



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas  
de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata –  
Laripata, Cabanillas – San Román 2021.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Cruz Arpi, Yefer Wildo (ORCID: 0000-0002-0178-5052)

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2021

**Dedicatoria:**

Mi Tesis en especial a mi hijo Gabriel y a mis familiares por el apoyo incondicional que me han brindado para el logro de mis metas y objetivos.

Yefer Wildo Cruz Arpi

### **Agradecimiento:**

A mi asesor Mg. Ing. CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO por brindarme su apoyo y guía en todo el proceso de investigación, así como a todos los amigos que permitieron el desarrollo e indagación del desarrollo de tesis.

Al laboratorio GEOTECNIA PUNO EIRL, Ing. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI, por brindarme su apoyo incondicional.

A la “UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO” por darme la Oportunidad de formar parte de ello.

Yefer Wildo Cruz Arpi

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	13
<b>III. METODOLOGÍA</b>	23
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.2 Variables y Operacionalización	24
3.3 Población y muestra	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.5 Procedimientos	28
3.6 Métodos de análisis de datos	29
3.7 Aspectos éticos	39
<b>IV. RESULTADOS</b>	30
<b>V. DISCUSIÓN</b>	47
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	51
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	52
<b>REFERENCIAS</b>	53
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación según tamaño de las partículas	19
<b>Tabla 2.</b> Límites de consistencia	20
<b>Tabla 3.</b> Clasificación del suelo en función de su índice de plasticidad	20
<b>Tabla 4.</b> Número de Calicatas para Exploración de Suelos	18
<b>Tabla 5.</b> Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-1	33
<b>Tabla 6.</b> Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-2	34
<b>Tabla 7.</b> Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-3	36
<b>Tabla 8.</b> Contenido de Humedad de la muestra (P)	38
<b>Tabla 9.</b> Límite líquido	38
<b>Tabla 10.</b> Límite plástico	39
<b>Tabla 11.</b> Proctor Modificado (Relación Densidad-Humedad)	40
<b>Tabla 12.</b> Óptimo Contenido de Humedad (OCH) / cemento	42
<b>Tabla 13.</b> Máxima Densidad Seca (MDS) / cemento	43
<b>Tabla 14.</b> Índice de Plasticidad	44
<b>Tabla 15.</b> Californian Bearing Ratio	45

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1.</b> Límites de Atterberg	21
<b>Figura 2.</b> Imagen de Número de Ensayos CBR	26
<b>Figura 3.</b> Número de Calicatas para Exploración de Suelos	27
<b>Figura 4.</b> Mapa del Perú	30
<b>Figura 5.</b> Mapa de la Región Puno	30
<b>Figura 6.</b> Localización de la carretera Quinsachata-Laripata	31
<b>Figura 7.</b> Calicata-1	31
<b>Figura 8.</b> Calicata-2	32
<b>Figura 9.</b> Calicata-3	32
<b>Figura 10.</b> Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-1	35
<b>Figura 11.</b> Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-2	35
<b>Figura 12.</b> Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-3	37
<b>Figura 13.</b> Límite líquido	39
<b>Figura 14.</b> Proctor Modificado (Relación Densidad-Humedad)	41
<b>Figura 15.</b> Californian Bearing Ratio (CBR)	41
<b>Figura 16.</b> Óptimo Contenido de Humedad	42
<b>Figura 17.</b> Máxima Densidad Seca	43
<b>Figura 18.</b> Límite de Atterberg	44
<b>Figura 19.</b> Californian Bearing Ratio	45

## Resumen

El estudio que presenta a continuación tiene por objetivo: Evaluar la influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.

**Metodología:** tipo aplicada y diseño cuasi-experimental. Población, tramo Quinsachata – Laripata, muestra extraída de la calicata ubicada en el km 2 + 000, muestreo Calicata N° 3 (terreno más desfavorable). Instrumentos: protocolos estandarizados, así tenemos: MTC E107-2000 (Análisis granulométrico) ASTM D 422, MTC E111-2000 (Límite plástico, índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E110-2000 (Límite líquido de los Suelos) ASTM D 4318, MTC E115-2000 (Proctor Modificado) ASTM D 1557, MTC E1322000 (CBR de los suelos) ASTM D 1883.

**Resultados:** Calicata N°3, 61.80 % poca cantidad de finos, 92.39 arenoso y 7.61 % de grava, AASHTOO A-7-6 (10); Óptimo Contenido de Humedad (SN)=9.9%, SN+6% CP=9.8%, SN+8% CP=9.7%, SN+10% CP=9.5%; Índice de Plasticidad: (SN)=24.30%, SN+6% CP=19.66%, SN+8% CP=15.21%, SN+10% CP=7.85% y CBR AL 95% (SN)=45.7%, SN+6% CP=50.9%, SN+8% CP=55.0%, SN+10% CP=59.1%, AL 100% (SN)=62.6%, SN+6% CP=68.0%, SN+8% CP=84.9%, SN+10% CP=100.6%.

**Palabras clave:** Cemento, propiedades físico-mecánicas, subrasante.

## **Abstract**

The study presented below aims to: Evaluate the influence of cement on the physical-mechanical properties of the subgrade in neighborhood roads, section Quinsachata - Laripata, Cabanillas - San Román 2021. Methodology: applied type and quasi-experimental design. Population, Quinsachata - Laripata section, sample taken from the pit located at km 2 + 000, Calicata sample N ° 3 (most unfavorable terrain). Instruments: standardized protocols, thus we have: MTC E107-2000 (Granulometric analysis) ASTM D 422, MTC E111-2000 (Plastic limit, plasticity index) ASTM D 4318, MTC E110-2000 (Liquid limit of Soils) ASTM D 4318 , MTC E115-2000 (Modified Proctor) ASTM D 1557, MTC E1322000 (CBR of soils) ASTM D 1883. Results: Calicata N°3, 61.80% little amount of fines, 92.39 sandy and 7.61% gravel, AASHTOO A- 7-6 (10); Optimal Moisture Content (SN) = 9.9%, SN + 6% CP = 9.8%, SN + 8% CP = 9.7%, SN + 10% CP = 9.5%; Plasticity Index: (SN) = 24.30%, SN + 6% CP = 19.66%, SN + 8% CP = 15.21%, SN + 10% CP = 7.85% and CBR AL 95% (SN) = 45.7%, SN + 6% CP = 50.9%, SN + 8% CP = 55.0%, SN + 10% CP = 59.1%, AL 100% (SN) = 62.6%, SN + 6% CP = 68.0%, SN + 8% CP = 84.9%, SN + 10% CP = 100.6%.

**Keywords:** Cement, physical-mechanical properties, subgrade



## I. INTRODUCCIÓN

Según Serrano y Padilla (2019) en todo el mundo existen diversas técnicas para estabilizar los suelos de las subrasantes, como puede ser la estabilización mecánica compactando o colocando material de grano fino y grueso sobre la subrasante, también se puede alterar las propiedades físico-químicas con el uso de cemento, asfalto bituminoso, limo, así como también geosintéticos y textiles; uno de los materiales que se utilizan con mayor frecuencia para la construcción de subrasante es el suelo cemento. Esta mezcla posee cemento portland, cantidades de agua determinadas así como distintas características granulométricas que finalmente se compactaran y permitirán la obtención de curado y altas densidades, con lo cual se logrará un endurecimiento efectivo. El material que se obtenga tiene las consideraciones de resistencia a los esfuerzos de compresión, como termoaislante, impermeabilidad y estabilidad en el tiempo.

Velazquez (2018) menciona que es importante señalar que los suelos que conforman una vía en la estructura de pavimento o vías de acceso, de baja calidad, obliga a tener que mejorarlos, ya que estos son suelos con propiedades desfavorables y que presentan condiciones de inestabilidad volumétrica y deterioros en magnitudes elevadas que afectan la transitabilidad. A partir de los ensayos efectuados estos fueron disminuyendo con la incorporación de ceniza volante, enzimas orgánicos - suelo-cemento, Agua de Mar y de Cal, esto se realiza con la finalidad de estabilizar los suelos a partir de la inclusión de estos estabilizadores para posteriormente evaluarlos como alternativas de estabilización diferentes pero teniendo en cuenta las normas establecidas para no incurrir en defectos de diseño, construcción o materiales.

La creciente tendencia de diseñar estructuras en “suelos débiles” es responsable de la creciente necesidad de estabilizar y mejorar el suelo. Esta tendencia requirió que los ingenieros civiles ampliaran sus conocimientos en términos de tecnologías que permitan alcanzar el nivel deseable de resistencia del suelo. Las tecnologías de mejora del suelo exigen varios procedimientos de control según el efecto esperado del fortalecimiento del suelo. (Izabela Karpisz, 2018)

En el Perú, es importante contar con una infraestructura vial nacional, departamental y caminos vecinales, de pavimentos o vías de acceso que se encuentren en buen estado de transitabilidad y así poder garantizar un transporte seguro y eficaz. Con el transcurso de tiempo las infraestructuras viales se deterioran como los pavimentos construidos o caminos a nivel nacional incrementándose por diversos factores como naturales y desgastes por uso, es debido a un mal procedimiento constructivo, mala compactación del terreno, incremento de cargas solicitadas, entre otros; asimismo es importante evaluar la mejora de las propiedades físico mecánicas con la incorporación de materiales que contengan mayor proporción de CBR.

