**


LL (%):                      LP (%):                      IP (%)

**CARTA DE PLASTICIDAD**

**CLASIFICACIÓN DEL SUELO**

SUCS:                      AASHTO:

**OBSERVACIONES**

  
 JOSE ANTONIO  
 ALARCON LEON  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 226816

FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL




  
 JONATHAN MITCHELL  
 ALAN CAMARENA  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 261242

FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL

  
 ERWIN PAUL  
 MOSTACERO VENTURA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 228465

FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL

FICHA DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO						
Proyecto:		Código de muestra:		Fecha de ensayo:		
Solicitante:		Procedencia:		Tipo de material:		
Lugar de muestreo:		Profundidad:		Ensayado por:		
DATOS DEL ENSAYO – PROCTOR MODIFICADO						
Método:	Energía:	Capas:	Golpes/capa:			
PESO VOLUMETRICO						
Ensayo	ID Molde	Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	Peso Molde (g)	Molde + Suelo (g)	Peso Suelo (g)	Densidad Húmeda (kN/m <sup>3</sup> )
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente	Peso Recipiente (g)	Recipiente + Suelo Húmedo (g)	Recipiente + Suelo Seco (g)	Contenido Humedad (%)	Densidad Seca (kN/m <sup>3</sup> )	
RESULTADOS						
Humedad Óptima (%):			Densidad Seca Máx. (kN/m <sup>3</sup> ):			
Densidad Seca Máx. (g/cm <sup>3</sup> ):						
OBSERVACIONES						
 JOSE ANTONIO ALARCON LEON INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 226616			 JONATHAN MITCHELL ALAN CASARENA Ingeniero Civil CIP N° 261242			
FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL			FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL			
 ERWIN PAUL MOSTACE RIO VENTURA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 220605						
FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL						

FICHA DE ENSAYO - CBR									
Proyecto: _____		Código de muestra: _____		Fecha de ensayo: _____					
Solicitante: _____		Procedencia: _____		Tipo de material: _____					
Lugar de muestreo: _____		Profundidad: _____		Ensayado por: _____					
DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO (ENSAJO PRENDE)									
Método: _____	Energía: _____	Capas: _____	Cilindro/capas: _____						
DCH (%): _____	MDS (kN/m <sup>2</sup> ): _____	SUCS: _____	P: _____						
IDENTIFICACIÓN DEL MOLDE									
Molde	Golpes	Capas	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso Molde (g)	Molde + Suelo (g)	Peso Suelo (g)	Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )
CONTENIDO DE HUMEDAD AL COMPACTAR									
Molde	Peso Tara (g)	Tara + Suelo Húmedo (g)	Tara + Suelo Seco (g)	Contenido Humedad (%)					
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DE INMERSIÓN									
Molde	Peso Tara (g)	Tara + Suelo Húmedo (g)	Tara + Suelo Seco (g)	Contenido Humedad (%)					
EXPANSIÓN									
Hora	Tiempo (min)	Lectura Inicial	Lectura Final	Expansión (%)					
ENSAYO DE PENETRACIÓN - CBR									
Penetración (mm)	Penetración (pulg)	Carga (kg)	Carga (lb)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (psi)				
RESULTADOS CBR									
Ítem	CBR 0.1" (3)	CBR 0.2" (5)	CBR Ajustado (%)						
CBR al 5% MDS: _____									
OBSERVACIONES									
 JOSE ANTONIO ALARCÓN LEÓN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 228816			 JONATHAN MITCHELL ALAN CALDERÓN Ingeniero Civil CIP N° 28124						
FIRMA Y SELLO DE ING. CIVIL			FIRMA Y SELLO DE ING. CIVIL						
 ENRIQUE PAREDES INGENIERO EN VENTURA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 23840									
FIRMA Y SELLO DE ING. CIVIL									

**FICHA DE ENSAYO DE DEGRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASIÓN E IMPACTO**

Proyecto:  
Solicitante:  
Lugar de muestreo:

N° Solicitud:  
Código de muestra:  
Tipo de material:

Fecha de ensayo:  
Procedencia:  
Ensayado por:

**CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**

Gradación:                      N° Esferas:                      Peso total (g):

**GRADACIÓN Y ESPECIFICACIONES**

Gradación	Esferas (N°)	Peso especificado (g)
A		
B		
C		
D		

**CONTROL DE PESO POR TAMIZ**

Tamiz	Peso (g)	Rango permitido (g)	Cumple / No cumple
1½"			
1"			
¾"			
½"			
3/8"			
¼"			
#4 - #8			
TOTAL			


**PARÁMETROS DEL ENSAYO**

Velocidad (rpm):                      Revoluciones:                      Tiempo (min):

**RESULTADOS**

Peso inicial seco (g):                      Peso retenido tamiz #12 (g):                      Abrasión (%)


**OBSERVACIONES**

  
 -----  
**JOSE ANTONIO  
ALARCON LEON  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 226816**

FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL

  
 -----  
**JONATHAN MITCHELL  
ALAN CAMARENA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 261242**

FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL

  
 -----  
**ERWIN PAUL  
MOSTACERO VENTURA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIR N° 228465**

FIRMA Y SELLO DE ING.CIVIL

## ANEXO D: ENSAYOS DE LABORATORIO DE CANTERA ARUNTA



### GRANULOMETRÍA DE SUELOS USANDO ANÁLISIS POR TAMIZADO

Doc. ID : GLC-LEM-001  
Revisión : 2

[ASTM D6913-17]

**Proyecto : MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MT C2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <u>GLC-LAB-25-027</u>	Codigo de muestra : <u>M-1</u>	Muestreado por : <u>Solicitante</u>
Solicitante : <u>Jaime Alberto Mamani Salcedo</u>	Profundidad (m) : <u>Superficial</u>	Fecha de muestreo : <u>18/05/25</u>
Procedencia : <u>Cantera Arunta</u>	Tipo de material : <u>Afirmado</u>	Ensayado por : <u>W. Diaz</u>
Lugar de muestreo : <u>Acopio en Obra</u>		Fecha de ensayo : <u>20/05/25</u>

#### Datos iniciales

P. seco < 3" (g) : 14,233    % Grava 49.5  
 P. seco < N° 4 (g) : 520.2    % Arena 46.9  
    % Fino 3.6

#### Coefficientes

Cu : 81.4  
Cc : 0.7

#### Límites de consistencia [ASTM D 4318-17]

LL : NP     Reportar límite líquido  
 LP : NP  
 IP : NP

#### Clasificación [NORMA ASTM D3282-15]

AASHTO : A-1-a (1)

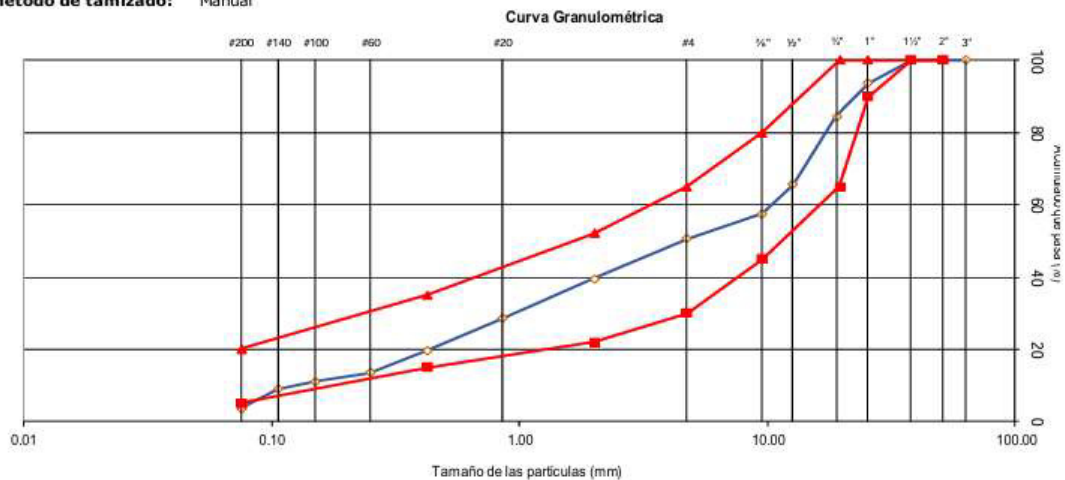
#### Clasificación [NORMA ASTM D2487-17]

SUCS : GP

Grava mal gradada con arena

Tamiz	Abert. (mm)	P. Ret. (g)	Retenido (%)	Ret. Ac. (%)	Ac. Pas. (%)	Especificaciones	
						Min %	Max %
3"	63.50		0.0	0.0	100.00	<b>GRADACIÓN A-1</b>	
2"	50.80		0.0	0.0	100.00		
1½"	38.10	0	0.0	0.0	100.00	100	
1"	25.40	899	6.3	6.3	93.7	90	100
¾"	19.05	1,320	9.3	15.6	84.4	65	100
½"	12.70	2,689	18.9	34.5	65.5		
¼"	9.525	1,132	8.0	42.4	57.6	45	80
#4	4.750	1,003	7.0	49.5	50.5	30	65
#10	2.000	113.20	11.0	60.48	39.5	22	52
#20	0.850	113.60	11.0	71.51	28.5		
#40	0.425	91.20	8.9	80.36	19.6	15	35
#60	0.250	62.40	6.1	86.42	13.6		
#100	0.150	26.50	2.6	89.00	11.0		
#140	0.106	21.60	2.1	91.10	8.9		
#200	0.075	54.20	5.3	96.36	3.6	5	20

Método de tamizado: Manual



Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

ING. CIVIL STEVENS ARTURO SAVAORRA SOSA  
 CIP. 20403  
 ESP. GEOTEONIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



**LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
**[ASTM D4318-17]**

Doc. ID : GLC-LEM-003  
 Revisión : 2

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-027</b>	Código de muestra : <b>M-1</b>	Muestreado por : <b>Solicitante</b>
Código : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	Profundidad (m) : <b>Superficial</b>	Fecha de muestreo : <b>18/05/2025</b>
Procedencia : <b>Cantera Arunta</b>	Tipo de material : <b>Afirmado</b>	Ensayado por : <b>W. Diaz</b>
Lugar de muestreo : <b>Acopio en Obra</b>		Fecha de ensayo : <b>20/05/2025</b>

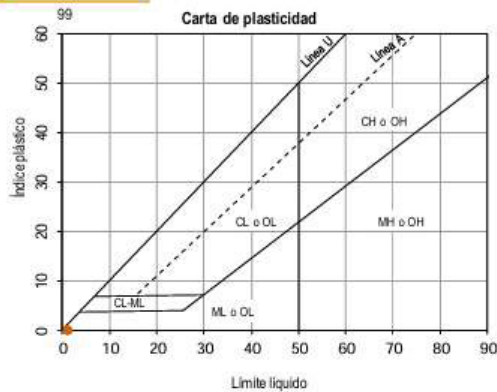
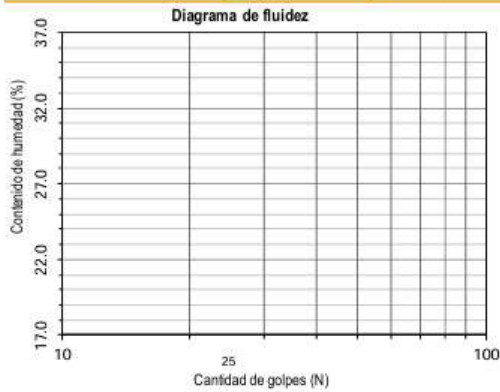
Limite Líquido - Preparación de la muestra secada máximo a 60 °C / METODO MULTIPUNTO			
Cantidad de Golpes	-	-	-
N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

**NO PLÁSTICO**

**NOTA IMPORTANTE:**  
 Equipo - Casagrande mecánico  
 - Ranurador metálico  
 Preparación - Método seco  
 - Remoción por tamizado

Limite Líquido - Preparación de la muestra secada a 110 °C			
Cantidad de Golpes	-	-	-
N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

**RESULTADOS**  
 L. L. = NP  
 L. P. = NP  
 I. P. = NP



Limite Plástico - Muestra secada máximo a 60 °C			
N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

**NO PLÁSTICO**

**NOTA IMPORTANTE:**  
 Tipo de rolado - Con la mano  
 Preparación de material - Método seco  
 - Remoción por tamizado

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

*[Firma]*  
 ING. CIVIL STEVEN ANTONIO SANABRIA SOGA  
 CIP. 204001  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