El distrito de Cabanillas - Provincia de San Román, se ubica en departamento de Puno que posee una superficie de territorio de 1,267.06 km<sup>2</sup>, con una población de 5 180 habitantes según el censo 2017, a una altitud de 3885 m.s.n.m. con ubicación de coordenadas: 70°20'39" de longitud oeste y 15°38'14" de latitud sur; con mayor exactitud diremos que se encuentra a faldas del cerro Kenkuturi y a orillas del río Cabanillas. Por lo frecuente, no recibe precipitaciones pluviales casi todo el año, la presencia de caída de lluvias empieza en los meses de enero, febrero y diciembre que generalmente suelen ser leves, irregulares y fuertes.

De acuerdo al tipo de terreno encontrado en la localidad de Laripata, se observó que el tipo de suelo en el distrito de Cabanillas Laripata - Quinsachata, es un suelo arcilloso con alto índice de plasticidad, por la estructura vial transitan carros sobre la subrasante ondulada y en mal estado que se encuentra, generando desgaste de las unidades vehiculares, motorizados y el deterioro de los productos agrícolas que transportan y no llegan a tiempo a los mercados, por ello, se propuso una alternativa de solución al incorporar Cemento en cierta cantidad de proporciones y así determinar su influencia en el mejoramiento de la subrasante. En la **formulación del Problema** se encontró que la región de Puno específicamente en la Provincia de San Román distrito de Cabanillas los caminos vecinales se encuentran a nivel de trochas y contienen el material arcilloso, que dificultan la transitabilidad de los pobladores, pero por necesidad vienen siendo utilizadas aun sin construirse; ante este requerimiento de uso y para mejorar su estabilización se plantea la incorporación de cemento el cual modificó las propiedades físico

mecánicas. Para lo cual nuestro **problema general**: ¿Cuánto influye el cemento en las propiedades físico mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?, asimismo los **problemas específicos** de esta investigación son: ¿Cuánto influye el cemento en el contenido de humedad de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?; ¿Cuánto influye el cemento en el índice de plasticidad de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?; ¿Cuánto influye el cemento en la CBR de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?, continuaremos con la **justificación de estudio**, así tenemos **justificación teórica**: La investigación se realizó con la finalidad de brindar o aportar resultados de manera aplicativa, como implementar conocimientos sobre el diseño de subrasante con el uso de cemento para el aumento de la capacidad portante; seguimos con la **justificación práctica**: En la actualidad contamos con tecnología nueva y en su entorno de la ingeniería civil es importante tener en cuenta que todo proyectos de inversión se ejecute de manera eficiente y eficaz, por ello es importante definir la influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021; de esta manera obtener resultados favorables que indiquen la influencia luego de incorporar el material mencionado. Se busca economizar los costos en la construcción de caminos vecinales o vías de acceso mediante la incorporación de materiales con alto contenido de caliza. Luego la **justificación por conveniencia**: En la siguiente investigación, se propone usar el cemento como estabilizador de subrasante en el camino vecinal, de esta manera de busca mejorar con el uso de este material que beneficiará en la transitabilidad y el medio ambiente ya que no levantará polvareda que cubre alrededor del camino vecinal y afecta a la flora y fauna, esta nueva metodología busca dar solución técnico, añadiendo conocimientos sobre la estabilización de suelo arcillo en subrasante de caminos vecinales, de tal Modo se puedan dar solución a problemas similares en los caminos vecinales aledaños al Distrito de Cabanillas. Proseguimos con la **Justificación social**: Esta investigación se origina a consecuencia que en la región de Puno existe alta inestabilidad de pavimentos en caminos vecinales que dan acceso al desarrollo económico y social especialmente en la provincia de San

Román, Distrito de Cabanillas, que beneficiará a los pobladores con mejoras en el Distrito a nivel de comunicación, organización, transporte, lo cual permitirá un crecimiento cultural, económico y social. La mejora de la transitabilidad de estas vías podrá facilitar la movilización de los pobladores que laboran a diario se trasladan a sus labores agrícolas, comerciales en vehículos que diariamente sufren fallas mecánicas y están varados en medio camino a consecuencia del mal estado de la vía. Y finalmente la **justificación metodológica**: Dentro de los objetivos que se plantean en la investigación, se tomó en cuenta el uso del programa Microsoft Excel, Auto CAD 2d, en el caso de la validación de las variables las normas del ASTM y NTP utilizadas y designadas para cada tipo de ensayo, la confiabilidad, por los Laboratorios de la zona. De esta forma procedimos a identificar nuestro **objetivo General**: Evaluar la influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021. Luego se propuso los siguientes **objetivos específicos**, los cuales son: Determinar la influencia del cemento en el contenido de humedad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021; Evaluar la influencia del cemento sobre el índice de plasticidad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021; Evaluar la influencia del cemento sobre la CBR de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021. Finalmente se formuló la **hipótesis General**: La incorporación de cemento mejora las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021. Entonces las **hipótesis específicas** de esta investigación son: La incorporación del cemento disminuye el contenido de humedad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021; La incorporación del cemento disminuye el índice de plasticidad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021; La incorporación del cemento aumenta la CBR de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

**A nivel internacional**, tenemos a Garcia (2019 ), tuvo como **objetivo** estudiar la técnica de mezcla suelo cemento y su comportamiento mecánico en un tipo de arcilla y su posible implementación en las vías en mención. La **metodología** utilizada se hizo uso de la recopilación de información hasta la obtención de los resultados teniendo en cuenta la adición de cemento en cantidades de 0% a 12% de peso en masa. Obteniendo como resultado El caolín al ser un material fino, es frágil a la falta de agua, que se compensó con un 12% de cemento, el cual favoreció a la cohesión de sus partículas y mejoró su resistencia. También se deduce que es un problema el estado de .del material, ya que si no se adiciona algún aditivo este se desintegra, lo cual permite perder la resistencia mecánica y así el mismo suelo al ser estabilizado con cemento a porcentajes mayores al 8% disminuya su resistencia a 50%. También tenemos **Alzate(2018)**, tiene como **objetivo**: Evaluar el cemento como aditivo estabilizante en la capa de subrasante para la vía Llano Grande, jurisdicción del municipio de Pereira-Risaralda. Su metodología de investigación planteada es de tipo experimental-descriptiva, como **resultado** el porcentaje que mejor resistencia obtuvo fue del 13 %. En el 75 % de las muestras de suelo estabilizado con este porcentaje se mejoró más del cien por ciento, siendo la resistencia más baja alcanzada de 19 toneladas por metro cuadrado y la más alta de 149 toneladas por metro cuadrado. De igual manera se tiene a **Almeida (2016)**, teniendo como **objetivo** de investigación: Definir los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante. La metodología de investigación fue de estudio experimental de tipo aplicada, los instrumentos fueron los equipos para los ensayos de Laboratorio, tiene como **resultados**: CBR natural , en la muestra 1, de 3,81% luego su valor de CBR fue 9,2%, con la cual se evidencia el aumento de la capacidad portante debido al uso de cemento en porcentajes adecuados así como de enzimas orgánicas con el fin de mejorar los suelos arcillosos de las muestras, además de escoger la más adecuada para el uso de la estabilización de la subrasante, haciendo primar en todo momento el costo-beneficio de estabilizar suelos pobres. **A nivel nacional Castro(2019)**, cuyo **objetivo general** fue: Mejorar suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico. **Metodología** de tipo

experimental, el diseño, experimento puro. Resultados: Contenido de humedad en condiciones naturales de 14.3% y máximo de 15.2% cuando se agrega cemento al 20%; CBR, con el 10% de cemento logra 91.9%, al 20% logra 129.3%; en cuanto a la expansión volumétrica se logró disminuir hasta un 7.18% (10%) en intervalos de 2.96% hasta 4.72% debido a la presencia del cemento Portland, mas no por la cantidad del mismo. **Conclusiones:** se mejora el suelo arcilloso de alta plasticidad al ser combinado con cemento, así mismo la técnica suelo cemento aumenta considerablemente el valor de CBR, cuando es usado el cemento al 10%. **Según Becerra y Herrera (2019)**, teniendo como **objetivo** estabilización de arcillas, arenas y afirmados, planteando proporciones de los cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna en la región Lambayeque. **Metodología:** investigación experimental y cuantitativa, con empleo de técnicas como la observación y análisis de documentos. **Resultado**, se estabilizó, en diferentes porcentajes en un rango de 4% al 19% para obtener diferentes resistencias y poder comparar los resultados con la del suelo natural. **Concluyendo** que el cemento de mejor resistencia para los tres tipos de suelos es el Qhuna seguido de Mochica y Viaforte; a diferencia de las arenas que tienden a subir su humedad densidad, en el caso de las arcillas ocurre lo contrario. Por último **Velazquez (2018)**, lleva como **objetivo:** Evaluar la influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante en el camino vecinal tramo Quinsachata - Laripata". La metodología de investigación fue un estudio de tipo aplicada , nivel explicativa – correlacional y diseño experimental. Se realizó un estudio de suelos para identificar sus características físicas y mecánicas. **Resultados:** con cemento AL 5% SU I.P disminuyó de 44% a 15%, su I.C disminuyo de 27% a 19%, su índice de CBR aumento de 1.30% a 13.75% al 95% DSM. **Concluye** que de acuerdo a los porcentajes de cemento utilizados en 1%, 3% y 5% el suelo presento plasticidad media y cambios volumétricos. Sin embargo con una adición de solo el 4% se logró una subrasante de regular a buena, según el índice CBR.