**COMPACTACIÓN DE SUELOS**  
**[ASTM D698-12; D1557-12]**

Doc. ID : GLC-LEM-007  
 Revisión : 1  
 Emisión : 01/04/19  
 Aprobado : RCT

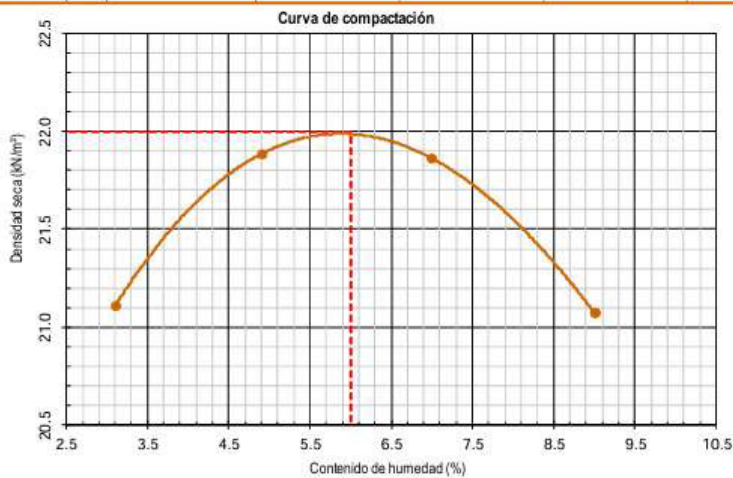
Proyecto: **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <u>GLC-LAB-25-027</u>	Código de muestra : <u>M-5</u>	Muestreado por : <u>Solicitante</u>
Código de muestra : <u>Jaime Alberto Mamani Salcedo</u>	Profundidad : <u>Superficial</u>	Fecha de muestreo : <u>18/05/25</u>
Procedencia : <u>Cantera Arunta</u>	Tipo de material : <u>Afirmado</u>	Ensayado por : <u>W. Diaz</u>
Lugar de muestreo : <u>Acopio en Obra</u>		Fecha de ensayo : <u>22/05/25</u>

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	ASTM D1557-12	Ensayos previos	Ret. Acum. (%)
[Método = C]		SUCS L P.	#4 %" %"
[2.700 kN/m <sup>2</sup> ; 5 Capas, Molde 6"; 56 golpes/capa]		GP NP	49.5 42.4 15.6

Peso volumétrico					
Identificación del molde	MP-001	MP-001	MP-001	MP-001	-
Volumen del molde de compactación (cm <sup>3</sup> )	2,161	2,161	2,161	2,161	-
Peso molde de compactación (g)	6,207	6,207	6,207	6,207	-
Peso suelo + molde (g)	11,003	11,266	11,362	11,269	-
Densidad húmeda (kN/m <sup>3</sup> )	21.763	22.956	23.392	22.970	-

Contenido de humedad [ASTM D2216-19]					
Recipiente	01	02	03	04	-
Peso del recipiente (g)	99.60	95.80	101.50	103.40	-
Peso del recipiente + suelo húmedo (g)	812.30	799.40	777.30	809.30	-
Peso del recipiente + suelo seco (g)	790.87	766.53	733.09	751.01	-
Contenido de humedad (%)	3.1	4.9	7.0	9.0	-
Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )	21.11	21.88	21.86	21.07	-

**Resultados**

**OCH : 6 %**  
**MDS : 22 kN/m<sup>2</sup>**  
**2.243 g/cm<sup>3</sup>**

**CORRECCION POR SOBRETAMAÑO**

**Fracción gruesa**  
 Ret. Acum. (%) : 15.6  
 Cont. Humedad (%) : 0.9  
 Gs (Base seca) : 2.655

**Agua**

Temperatura (°C) : 21.0  
 Gs. del Agua : 0.998

**Resultado Corregido**

**OCH C. : 5.2 %**  
**MDS C. : 22.536 kN/m<sup>2</sup>**  
**2.298 g/cm<sup>3</sup>**

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

ING. CIVIL STEWENS ARTURO SAWERRA SOSA  
 CIP. 20400  
 ESP. GEOTECHNA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



## RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

Doc. ID : GLC-LEM-009  
Revisión : 2

[ASTM D1883-17]

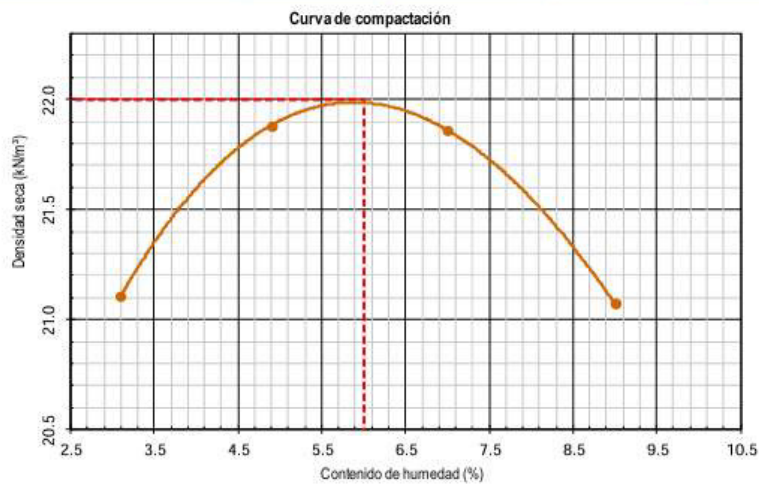
Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-027</b>	Código de muestra : M-5	Muestreado por : Solicitante
Código de muestra : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	Profundidad: Superficial	Fecha de muestreo : 18/05/25
Procedencia : <b>Cantera Arunta</b>	Tipo de material : Afirmado	Ensayado por : W. Diaz
Lugar de muestreo : <b>Acopio en Obra</b>		Fecha de ensayo : 25/05/25

<b>PROCTOR MODIFICADO</b> ASTM D1557-12	<b>ENSAYOS PREVIOS</b>	<b>Ret. Acum. (%)</b>
[Método = C]	SUCS I. P.	#4 3/4" 3/4"
[2,700 kN/m <sup>2</sup> ; 5 Capas, Molde 6", 56 golpes/capa]	GP NP	49.5 42.4 15.6

Peso volumétrico					
Identificación del molde	MP-001	MP-001	MP-001	MP-001	-
Volumen del molde de compactación (cm <sup>3</sup> )	2,161	2,161	2,161	2,161	-
Peso molde de compactación (g)	6,207	6,207	6,207	6,207	-
Peso suelo + molde (g)	11,003	11,266	11,362	11,269	-
Densidad húmeda (kN/m <sup>3</sup> )	22.230	22.956	23.392	22.970	-

Contenido de humedad [ASTM D2216-19]					
Recipiente	01	30	15	08	-
Peso del recipiente (g)	99.60	95.80	101.50	103.40	-
Peso del recipiente + suelo húmedo (g)	812.30	799.40	777.30	809.30	-
Peso del recipiente + suelo seco (g)	790.87	766.53	733.09	751.01	-
Contenido de humedad (%)	3.1	4.90	7.00	9.00	-
Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )	21.11	21.88	21.86	21.07	-