**Teorías relacionadas al tema.** El Cemento según INVIAS, (2018) es un aglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico molido finamente que al ser mezclado con agua, forma una pasta que endurece y fragua mediante reacciones y procesos de hidratación, el cual conserva su estabilidad y resistencia, una vez endurecido, incluso bajo el agua. De igual modo Joaquim et al, (2016) menciona

que mezclado y dosificado adecuadamente, el cemento, con agua y áridos debe producir un hormigón o mortero que permita su trabajabilidad y capacidad de darle forma durante un tiempo suficiente, alcanzar niveles de resistencias preestablecidos y presentar estabilidad de volumen a largo plazo. También se dice que el cemento está compuesto principalmente por material Clínter -mezcla de caliza, arcilla y componentes químicos- y diferenciado según la adición de otros materiales, como: yeso, que aumenta el tiempo de fraguado; escoria, que aumenta la durabilidad en presencia de sulfato, pero, cuando se encuentra en grandes cantidades, puede disminuir la resistencia; arcilla puzolánica, que aporta mayor impermeabilidad al hormigón; y la propia piedra caliza, que a menudo se utiliza en mayores cantidades para reducir el costo del cemento. (2021) Asimismo Neville y Brooks (2010), afirma que el cemento Portland, posee este nombre porque se obtienen de mezclar materiales arcillosos y calcáreos, o materiales que poseen óxido de hierro, sílice y alúmina, obtenido por la pulverización del Clínter portland con la adición eventual de otros productos. También Pasquel (1998), define de manera similar que el cemento Portland es como un conglomerante hidrófilo, que resulta de calcinar rocas areniscas, arcillas y calizas, con la finalidad de obtener un polvo bastante fino que en presencia de agua endurezca, logrando propiedades resistentes y propiedades adherentes. Según (Stabilisation of Pavement Subgrade Soil Using Lime and Cement., 2017) es un aglutinante de mayor uso a nivel mundial, porque permite estabilizar una amplia variedad de suelos, aunque su efectividad es mucho mejor en suelos arcillosos y arenosos con índices de plasticidad de bajo a mediano. Complementariamente, el MTC (2013) menciona que el cemento hidráulico se obtiene por pulverizar el Clínter Portland con el agregado eventual de yeso natural. El Clínter Portland se obtiene al calcinar la arcilla y caliza a temperaturas que oscilan entre 1350 y 1450 °C. Se concluye, por tanto, que de todas las adiciones, el yeso no puede, bajo ninguna circunstancia, estar mezclados con cemento, y que los demás materias primas añadidas (escoria de alto horno, materiales puzolánicos y carbono materiales ópticos) son totalmente compatibles con los principales componente del cemento Portland, el barniz o eventualmente dando al menos una cualidad más. (PORTLAND, 2002). El tipo de cemento que se utiliza normalmente es un cemento Portland, CEM II / A LL 42.5 R. El cemento solo reacciona con el agua en el suelo y, por lo tanto, la resistencia no depende del tipo

de suelo, por lo tanto, la resistencia solo depende de la cantidad de cemento y el suministro de agua en el suelo que puede reaccionar con el cemento. (Söderlund, 2018). En el caso de la **Estabilización de suelos con cemento** Das, (2012) menciona también que el cemento puede emplearse para estabilización de suelos tanto arenosos como arcillosos. Así como en el caso de la cal, el cemento permite disminuir el índice de plasticidad y aumenta la manejabilidad de los suelos arcillosos. Los suelos granulares y arcillosos con baja plasticidad son los más adecuados para la estabilización con cemento. (Jamshidi, 2014) Consideraciones de diseño de suelo-cemento con la excepción de los suelos orgánicos, la arcilla altamente plástica y los suelos arenosos de mala reacción, el cemento se puede utilizar para la estabilización de una amplia gama de suelos. La gradación del suelo es un diseño crucial consideración, ya que controla la cantidad de cemento requerida en el diseño de la mezcla. Por económicas razones en los proyectos de estabilización de suelos, la cantidad de finos (es decir, partículas menores de 0.08 mm) normalmente se limita al 5 al 35 por ciento para controlar la cantidad de cemento requerido.

**La subrasante** es el soporte natural gradado y compactado, en el cual se puede construir un pavimento, que soporta la estructura de pavimento. Asimismo, es el elemento que está sometido a una demanda de cargas que transmite el pavimento, donde la calidad de la subrasante influye en el proceso constructivo y eficiencia de una carretera. También constituye el soporte directo de dicho pavimento, por lo que debe tener una resistencia y una regularidad geométrica adecuada Kraemer (2004). En el Módulo de reacción de la subrasante AASHTO, con los datos obtenidos se procede a determinar el radio de rigidez relativa y a partir de este se determinará el módulo de reacción de la subrasante. El suplemento de la AASHTO *Guide of pavement Structures 'Part II, - Rigid Pavement Design and Rigid Pavement Joint Design'* presenta las siguientes ecuaciones para determinar el módulo de reacción de la subrasante donde el módulo de reacción (K) enlaza la presión primordial, que genera una deformación, obteniendo diferentes etapas de carga y descarga al someter el suelo.

El suelo puede interpretarse de diversas maneras de acuerdo al interés o aplicación que se le desee dar. En ingeniería el suelo viene a ser un depósito de partículas minerales no consolidado, el cual se encuentra formado por diversas fases: líquida,



sólida y gaseosa, sobre la que se realizan diversas obras de ingeniería (Stephen Nortcliff, 2012). El suelo, juega un papel importante en las cimentaciones, en gran medida la estabilidad de sus estructuras se debe a las propiedades que posee. A través de la cimentación se transmiten cargas que permiten generar tensiones y deformaciones que son causadas por la carga aplicada y las propiedades del terreno de soporte. Entonces bajo estas tensiones, el suelo se afecta por la acción del agua no anticipada (Jin Liu, 2011) entre otros. Que el suelo pierda resistencia proporciona en la estructura severos daños (Ali Firoozi, 2017). El estabilizar los suelos nos permite aumentar la capacidad de soporte, mejora la resistencia al corte, disminuye la plasticidad, incrementa la resistencia al ablandamiento debido a la acción del agua, permite minimizar la permeabilidad del agua al proporcionarle estabilidad volumétrica y aumenta en los suelos tratados el peso unitario (M. R. Hall, 2012). Crespo (2012) conceptualiza que el suelo es una capa fina de material encontrado sobre el revestimiento terrestre, formado por la alteración química, física y desintegración, o en ambos casos de las rocas como resultado de las diversas actividades de los seres que nos asentamos en ella. Por lo que el cemento mejora las propiedades mecánicas del suelo y es adecuado para tratar suelos. También Peck et al. (1983) nos dice que presentan diferencias entre los términos suelo y roca. Indicando que roca presenta grandes fuerzas de cohesión ya que es un agregado natural de granos mineralizados. El suelo a su vez presenta agregados naturales de minerales que tiene o no composiciones orgánicas que pueden ser separados mediante medios mecánicos comunes. Asimismo no es fácil distinguir entre roca y suelo en la práctica, sin embargo aunque las rocas sean más fuertes y resistentes también pueden desintegrarse mediante el proceso de meteorización, inclusive los suelos muy duros podrían presentar resistencias muy parecidas a las rocas meteorizadas. Los suelos también pueden estabilizarse con el uso de cemento y cal, estos procesos estabilizan mejor el suelo logrando en ingeniería un material de construcción mejorado. Los beneficios que brinda son rigidez de durabilidad, reducción de la plasticidad del suelo, reducción en el potencial de hinchamiento/ contracción así como el aumento de resistencia del suelo. (Firoozi, 2017)

**La Arcilla** , Roldán (2010), en su investigación menciona que se le denomina con este nombre porque presenta partículas en estado sólido con un diámetro de

0.002mm según normas ASSHTO, y por tanto al ser mezclado con agua se vuelve plástica. Aunque en ocasiones presenta silicatos de hierro o magnesio hidratados, químicamente es un silicato de albumina hidratado. **Naturalmente los suelos arcillosos** presentan partículas sólidas con diámetros menores a 0.005 mm y poseen la propiedad de volverse plástica cuando se mezclan con agua. (Crespo, 2012). De igual modo Juárez, Rico( 2005) mencionan que, la arcilla se forma a partir de la descomposición de numerosos minerales, principalmente de silicatos, que son encontrados en rocas metamórficas e ígneas. En comparación con los suelos gruesos, las arcillas presentan un comportamiento mecánico que está influido por su constitución meteorológica y su estructura en general.