**Resultados**  
OCH : 6 %  
MDS : 22 kN/m<sup>2</sup>

**Observaciones :** Material muestreado por el solicitante.

**ING. CIVIL STIVENS ARTURO SANABRIA SOSA**  
 CIP 20400  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



## RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

Doc. ID : GLC-LEM-009

Revisión : 2

## [ASTM D1883-17]

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : GLC-LAB-25-027 Código de muestra : M-5 Muestreado por : Solicitante  
 Código de muestra : Jaime Alberto Mamani Salcedo Profundidad : Superficial Fecha de muestreo : 18/05/25  
 Procedencia : Cantera Arunta Tipo de material : Afirmado Ensayado por : W. Diaz  
 Lugar de muestreo : Acopio en Obra Fecha de ensayo : 25/05/25

	Moide 4	Moide 5	Moide 6
Identificación del molde			
Cantidad de golpes / Capa	12 Golpes / 5 Capas	25 Golpes / 5 Capas	56 Golpes / 5 Capas
Peso de la sobre carga (g)	4539.0	4553.0	4555.0
Diámetro del molde (cm)	15.24	15.25	15.26
Altura del espécimen (cm)	11.63	11.61	11.63
Volumen del espécimen (cm <sup>3</sup> )	2122.5	2121.4	2126.8
Peso de molde (g)	7746	8799	8846
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12337	13618	13912
Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )	20.002	21.016	22.006

CONTENIDO DE HUMEDAD AL COMPACTAR		Inicial	Final	inicial	Final	inicial	Final
Peso de tara	(g)	33.4	42.6	37.5	40.5	42.3	44.3
Peso suelo húmedo + tara	(g)	456.5	509.6	523.3	554.3	609.3	689.2
Peso suelo seco + tara	(g)	432.2	483.2	495.8	525.2	576.2	652.1
Contenido de humedad	(%)	6.1	6.0	6.0	6.0	6.2	6.1

CONTENIDO DE HUMEDAD LUEGO DE SUMERGIR EN AGUA (E = 1" DE LA PARTE SUPERIOR)					
Peso de tara	(g)	105.0		115.0	104.0
Peso suelo húmedo + tara	(g)	516.0		510.0	519.0
Peso suelo seco + tara	(g)	480.0		477.0	484.0
Contenido de humedad	(%)	9.6		9.1	9.2

ETAPA DE CONTROL DE EXPANSION	Hora	Tiempo (min)	Lectura x 10 <sup>-3</sup>	%	Lectura x 10 <sup>-3</sup>	%	Lectura x 10 <sup>-3</sup>	%
	<b>NO EXPANSIVO</b>							

Tiempo (min)	Penetración		Lectura (Kgf)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)	Lectura (Kgf)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)	Lectura (Kgf)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)
	Pulg.	cm									
0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.025	0.064	264.0	582.0	193.8	401.3	884.7	294.6	506.9	1117.5	372.1
1.0	0.050	0.127	347.6	766.4	255.2	528.4	1164.9	387.9	667.5	1471.5	489.9
1.5	0.075	0.191	493.7	1088.4	362.4	750.4	1654.3	550.8	947.9	2089.7	695.8
2.0	0.100	0.254	577.9	1274.0	424.2	878.4	1936.5	644.8	1109.6	2446.2	814.5
2.5	0.125	0.318	636.4	1403.0	467.1	967.3	2132.6	710.1	1221.9	2693.8	896.9
3.0	0.150	0.381	683.9	1507.7	502.0	1039.5	2291.6	763.0	1313.0	2894.7	963.8
4.0	0.200	0.508	847.6	1868.6	622.2	1288.3	2840.3	945.7	1627.4	3587.8	1194.6
6.0	0.300	0.762	956.9	2109.6	702.4	1454.5	3206.7	1067.7	1837.3	4050.5	1348.7
8.0	0.400	1.016	1075.0	2369.9	789.1	1634.0	3602.3	1199.4	2064.0	4550.2	1515.0
10.0	0.500	1.270									

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

  
**ING. CIVIL STEVEN ARTURO CANABARRA SOSA**  
 CP: 204003  
 ESP. GEOTECNA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.

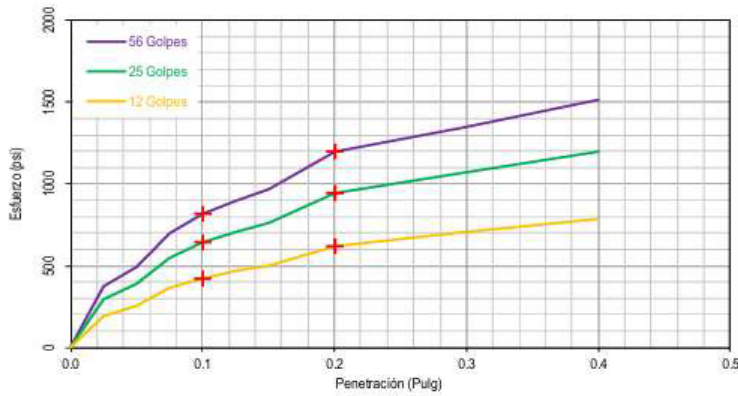


**RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**  
**[ASTM D1883-17]**

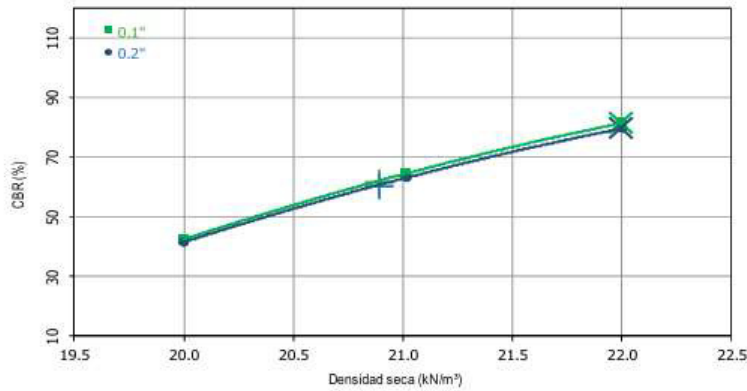
Doc. ID : GLC-LEM-009  
 Revisión : 2

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-027</b>	Código de muestra : M-5	Muestreado por : Solicitante
Código de muestra : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	Profundidad : Superficial	Fecha de muestreo : 18/05/25
Procedencia : Canteras Anunta	Tipo de material : Afirmado	Ensayado por : W. Diaz
Lugar de muestreo : Acopio en Obra		Fecha de ensayo : 25/05/25



Golpes	Esfuerzo (psi)	
	0.1"	0.2"
12	424.2	622.2
25	644.8	945.7
56	814.5	1194.6



Densidad kN/m³	CBR	
	0.1"	0.2"
20.00	42.4	41.5
21.02	64.5	63.0
22.01	81.4	79.6

**RESULTADO AL 95 % MDS**

0.1" = 61.5 %

0.2" = 60 %

**RESULTADO AL 100 % MDS**

0.1" = 81.1 %

0.2" = 79.6 %

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

**ING. CIVIL STEVENS ARTURO SARMIENTO SOSA**  
 CIP: 20400  
 ESP. GEOTECNA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



**DEGRADACIÓN DEL AGREGADO DE GRUESO POR ABRASIÓN E  
IMPACTO  
[ASTM C131-14]**

Doc. ID : GLC-LEM-038  
Revisión : 1  
Emisión : 15/07/22  
Aprobado : R.C.T

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-027</b>	Contratista : <b>M-1</b>	Muestreado por : <b>Solicitante</b>
Código de muestra : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	N° Contrato : <b>Superficial</b>	Fecha de muestreo : <b>18/05/25</b>
Procedencia : <b>Cantera Arunta</b>	Tipo de material : <b>Afirmado</b>	Ensayado por : <b>W. Diaz</b>
Lugar de muestreo : <b>Acopio en Obra</b>		Fecha de ensayo : <b>22/05/25</b>

**CARACTERISTICAS DEL ENSAYO**

Gradación : **B**

Gradación	Esferas N°	Peso (g)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,580 ± 25
C	8	3,330 ± 25
D	6	5,000 ± 25

Peso inicial seco (g) : **4998.1**  
Peso Ret. Tamiz #12 (g) : **4125.2**  
Abrasión (%) : **17**

Tamiz.	Peso (g)	Rango (g)	Cumple / No cumple
1½" - 1"		---	
1" - ¾"		---	
¾" - ½"	<b>2489.5</b>	2500 ± 10	<b>No cumple</b>
½" - ¼"	<b>2508.6</b>	2500 ± 10	Cumple
¾" - ¼"		---	
¼" - #4		---	
#4 - #8		---	
Total	<b>4998.1</b>	5000 ± 10	Cumple

Velocidad (rpm) : **33**  
Revoluciones : **500**  
Tiempo (min) : **15**

**EVIDENCIA FOTOGRÁFICA**



**Foto N° 1**

Se observa la muestra, antes de ser sometido a desgaste. Preparado según Gradación Tipo B



**Foto N° 2**

Se observa la muestra, luego de 15 minutos de haber sido sometido a desgaste

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

  
**ING. CIVIL STEVENS ARTURO SAVAÑRA ROSA**  
 CP: 204023  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.




**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

 Doc. ID : GLC-LEM-003  
 Revisión : 2

**[ASTM D4318-17]**

 Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-026</b>	Código de muestra : <b>M-1</b>	Muestreado por : <b>Solicitante</b>
Código : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	Profundidad (m) : <b>Superficial</b>	Fecha de muestreo : <b>18/05/2025</b>
Procedencia : <b>Cantera Miculla</b>	Tipo de material : <b>Afirmado</b>	Ensayado por : <b>W. Diaz</b>
Lugar de muestreo : <b>Acopio en Obra</b>		Fecha de ensayo : <b>20/05/2025</b>

**Límite Líquido - Preparación de la muestra secada máximo a 60 °C / METODO MULTIPUNTO**

Cantidad de Golpes	-	-	-
N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

**NO PLÁSTICO**
**NOTA IMPORTANTE:**

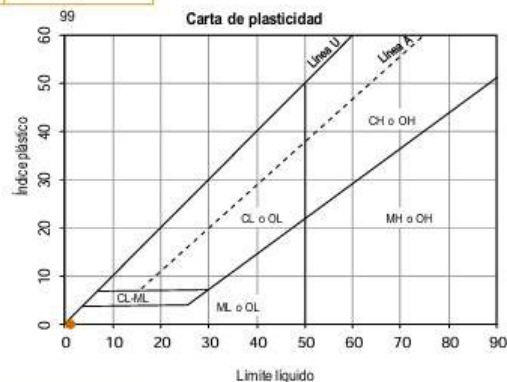
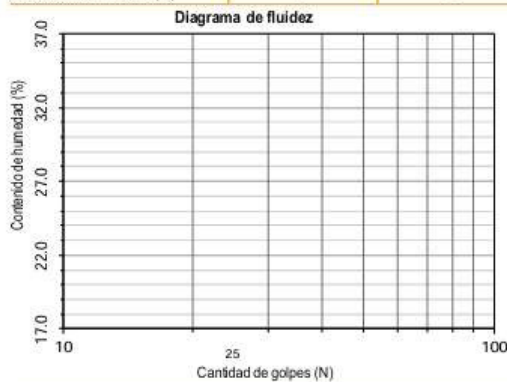
 Equipo - Casagrande mecánico  
 - Ranurador metálico

 Preparación - Método seco  
 - Remoción por lamizado

**Límite Líquido - Preparación de la muestra secada a 110 °C**

Cantidad de Golpes	-	-	-
N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

**RESULTADOS**

 L. L. = NP  
 L. P. = NP  
 I. P. = NP

**Límite Plástico - Muestra secada máximo a 60 °C**

N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

**NO PLÁSTICO**
**NOTA IMPORTANTE:**

 Tipo de rolado  
 - Con la mano  
 Preparación de material  
 - Método seco  
 - Remoción por lamizado

 Observaciones : **Material muestreado por el solicitante.**

ING. CIVIL STIVEN ARTURO GAWARRA SOSA  
 CP. 20400  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEYAS S.A.C.