En las **propiedades físicas** encontramos el **Análisis granulométrico**: NTP (2018), Según la Norma Técnica Peruana: Análisis granulométrico establece el mecanismo para determinar el tamaño de las partículas según su distribución ya sea global por tamizado, grueso o fino. Asimismo el análisis granulométrico permite determinar el tamaño de las partículas de una muestra de material, el cual se emplea con otras propiedades para poder clasificarlo ya que por si solo no es muy útil. Además es el inicio de cualquier otro tipo de ensayo que se pueda realizar a la muestra, esto indica que es la base para la realización de otros ensayos consiguientes a la granulometría. En el **Método de análisis granulométrico** se describen los métodos de análisis granulométricos al conteo de puntos o de la malla, del tamizado y de la pipeta, además de un método de unificación que permite llevar en conjunto los resultados de cada método a una curva de distribución equivalente. Igualmente, se enfatiza en lo importante de este tipo de análisis, teniendo en cuenta principalmente el desarrollo y utilización, cada vez más común, de los diagramas empíricos de clasificación. Este hecho abarca dos tipos de ensayos: sedimentación para la fracción fina del suelo limoso y arcilloso y por tamizado para las partículas gravas y arenas.

**Tabla 1.** Clasificación según tamaño de las partículas

Tipo de Material		Tamaño de las Partículas
Grava		76 mm - 4.75 mm
Arena		Arena Gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena Media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena Fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.b

En la **Densidad del Suelo** tenemos a la **Densidad aparente (Da)**, menciona Foth (1987), determinar la densidad aparente posee un valor extraordinario que permite conocer el estado físico del suelo, debido a que refleja la porosidad y el comportamiento dinámico por el accionar de agentes internos y externos, por ejemplo la compactación y dispersión de las partículas respectivamente: Densidad Aparente:  $= Pss/vt$ ; (g/cm<sup>3</sup>) esto se explica como la relación entre la masa secado (Pss) al horno de las partículas de suelo y el volumen total (Vt), incluyendo el espacio poroso que ocupan, a través de la ecuación y clasificarla mediante la tabla. En la **Densidad real (Dr)** Foth (1987) menciona que es la relación entre el peso en seco (Pss) y el volumen de sus partículas (Vp). Usualmente expresados en g /cm<sup>3</sup>, a continuación su fórmula:  $Dr = Pss / Vp$  (g/cm<sup>3</sup>).

El **Contenido de Humedad** que posee un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas un suelo se determina como la relación existente entre el peso del agua (Ww) contenida en la muestra y el peso de su fase sólida (Ws). Campos (2005), el contenido de humedad (w), se define como el resultado entre la masa de agua contenida y la masa de los sólidos de una masa de suelo, exponiendo al suelo húmedo en un horno inspeccionado a 110 ° a 5°C hasta llegar a un peso constante del terreno. En los **límites de consistencia** encontramos al **límite de plasticidad**, que es utilizado para la caracterización del comportamiento de los suelos finos, donde varía su comportamiento a lo largo del tiempo, según Atterberg los límites están basados en conceptos de que un suelo grano fino solo posee cuatro estados según su consistencia de humedad. Donde se dice que si está seco es sólido, plástico cuando se le agrega agua y por último líquido. Los **límites de Atterberg**

son aquellos que se encuentran en el estado de transición de un estado a otro, se clasifican en Límite Plástico y Límite Líquido, que son las propiedades físicas de la subrasante. El **Límite Líquido** referido a la humedad de una masa que se encuentra entre el estado plástico y líquido. Así como en el **Límite plástico** consiste cuando el suelo pasa de estado semisólido a plástico, es el contenido de humedad más bajo, para el cual el suelo comienza a fracturarse, siendo de baja ligera presión.

**Tabla 2.** Límites de consistencia

Límites de Consistencia	Ensayos según Normas	Descripción
Límite líquido	MTC EM110	Cuando el suelos pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y se rompe
Límite plástico	MTC EM111	Cuando el suelos pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe
Límite de contracción	MTC EM112	Cuando el suelos pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad
Índice de Plasticidad	MTC EM111	Característica para obtener el índice de plasticidad IP, el cual se calcula así $IP=LL-LP$

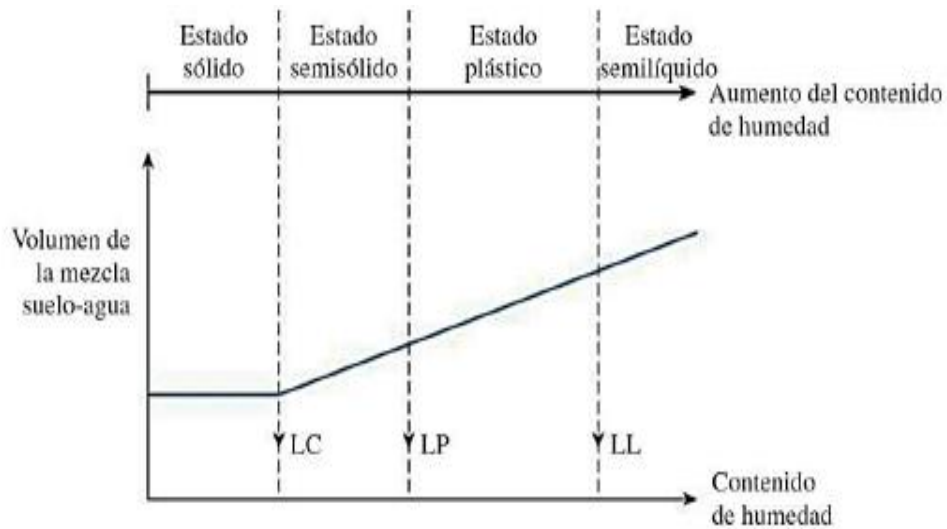
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008<sup>a</sup>

**Tabla 3.** Clasificación del suelo en función de su índice de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP < 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 7$	No plástico (NP)	Suelos extensos de arcilla

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

**Figura 1.** Límites de Attemberg



Fuente: Braja. Fundamentos de Ingeniería en Cimentaciones, 2015.

Las **propiedades mecánicas** permiten determinar la capacidad portante del suelo con la finalidad de estabilizar a la subrasante por ello mencionaremos al **Índice CBR** para evaluar la calidad de subrasante, Sowers y Sowers (1972), conceptualizan al valor relativo de soporte (California Bearing Ratio, CBR), como índice semiempírico de las caracterizaciones de deformación y resistencia del suelo. Para determinar el parámetro de espesor del pavimento se han correlacionado el CBR con el comportamiento del mismo. Asimismo según el MTC(2014), una vez definido el valor de índice CBR según el diseño para cada sector con características homogéneas, se procede a designar a que categoría de subrasante pertenece. Los suelos de explanación, que se encuentren debajo del nivel superior de la subrasante deben como mínimo tener un espesor de 0.60 m correspondiente al material de la categoría asignada o en todo caso se toma la categoría de calidad inmediata inferior. El MTC (2014) en lo que refiere al nivel superior de la subrasante, recomienda que quede por encima del nivel freático, mínimamente a 0.60 m cuando este referido a una  $CBR \geq 20\%$  (subrasante excelente-muy buena); a 0.80 m para una subrasante  $6\% \leq CBR < 20\%$  (buena – regular) a 1.00 m para una subrasante  $3\% \leq CBR < 6\%$  (pobre); a 1.20 m para una subrasante  $CBR < 3\%$  (inadecuada). Si fuese necesario, se hará uso de subdrenes, drenantes, capas anticontaminantes o elevar el nivel rasante hasta lo necesario. El **ensayo CBR** tiene el propósito de determinar la CBR de agregados compactados y suelos en el laboratorio con

niveles de compactación variables y humedad óptima. El ensayo permite medir la resistencia al corte de un suelo en condiciones de densidad controladas y humedad, con el cual se obtiene el porcentaje de la relación de soporte. El porcentaje de CBR se define como la fuerza que se requiere para que un pistón normalizado ingrese a una determinada profundidad, una muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la fuerza necesaria para que el pistón ingrese a esa misma profundidad y con igual velocidad, una probeta con una muestra estándar de material triturado. También mencionaremos al **Proctor modificado** que según Perez,(2018) se utiliza para relacionar el contenido de humedad con el peso unitario seco compactado, el objetivo de esta prueba es determinar la humedad en relación con la densidad seca máxima, la cual se denomina óptima.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Investigación de tipo **aplicada**, porque según Ander-Egg Hernández, (2014) el estudio ya está acreditado y determinado por el investigador, por lo que en su estudio busca brindar respuestas a interrogantes específicas. (Ibáñez, 2017) “La investigación aplicada propone dar soluciones prácticas a problemas concretos, y no busca el desarrollo de teorías o principios” (pág. 42).

**Mejoramiento de subrasante con cemento** El presente estudio de investigación es del **tipo aplicada**, debido a que se buscó poner los conocimientos prácticos previos en mejoramiento de la subrasante con el uso del cemento en base a los antecedentes de casos similares de proyectos de investigación, con el fin de tomar decisiones en la elección de una mejor compactación de la subrasante con los diversos porcentajes de cemento, en base a resultados obtenidos del laboratorio y los criterios del CBR, Proctor modificado y reducción del Contenido de humedad.