**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

Doc. ID : GLC-LEM-003  
Revisión : 2

**[ASTM D4318-17]**

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-026</b>	Código de muestra : M-1	Muestreado por : Solicitante
Código : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	Profundidad (m) : Superficial	Fecha de muestreo : 18/05/2025
Procedencia : Cantera Miculla	Tipo de material : Afirmado	Ensayado por : W. Diaz
Lugar de muestreo : Acopio en Obra		Fecha de ensayo : 20/05/2025

**Límite Líquido - Preparación de la muestra secada máximo a 60 °C / METODO MULTIPUNTO**

Cantidad de Golpes	-	-	-
N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

NO PLÁSTICO

**NOTA IMPORTANTE:**

Equipo - Casagrande mecánico  
- Ranurador metálico

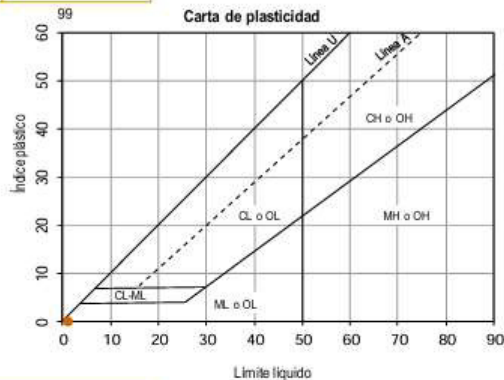
Preparación - Método seco  
- Remoción por tamizado

**Límite Líquido - Preparación de la muestra secada a 110 °C**

Cantidad de Golpes	-	-	-
N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

**RESULTADOS**

L. L. = NP  
L. P. = NP  
I. P. = NP



**Límite Plástico - Muestra secada máximo a 60 °C**

N° de la tara	-	-	-
Peso de la tara (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo húmedo (g)	-	-	-
Peso Tara + Suelo seco (g)	-	-	-
Contenido de humedad (%)	-	-	-

NO PLÁSTICO

**NOTA IMPORTANTE:**

Tipo de rolado  
- Con la mano

Preparación de material  
- Método seco  
- Remoción por tamizado

**Observaciones :** Material muestreado por el solicitante.

  
**INGRID CIVIL STREMENS** ARTURO SANABRIA ROSA  
 CIP. 20000  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



**COMPACTACIÓN DE SUELOS**  
[ASTM D698-12; D1557-12]

Doc. ID : GLC-LEM-007  
Revisión : 1  
Emisión : 01/04/19  
Aprobado : RCT

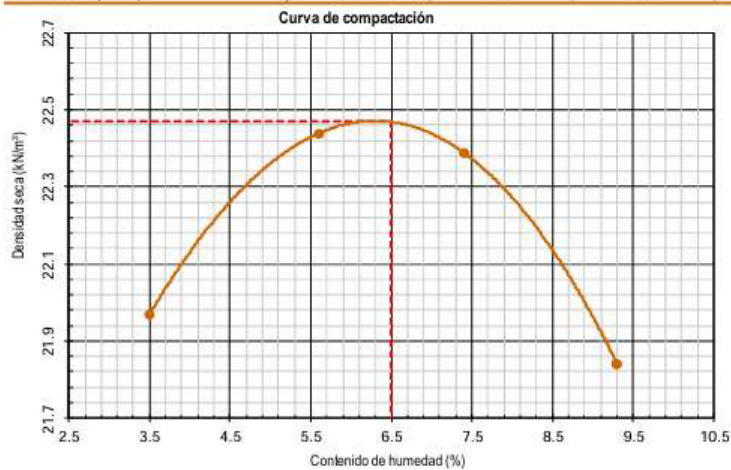
Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <u>GLC-LAB-25-026</u>	Código de muestra : <u>M-5</u>	Muestreado por : <u>Solicitante</u>
Código de muestra : <u>Jaime Alberto Mamani Salcedo</u>	Profundidad : <u>Superficial</u>	Fecha de muestreo : <u>18/05/25</u>
Procedencia : <u>Cantera Miculla</u>	Tipo de material : <u>Afirmado</u>	Ensayado por : <u>W. Diaz</u>
Lugar de muestreo : <u>Acopio en Obra</u>		Fecha de ensayo : <u>21/05/25</u>

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	ASTM D1557-12	Ensayos previos	Ret. Acum. (%)
[Método = C]		SUCS L P.	#4 %" %"
[2,700 kN-m/m <sup>2</sup> ; 5 Capas, Molde 6"; 56 golpes/capa]		GP NP	51.5 41.9 17.0

Peso volumétrico					
Identificación del molde	MP-001	MP-001	MP-001	MP-001	-
Volumen del molde de compactación (cm <sup>3</sup> )	2,161	2,161	2,161	2,161	-
Peso molde de compactación (g)	6,207	6,207	6,207	6,207	-
Peso suelo + molde (g)	11,218	11,429	11,506	11,468	-
Densidad húmeda (kN/m <sup>3</sup> )	22,738	23,696	24,045	23,873	-

Contenido de humedad [ASTM D2216-19]					
Recipiente	01	02	03	04	-
Peso del recipiente (g)	99.60	95.80	101.50	103.40	-
Peso del recipiente + suelo húmedo (g)	785.40	843.20	755.40	743.60	-
Peso del recipiente + suelo seco (g)	762.21	803.57	710.35	689.13	-
Contenido de humedad (%)	3.5	5.6	7.4	9.3	-
Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )	21.97	22.44	22.39	21.84	-



**Resultados**

OCH : 6.5 %

MDS : 22.47 kN/m<sup>2</sup>  
2.291 g/cm<sup>3</sup>

**CORRECCION POR SOBRETAMAÑO**

**Fracción gruesa**

Ret. Acum. (%) : 17.0  
Cont. Humedad (%) : 0.9  
Gs (Base seca) : 2.775

**Agua**

Temperatura (°C) : 21.0  
Gs. del Agua : 0.998

**Resultado Corregido**

OCH C. : 6.7 %  
MDS C. : 22.928 kN/m<sup>2</sup>  
2.338 g/cm<sup>3</sup>

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

**ING. CIVIL STEVEN ARTURO SANABRIA SOSA**  
 CIP: 204003  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.


**RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

Doc. ID : GLC-LEM-009

Revisión : 2

**[ASTM D1883-17]**

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-026</b>	Código de muestra : <b>M-2</b>	Muestreado por : <b>Solicitante</b>
Código de muestra : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	Profundidad : <b>Superficial</b>	Fecha de muestreo : <b>18/05/25</b>
Procedencia : <b>Cantera Miculla</b>	Tipo de material : <b>Afirmado</b>	Ensayado por : <b>W. Diaz</b>
Lugar de muestreo : <b>Acopio en Obra</b>		Fecha de ensayo : <b>23/05/25</b>