#### **Diseño de investigación:**

Hernández,(2014) nos menciona que los diseños cuasiexperimentales pueden manipularse deliberadamente, al menos, una variable independiente con la finalidad de observar su efecto en la o las variables dependientes, se diferencian de los experimentos “puros” en el grado de seguridad que pueda tener sobre la equivalencia al inicio de los grupos. En los diseños cuasiexperimentales, los grupos de experimento ya están conformados es decir son grupos puros ( no están al azar, ni se emparejan).

Debido a que se busca el mejoramiento de subrasante con cemento, por tal motivo el proyecto se considera **cuasi experimental**, debido a que se manipularán intencionalmente las cantidades de cemento (6%, 8% y 10%) en la subrasante, con el objetivo de analizar su influencia en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante; además, se sub-clasifica como cuasi-experimental, puesto a que el tipo de terreno para el presente estudio ha sido pre definido arcilla por el investigador, contando con cuatro ensayos que corresponden a la muestra patrón y a las muestras con cemento en 6%, 8% y 10% del volumen de la muestra; dosificaciones elegidas tentativamente en base a diferentes estudios previos de diversos autores (tesis Castro 10%, 15%, 20%) realizados con estabilizadores en subrasantes.

### 3.2. Variable y operacionalización

#### **Variable Independiente: cemento**

**Definición conceptual:** Según la norma europea UNE-EN 197-1:2011, «son conglomerantes hidráulicos, esto es, materiales de naturaleza artificial inorgánica y mineral, que al ser finamente molidos y amasados con agua forman pastas que endurecen y fraguan a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando como resultado productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al agua como al aire». (Sanjuán Bardujo, y otros)

**Definición operacional:** esta investigación plantea adicionar el cemento en polvo en el terreno de la subrasante de acuerdo a la dosificación de cemento de 6%, 8% y 10% respecto al m<sup>3</sup> de material, empleándose para las 03 muestras con el objetivo de reducir el contenido de humedad, aumentar el CBR y disminuir el índice de plasticidad de la subrasante, inicialmente se realizaron calicatas para ver la clasificación de suelos y los ensayos descritos.

#### **Variable Dependiente: Subrasante**

**Definición conceptual:** Las propiedades físico mecánicas de la subrasante son las características propias y visibles que puede ser medida. (Mendoza, 2013)

**Definición operacional:** Esta investigación plantea determinar con los respectivos ensayos de Índice de plasticidad, contenido de humedad y CBR en la subrasante como tal, se ensayaron con cemento, las cuales influyeron en las propiedades físicas y mecánicas que resaltaron su calidad. En esta investigación se realizaron ensayos del Contenido de Humedad, para las 3 combinaciones pre establecidos (N, 6%, 8% y 10%) y ver el grado de reducción de la humedad de las muestras, asimismo, se realizaron ensayos de CBR y de Capacidad Portante en las 3 combinaciones (N, 6%, 8% y 10%), previamente se realizaron 03 calicatas, ver su granulometría y su clasificación de suelos, para todos estos casos se medirán su calidad mediante ensayos de laboratorio.

Contenido de humedad.- Es el contenido de humedad del suelo en el estado límite entre el estado semilíquido y plástico.



Índice de plasticidad.- Es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semisólido y plástico.

CBR.-permite comprobar la índole de los materiales de acuerdo a su resistencia.

### **3.3. Población, Muestra y muestreo**

#### **Población**

FIDIAS (2012) menciona: “conjunto numeroso de elementos con diferentes características y objeto investigación con lo que los análisis serán extensos. La población estuvo compuesta por el camino vecinal Quinsachata - Laripata.

Cabe resaltar que, el tipo de carretera del presente estudio fue de 6ta clase, con un IMDA entre los  $\leq 200$  veh/día para una calzada de un carril, Figura N°03 del Manual de Carreteras en la Sección de Suelos y Pavimentos, indicando la realización de dos (02) calicatas por 1km a una profundidad no menor de 1.5 m del nivel de la subrasante.

Cabe resaltar también que, según el tipo de carretera del presente estudio, y de acuerdo a la Figura N°02, Número de Ensayos de CBR del Manual de Carreteras en la Sección de Suelos y Pavimentos, se indica realizar un (01) Ensayo CBR por cada 2 km como mínimo.

Ante ello, por tener 2 Km se realizó (1 CBR) y nos indican 2 Km (1 calicatas), se tomó en 1 Km para todo efecto las calicatas de la muestra, por ello, se realizó tres (03) calicatas para efectos de la muestra, de ese total, se realizó la Clasificación de Suelos, priorizando las Arcillas, y extrayendo una cantidad suficiente para poder realizar cuatro (03) Ensayos CBR, (03) Próctor Modificados y (03) Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), y definir las propiedades físico – mecánicas, según las proporciones indicadas (N, 6%, 8%, 10%)

**Figura N°2:** Imagen de Número de Ensayos CBR

Tipo de carretera	N° M <sub>R</sub> y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 3 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 2 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 1 km. y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> </ul>
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 3 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 2 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 M<sub>R</sub> cada 1 km. y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 M<sub>R</sub> cada 3 km. y 1 CBR cada 1 km.</li> </ul>
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1.5 km. se realizará un CBR</li> <li>• (*)</li> </ul>
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 2 km. se realizará un CBR</li> <li>• (*)</li> </ul>
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 3 km. se realizará un CBR</li> </ul>

*Fuente:* Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

### Muestra

La muestra es definida por Salinas, (2012) como "la parte que representa mejor las características de la mayoría de un grupo de estudio, la población".

La muestra estuvo compuesta por las diversas calicatas de 1.5 mt y sus ensayos físicos mecánicos, que resulten de las pruebas de CBR, índice de plasticidad, contenido de humedad y de las distintas combinaciones de cemento aplicado en los 3 diseños.

**Figura 3:** Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 600 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul>	
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km.</li> </ul>	
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km.</li> </ul>	
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km.</li> </ul>	
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km.</li> </ul>	

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

### Muestreo

Según Salinas, (2012) define “es aquella actividad que se relaciona con la identificación de los datos de cierta población con la cual se trabaja, nos indica la forma de cómo debemos recolectar nuestros datos”.

El tipo de muestreo al que hace referencia el autor es no probabilístico, pues no es necesario una fórmula estadística, más bien queda a criterio del tesista, del tipo de carretera y de las características propias de la investigación (manual de carreteras), lo que deriva al desarrollo de la toma de decisiones del investigador.

Para el presente estudio el muestreo es la calicata N° 3 por considerarse la más desfavorable.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El autor Morone, (2012) conceptualiza “las técnicas como mecanismos e instrumentos utilizados con el fin de obtener el conocimiento. Las cuales son las encuestas, observaciones, entrevistas.”

Para el mejoramiento de la subrasante la Técnica como método de recopilación de datos para este proyecto de investigación, fueron los ensayos en laboratorio (cuasi experimental = propiedades de la subrasante), y en base a los instrumentos su recojo de datos será mediante el análisis de mecánica de suelos según sus indicadores (N, 6%, 8% y 10%).

#### **Confiabilidad**

Hernández y et al (2014). Manifiestan: “ Describe a la medida como una herramienta calibra en realidad a una variable, que pretende evaluar. Empleando para ello, por el Laboratorio Geotecnia Puno E.I.R.L.

#### **Validez**

Hernández y et al (2014). Manifiestan: “que citan a Kellstedt y Whitthen que el instrumento de medición es confiable ya que producen resultados”. Sujetos de las normas del ASTM y NTP utilizadas y designadas para cada tipo de ensayo.

### **3.5. Procedimientos**

**Mejoramiento de subrasante:** Se procedió a excavar las calicatas para extraer las muestras de suelos, se realizó in situ, tuvo una profundidad no menor a 1.5 m del nivel de la sub rasante, el cual fue transportado hacia un laboratorio de suelos, para ser sometidos a los ensayos de CBR, Próctor Modificado y Contenido de Humedad (Atterberg: Límite Líquido y Límite Plástico) según el ASTM y las NTP, para evaluar la mejor opción de resultados, se tomó en cuenta el número de Ensayos y la cantidad de calicatas a realizarse, en la toma de muestras de los estratos significativos, los mismos que fueron llevados al laboratorio.

### **3.6. Método de Análisis de datos**

Para la selección de datos se ejecutó mediante la observación directa, por medio de ellos nos permitió visualizar cada prueba, ensayado en laboratorio y tomando los apuntes correspondientes, necesarios para nuestros resultados y contrastarlos con la hipótesis.

### **Mejoramiento de Subrasante**

Para la selección de datos, estos se ejecutaron mediante la observación directa desde las calicatas, por medio de ellos nos permitió visualizar cada prueba de la Subrasante ensayado en el laboratorio y tomando los apuntes correspondientes, necesarios de los resultados, los cuales fueron contrastados con las hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

Siendo alumnos de la carrera profesional de Ingeniería Civil, el presente estudio de investigación se desarrolló con total honestidad, honradez, respeto y confianza de no haber copiado parte de las tesis de otros autores, respetando sus aportes, indicando todos los manuales, normas e instrumentos que se usaron en el proyecto de investigación con las respectivas resoluciones, los cuales al final serán comparados por la herramienta web Turnitin.