**PROCTOR MODIFICADO** ASTM D1557-12  
[Método = C]  
[2,700 kN/m<sup>2</sup>, 5 Capas, Molde 6", 56 golpes/capa]

**ENSAYOS PREVIOS**  
SUCS L.P.  
GP NP

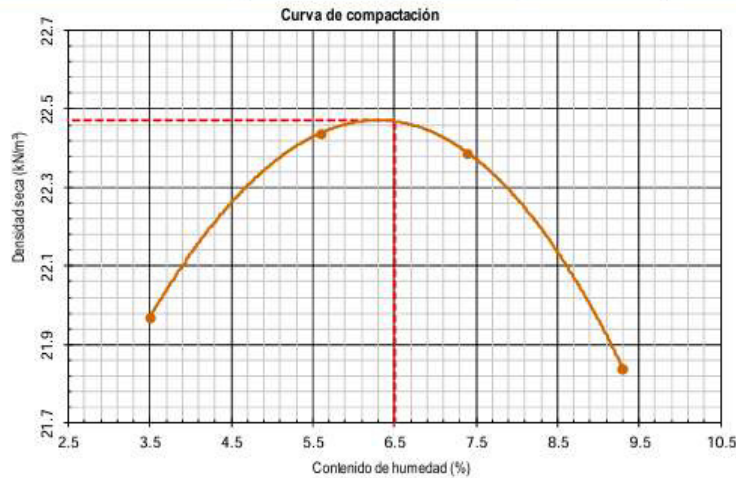
**Ret. Acum. (%)**  
#4 3/4" 3/4"  
51.5 41.9 17.0

**Peso volumétrico**

Identificación del molde	MP-001	MP-001	MP-001	MP-001	-
Volumen del molde de compactación (cm <sup>3</sup> )	2,161	2,161	2,161	2,161	-
Peso molde de compactación (g)	6,207	6,207	6,207	6,207	-
Peso suelo + molde (g)	11,218	11,429	11,506	11,468	-
Densidad húmeda (kN/m <sup>3</sup> )	22.230	23.696	24.045	23.873	-

**Contenido de humedad [ASTM D2216-19]**

Recipiente	01	30	15	08	-
Peso del recipiente (g)	99.60	95.80	101.50	103.40	-
Peso del recipiente + suelo húmedo (g)	785.40	843.20	755.40	743.60	-
Peso del recipiente + suelo seco (g)	762.21	803.57	710.35	689.13	-
Contenido de humedad (%)	3.5	5.60	7.40	9.30	-
Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )	21.97	22.44	22.39	21.84	-


**Resultados**

OCH : 6.5 %

MDS : 22.47 kN/m<sup>3</sup>

**Observaciones :** Material muestreado por el solicitante.

**ING. CIVIL STEVENS ARTURO SAMABRIA SOSA**  
 CIP 20400  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



## RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

Doc. ID : GLC-LEM-009

Revisión : 2

## [ASTM D1883-17]

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ**

N° Solicitud : GLC-LAB-25-026 Código de muestra : M-2 Muestreado por : Solicitante  
 Código de muestra : Jaime Alberto Mamani Salcedo Profundidad : Superficial Fecha de muestreo : 18/05/25  
 Procedencia : Cantera Miculla Tipo de material : Afirmado Ensayado por : W. Diaz  
 Lugar de muestreo : Acopio en Obra Fecha de ensayo : 23/05/25

Identificación del molde	Molde 4	Molde 5	Molde 6
Cantidad de golpes / Capa	12 Golpes / 5 Capas	25 Golpes / 5 Capas	56 Golpes / 5 Capas
Peso de la sobre carga (g)	4539.0	4553.0	4555.0
Diámetro del molde (cm)	15.24	15.25	15.26
Altura del espécimen (cm)	11.63	11.61	11.63
Volumen del espécimen (cm <sup>3</sup> )	2122.5	2121.4	2126.8
Peso de molde (g)	7746	8799	8846
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12340	13618	14043
Densidad seca (kN/m <sup>3</sup> )	19.915	20.887	22.473

CONTENIDO DE HUMEDAD AL COMPACTAR		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Peso de tara	(g)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Peso suelo húmedo + tara	(g)	560.0	527.0	563.0	566.0	518.0	554.0
Peso suelo seco + tara	(g)	525.0	495.0	528.0	531.0	486.0	520.0
Contenido de humedad	(%)	6.7	6.5	6.7	6.6	6.7	6.6

CONTENIDO DE HUMEDAD LUEGO DE SUMERGIR EN AGUA (E = 1" DE LA PARTE SUPERIOR)					
Peso de tara	(g)	105.0		115.0	104.0
Peso suelo húmedo + tara	(g)	516.0		510.0	519.0
Peso suelo seco + tara	(g)	480.0		477.0	484.0
Contenido de humedad	(%)	9.6		9.1	9.2

ETAPA DE CONTROL DE EXPANSION	Hora	Tiempo (min)	Lectura x 10 <sup>-2</sup>	%	Lectura x 10 <sup>-2</sup>	%	Lectura x 10 <sup>-2</sup>	%
	<b>NO EXPANSIVO</b>							

Tiempo (min)	Penetración		Lectura (Kgf)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)	Lectura (Kgf)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)	Lectura (Kgf)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)
	Pulg.	cm									
0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.025	0.064	500.0	1102.3	367.0	550.0	1212.5	403.7	740.0	1631.4	543.2
1.0	0.050	0.127	658.4	1451.5	483.3	724.2	1596.7	531.6	922.5	2033.8	677.2
1.5	0.075	0.191	935.0	2061.3	686.3	1028.6	2267.5	755.0	1239.6	2732.9	910.0
2.0	0.100	0.254	1094.5	2413.0	803.4	1204.0	2654.3	883.8	1482.6	3268.6	1088.3
2.5	0.125	0.318	1205.3	2657.2	884.7	1325.8	2923.0	973.2	1558.6	3436.0	1144.1
3.0	0.150	0.381	1295.2	2855.4	950.7	1424.7	3141.0	1045.8	1663.1	3666.4	1220.8
4.0	0.200	0.508	1605.3	3539.1	1178.4	1785.8	3893.0	1296.2	2092.4	4613.0	1535.9
6.0	0.300	0.762	1812.4	3995.5	1330.3	1993.6	4395.1	1463.4	2218.0	4889.9	1628.1
8.0	0.400	1.016	2035.9	4488.5	1484.5	2239.5	4937.3	1643.9	2482.9	5473.8	1822.5
10.0	0.500	1.270									