#### IV. RESULTADOS

El objetivo general de la presente tesis fue evaluar la Influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.

#### Ubicación:

Departamento : Puno.  
Provincia : San Román  
Distrito :Cabanillas.  
Ubicación : Carretera Quinsachata Laripata.

Figura N°04: Mapa del Perú



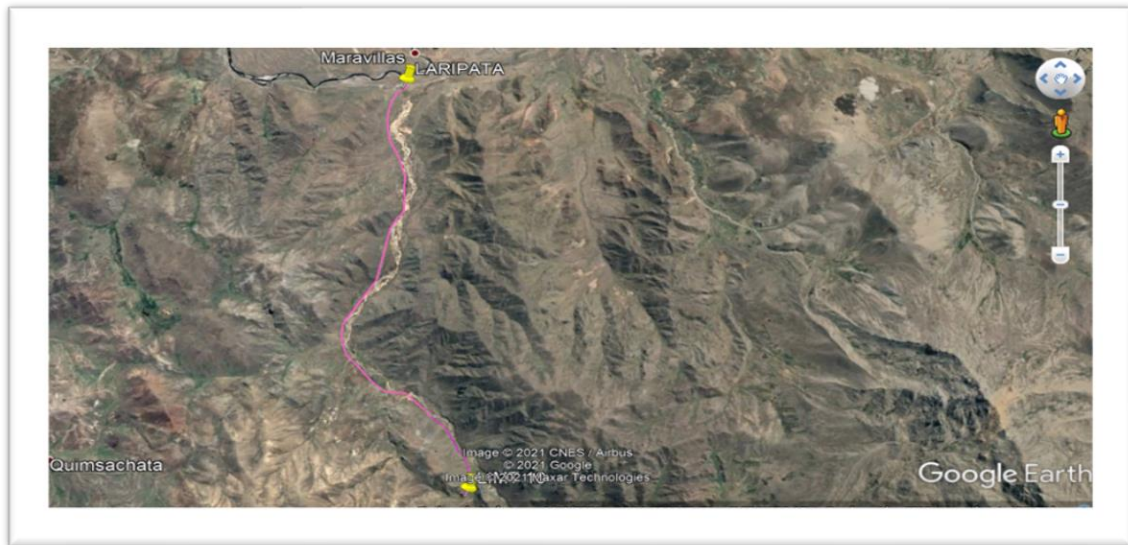
Fuente: Google Search

Figura N°05: Mapa de la Región Puno



Fuente: Google Search.

**Figura N° 06:** Localización de la carretera Quinsachata-Laripata



Fuente: Google Search.

**Localización:**

El estudio se realizó en la carretera Quinsachata - Laripata, está a una hora de la provincia, donde se hizo 3 calicatas en las siguientes progresivas:

**Descripción: Calicata -1:**

Progresiva: 2 + 000 km

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones: 1.00 x 1.10 m

Lado de vía: Izquierda

**Descripción: Calicata -2:**

Progresiva: 4 + 000 km

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones 1.00 x 1.10 m

Lado de vía: Derecha

**Figura 07:** Calicata -1



Fuente: Elaboración propia

**Figura 08:** Calicata -2



Fuente: Elaboración propia.

### Descripción Calicata -3:

Progresiva: 6+000 km

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones 1.00 x 1.10 m

Lado de vía: izquierda

**Figura 09:** Calicata -3



Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

### Trabajo de Laboratorio

En el proyecto de investigación se realizó en total 3 calicatas en las progresivas 2+000, 4+000 y 6+000 del tramo Quinsachata – Laripata de la provincia de San Román del distrito de Cabanillas, debido a que el Manual de Carretera en la sección de suelos y pavimentos, nos indica que la carretera pertenece a un bajo volumen de tránsito, por ello se realiza una calicata por kilómetro, por lo que se realizó tres (3) ensayos granulométricos para identificar el terreno más desfavorable y así poder realizar los ensayos respectivos para su mejoramiento con los aditivos.

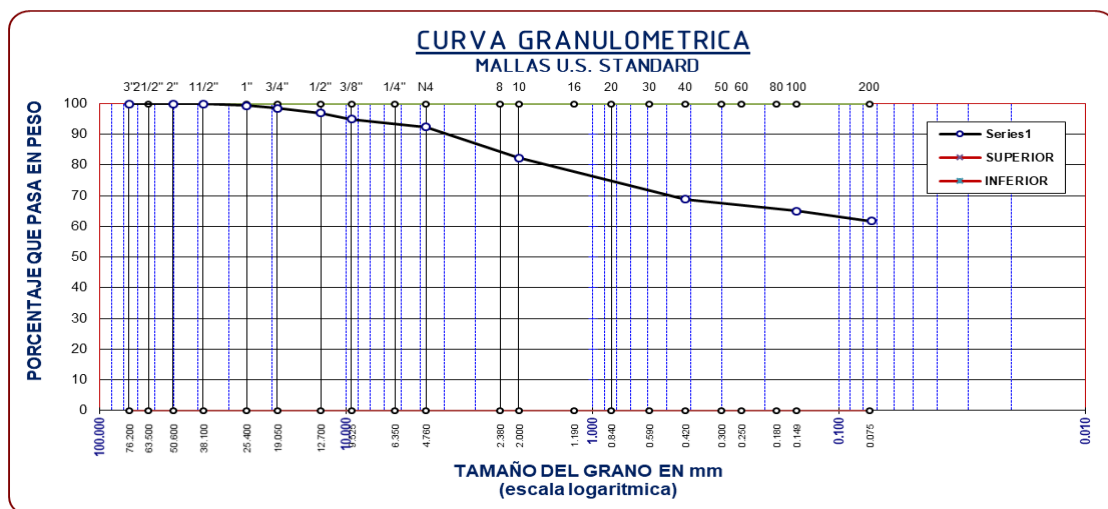


Tabla N° 05 Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-1

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 204; ASTM D 422 )

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIFIC	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
							Peso Inicial : 12211. gr
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1362.0 gr
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 15.66 %
2"	50.600	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 29.17 %
1 1/2"	38.100	124.0	1.02	1.02	98.98		Fino : 55.18 %
1"	25.400	251.0	2.06	3.07	96.93		% de Humedad : 21.19 %
3/4"	19.050	362.0	2.96	6.04	93.96		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.700	251.0	2.06	8.09	91.91		Limite Liquido : 48.05 %
3/8"	9.525	362.0	2.96	11.06	88.94		Limite Plástico : 30.57 %
No4	4.760	562.0	4.60	15.66	84.34		Indice plasticidad : 17.48 %
No10	2.000	104.0	6.44	22.10	77.90		<b>CARACT. GRANULOMETRICAS</b>
No20	0.840	124.0	7.68	29.78	70.22		D10= ----
No40	0.420	115.0	7.12	36.90	63.10		D30= 0.04 Cu= ----
No100	0.149	90.0	5.57	42.47	57.53		D60= 0.27 Cc= ----
No200	0.074	38.0	2.35	44.82	55.18		<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>BASE</b>		6737.5	55.18	100.00			SUCS : <b>CL-ML</b>
							<b>AASHTO : A-7-5(8)</b>

Figura N° 10 Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-1



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.-** Se demuestra en el gráfico que el material analizado de la calicata número 1, logró pasar el 55.18 % a la malla N° 200 presentando poca cantidad de finos, un 84.38% de material logró pasar por la malla N° 4 siendo considerado un material arenoso y por último un 15.66 % de grava.

Según la muestra extraída de la calicata ubicada en el km 2 + 000 del tramo Quinsachata - Laripata, al ser analizada en el laboratorio GEOTECNIA PUNO E.I.R.L, la muestra según la clasificación SUCS es una ARCILLA CON GRAVA (CL-ML) y mediante AASHTOO pertenece al grupo A-7-5(8)

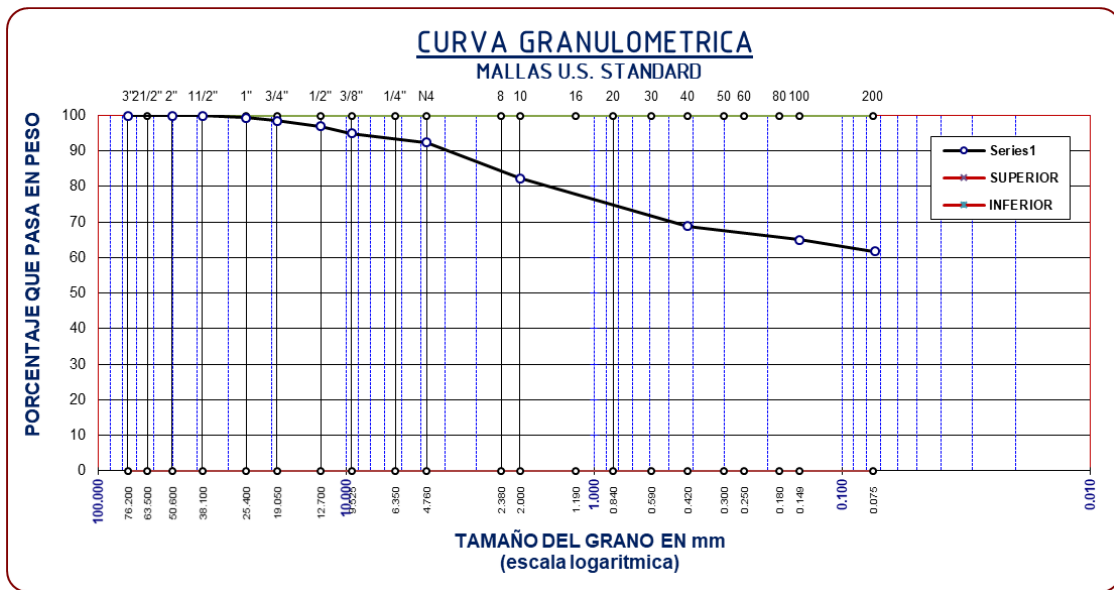
**Tabla N° 6** Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-2

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
							Peso Inicial : 18111.0 gr.
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1252.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 10.24 %
2"	50.600	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 32.19 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Fino : 57.57 %
1"	25.400	124.0	0.68	0.68	99.32		% de Humedad : 21.72 %
3/4"	19.050	212.0	1.17	1.86	98.14		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Limite Líquido : 48.25 % Limite Plástico : 27.28 % Indice plasticidad : 20.96 %
1/2"	12.700	362.0	2.00	3.85	96.15		
3/8"	9.525	521.0	2.88	6.73	93.27		
No4	4.760	635.0	3.51	10.24	89.76		
No10	2.000	121.0	8.68	18.91	81.09		<b>CARACT. GRANULOMETRICAS</b> D10= ---- D30= 0.04 Cu = ---- D60= 0.14 Cc= ----
No20	0.840	122.0	8.75	27.66	72.34		
No40	0.420	98.0	7.03	34.69	65.31		
No100	0.149	72.0	5.16	39.85	60.15		
No200	0.074	36.0	2.58	42.43	57.57		<b>CLASIFICACIÓN</b> SUCS : <u>CL</u> AASHTO : <u>A-7-6(10)</u>
<b>BASE</b>		10426.8	57.57	100.00			

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 11** Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-2



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.-** Se demuestra en el grafico que el material analizado de la calicata número 2, logró pasar el 57.57 % a la malla N° 200 siendo un material con poca cantidad de finos, un 89.76% de material logró pasar por la malla N° 4 siendo considerado un material arenoso y por último un 10.24 % de grava.

Según la muestra extraída de la calicata ubicada en el km 4 + 000 del tramo de la carretera Huanta - Cangari, al ser analizada en el laboratorio GEOTECNIA PUNO E.I.R.L, la muestra según la clasificación SUCS es una ARENA ARCILLOSA CON GRAVA (CL) y mediante AASHTOO pertenece al grupo A-7-6(10)

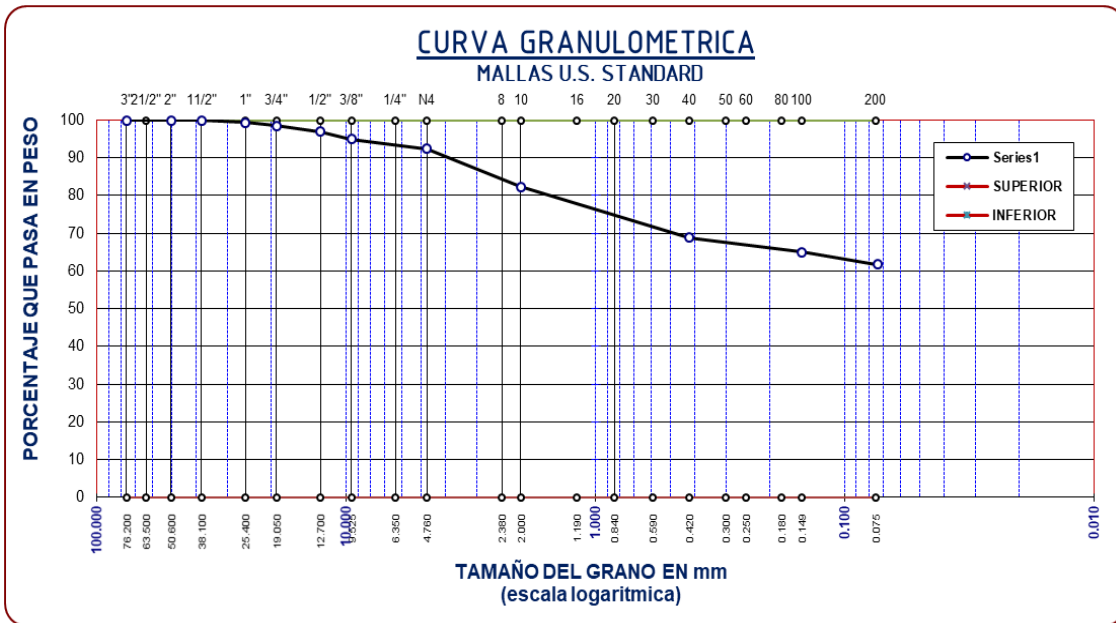
**Tabla N°7** Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-3

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**(MTC E 204; ASTM D 422 )**

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECI F.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
							Peso Inicial : 14596 gr. : .0
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1492.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 7.61 %
2"	50.600	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 30.59 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Fino : 61.80 %
1"	25.400	95.0	0.65	0.65	99.35		% de Humedad : 25.57 %
3/4"	19.050	124.0	0.85	1.50	98.50		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.700	236.0	1.62	3.12	96.88		Limite Líquido : 45.29 %
3/8"	9.525	282.0	1.93	5.05	94.95		Limite Plástico : 20.98 %
No4	4.760	374.0	2.56	7.61	92.39		Indice plasticidad : 24.30 %
No10	2.000	162.0	10.03	17.64	82.36		<b>CARACT. GRANULOMETRICAS</b>
No20	0.840	136.0	8.42	26.06	73.94		D10= ----
No40	0.420	82.0	5.08	31.14	68.86		D30= 0.0 Cu = ---- 4 =
No100	0.149	62.0	3.84	34.98	65.02		D60= 0.0 Cc = ---- 7 =
No200	0.074	52.0	3.22	38.20	61.80		<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>BAS E</b>		9020.1	61.80	100.00			SUCS : <b>CL</b>
							<b>A-7-</b>
							<b>AASHTO : 6(12)</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura N°12** Análisis Granulométrico por tamizado de la calicata-3



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.-** Se muestra en el gráfico el material obtenido de la calicata número 3, logró pasar el 61.80 % a la malla N° 200 siendo un material regular cantidad de finos, un 92.39 % de material logro pasar por la malla N° 4 siendo considerado un material arenoso y por ultimo un 7.61 % de grava.

Según la muestra extraída de la calicata ubicada en el km 6 + 000 del tramo Quinsachata - Laripata, al ser analizada en el laboratorio GEOTECNIA PUNO E.I.R.L, la muestra según la clasificación SUCS es una ARCILLA GRAVOSA LIMOSA (CL) y mediante AASHTOO pertenece al grupo A-7-6(10)

En conclusión, la calicata N°03 es el terreno más desfavorable, por ello se procedió a llevar las muestras al laboratorio GEOTECNIA PUNO E.I.R.L y realizar los ensayos correspondientes de Límites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR).

Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural (P)

**Tabla 08:** Contenido de Humedad de la muestra (P)

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-10		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1094.0	974.0	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	874.0	790.0	
PESO DE LA TARA gr.	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA gr.	220.0	184.0	
PESO SUELO SECO gr.	874.0	708.3	
HUMEDAD %	25.17	25.98	
<b>HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %</b>	<b>25.57</b>		

Fuente: Elaboración propia

Límites de Atterberg

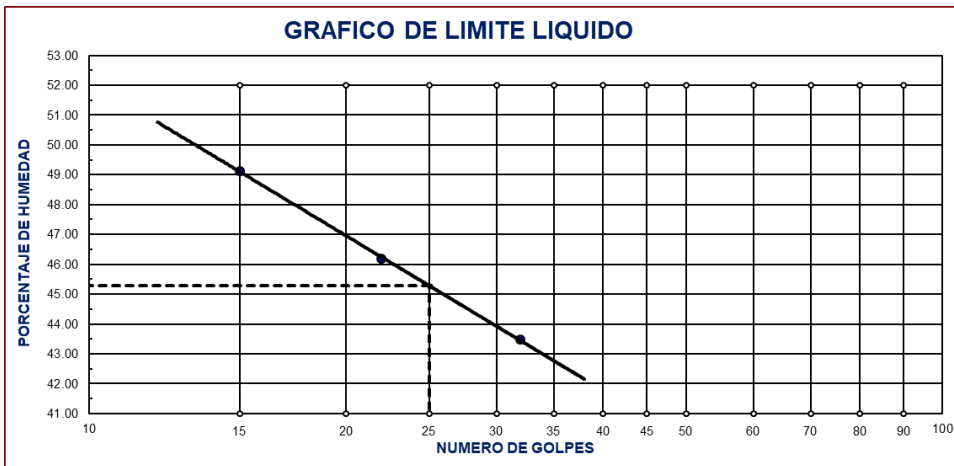
**Tabla 09:** Límite Líquido

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO		
	MTC E 110		
01. No.DE GOLPES	32	22	15
02. TARRO No.	2	3	7
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	68.36	67.55	70.12
04. SUELO SECO * TARRO g	62.10	61.25	63.05
05. PESO DEL AGUA g	6.26	6.30	7.07
06. PESO DEL TARRO g	47.70	47.61	48.66
07. PESO DEL SUELO SECO g	14.40	13.64	14.39
08. HUMEDAD %	43.47	46.19	49.13