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

  
**ING. CAYLL STEVENS ARTURO SAHUARUA SOSA**  
 CIP: 204003  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.

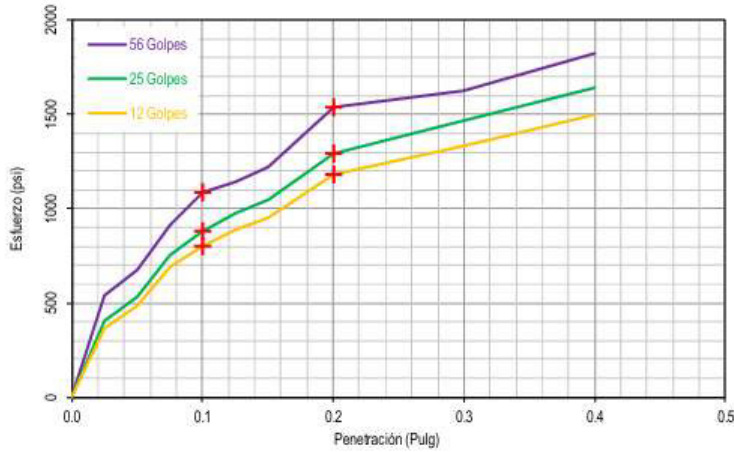


**RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**  
**[ASTM D1883-17]**

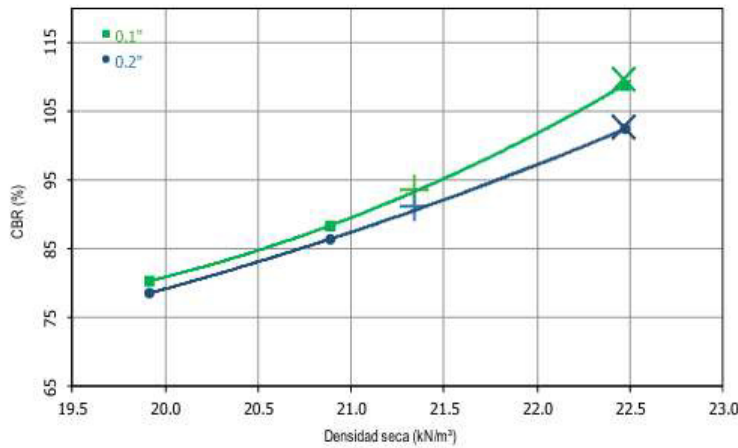
Doc. ID : GLC-LEM-009  
 Revisión : 2

Proyecto : **MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERU**

N° Solicitud : GLC-LAB-25-026 Código de muestra : M-2 Muestreado por : Solicitante  
 Código de muestra : Jaime Alberto Mamani Salcedo Profundidad : Superficial Fecha de muestreo : 18/05/25  
 Procedencia : Cantera Miculla Tipo de material : Afirmado Ensayado por : W. Diaz  
 Lugar de muestreo : Acopio en Obra Fecha de ensayo : 23/05/25



Golpes	Esfuerzo (psi)	
	0.1"	0.2"
12	803.4	1178.4
25	883.8	1296.2
56	1088.3	1535.9



Densidad kN/m³	CBR	
	0.1"	0.2"
19.91	80.3	78.6
20.89	88.4	86.4
22.47	108.8	102.4

**RESULTADO AL 95 % MDS**

0.1" = 93.5 %   
 0.2" = 91 %

**RESULTADO AL 100 % MDS**

0.1" = 109.5 %   
 0.2" = 102.5 %

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

**ING. CIVIL STEVENS ARTURO SAMARRA ROSA**  
 CIP. 20480  
 ESP. GEOTECNA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.



**DEGRADACION DEL AGREGADO DE GRUESO POR ABRASION E  
IMPACTO  
[ASTM C131-14]**

Doc. ID : GLC-LEM-038  
Revisión : 1  
Emisión : 15/07/22  
Aprobado : R.C.T

Proyecto : MEZCLA DE SUELOS UTILIZANDO AGREGADOS OBTENIDOS DE CANTERAS PARA CONSTRUCCION DE SUBRASANTES DE CAMINOS RURALES CON BAJO TRANSITO UTILIZANDO PARAMETROS DEL MANUAL DE CARRETERAS MTC2013 Y CE 010 EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA PERÚ

N° Solicitud : <b>GLC-LAB-25-026</b>	Contralista : M-1	Muestreado por : Solicitante
Código de muestra : <b>Jaime Alberto Mamani Salcedo</b>	N° Contrato : Superficial	Fecha de muestreo : 18/05/25
Procedencia : <b>Cantera Miculla</b>	Tipo de material : <b>Afirmado</b>	Ensayado por : <b>W. Díaz</b>
Lugar de muestreo : <b>Acopio en Obra</b>		Fecha de ensayo : <b>20/05/25</b>

**CARACTERISTICAS DEL ENSAYO**

Gradación : B

Gradación	Esteras N°	Peso (g)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,580 ± 25
C	8	3,330 ± 25
D	6	5,000 ± 25

Peso inicial seco (g) : 5015  
Peso Ret. Tamiz #12 (g) : 4250.3  
Abrasión (%) : 15

Tamiz	Peso (g)	Rango (g)	Cumple / No cumple
1½" - 1"	---	---	---
1" - ¾"	---	---	---
¾" - ½"	2501.3	2500 ± 10	Cumple
½" - ¾"	2505.1	2500 ± 10	Cumple
¾" - ¼"	---	---	---
¼" - #4	---	---	---
#4 - #8	---	---	---
Total	5006.4	5000 ± 10	Cumple

Velocidad (rpm) : 33  
Revoluciones : 500  
Tiempo (min) : 15

**EVIDENCIA FOTOGRÁFICA**



**Foto N° 1**

Se observa la muestra, antes de ser sometido a desgaste. Preparado según Gradación Tipo B



**Foto N° 2**

Se observa la muestra, luego de 15 minutos de haber sido sometido a desgaste

Observaciones : Material muestreado por el solicitante.

**ING. CIVIL STEVEN ARTURO SANABRIA SOSA**  
 CIP. 204003  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.

**PANEL FOTOGRAFICO**



**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**



**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO**

  
**ING. CIVIL STYVENS ARTURO SAMARRA ROSA**  
 CIP 20600  
 ESP. GEOTECNA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.

PANEL FOTOGRAFICO



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO DE CBR

  
 ING. CIVIL STIVENS ARTURO SANABRIA SOSA  
 CIP: 204003  
 ESP. GEOTECNIA  
 GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.

**PANEL FOTOGRAFICO**



**ENSAYO DE ABRASION**



**ING. CIVIL STEVEN ARTURO SAMARRA SOSA**  
CIP: 204003  
ESP. GEOTECNIA  
GEOLABORATORIO Y CONEXAS S.A.C.