Fuente: Elaboración propia

**L.L.= 45.29%**

**Figura N°13:** Limite Líquido



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10:** Límite Plástico

DESCRIPCIÓN		LÍMITE PLASTICO MTC E 111	
01. No.DE GOLPES			
02. TARRO No.		4	5
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	24.17	25.78
04. SUELO SECO * TARRO	g	23.70	25.14
05. PESO DEL AGUA	g	0.47	0.64
06. PESO DEL TARRO	g	21.43	22.13
07. PESO DEL SUELO SECO	g	2.27	3.01
08. HUMEDAD	%	20.70	21.26

Fuente: Elaboración propia

**L.P. =20.98%**

**L.L. - L.P.= I.P.**  
**I.P.=24.30 %**

**Interpretación.-** Se puede visualizar que la muestra inicial de la calicata N°03 tiene un 25.57% de contenido de humedad, un Limite Liquido de 45.29%, Limite Plástico 20.98% y un Índice de plasticidad de 24.30% esto debido a la presencia de zonas

puquiales y ojos de agua en la zona, razón por el cual siempre se mantienen húmedo.

Se puede observar que la muestra es altamente arcillosa por el cual se puede corroborar en el ensayo realizado, esto debido a la alta presencia de humedad, es por el cual al tenerlo en el horno a una temperatura de 110 +/- 5°C presentó una gran cantidad de variación.

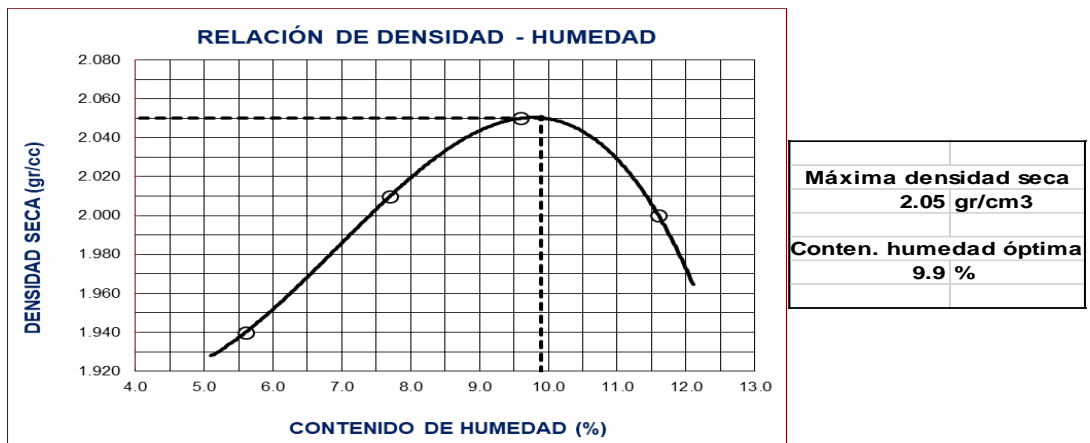
**Tabla 11:** Proctor Modificado (Relación Densidad- Humedad)

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>						
<b>(MTC E 115; ASTM D 1557)</b>						
ENSAYO N°		1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>						
PESO MOLDE+SUELO		10,391.0	10,627.0	10,812.0	10,778.0	
PESO MOLDE		6,085	6,085	6,085	6,085	
PESO SUELO COMPACTADO		4,306	4,542	4,727	4,693	
VOLUMEN DEL MOLDE		2,105	2,105	2,105	2,105	
DENSIDAD HUMEDA		2.05	2.16	2.25	2.23	
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
RECIPIENTE N°		1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE		596.30	649.00	846.10	715.90	
SUELO SECO + RECIPIENTE		564.70	602.70	772.30	641.60	
PESO RECIPIENTE		0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA		31.60	46.30	73.80	74.30	
PESO DE SUELO SECO		564.70	602.70	772.30	641.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD		5.60	7.70	9.60	11.60	
DENSIDAD SECA		1.94	2.01	2.05	2.00	

Fuente: Elaboración propia



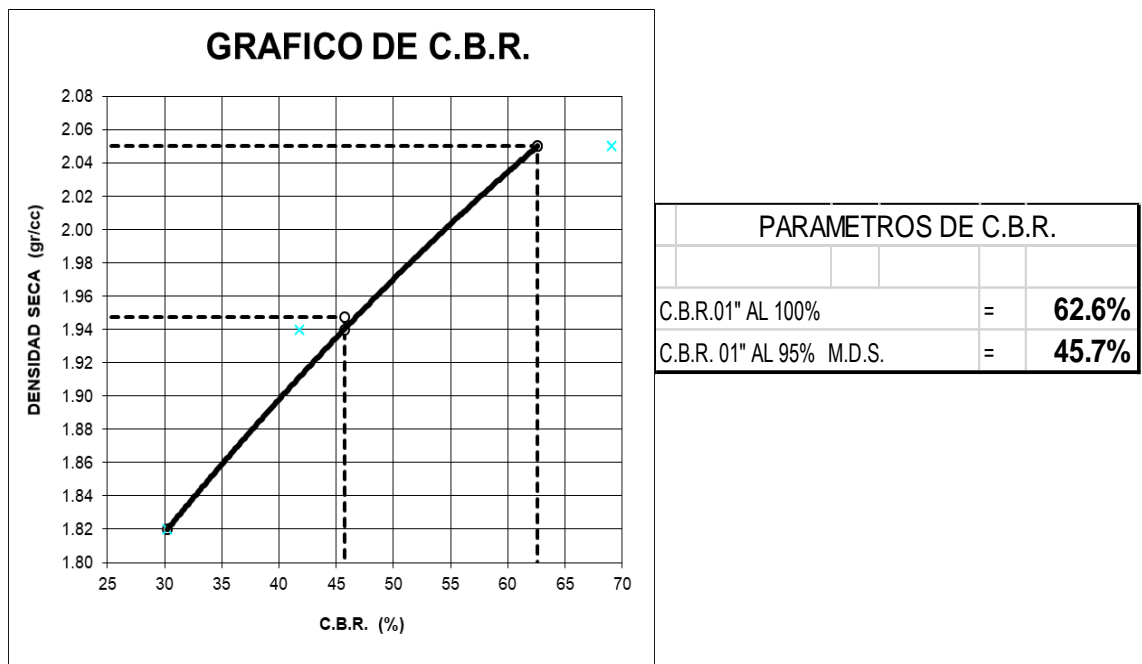
**Figura N° 14:** Proctor Modificado (Relación Densidad-Humedad)



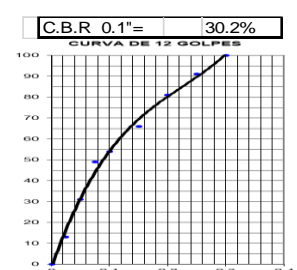
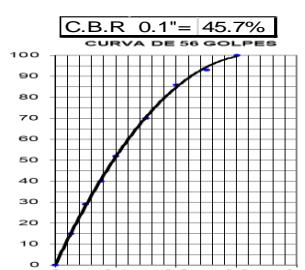
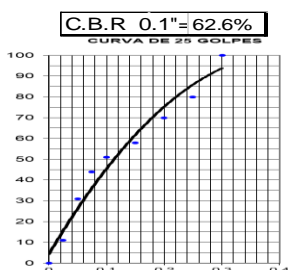
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.-** Se realizó el ensayo de Proctor Modificado de la muestra natural, donde se obtuvo como resultado un 9.9 % de Contenido de Humedad y un 2.05gr/cm3 de Máxima Densidad Seca.

**Figura N° 15:** Californian Bearing Ratio (CBR)



Fuente: Elaboración propia



**Interpretación.-** Al ensayo de California Bearing Ratio se tuvo como referencia la muestra del suelo patrón que tuvo una densidad de 2.05 g/cm<sup>3</sup> y 9.9% de contenido de humedad. La muestra después de ser llevada a saturación se mide su capacidad portante con una penetración al 0.1” el cual nos indica el CBR al 95% un 45.7 % y CBR al 100% un 62.6%. Esto nos indica que el suelo natural es muy pobre para uso en la subrasante.

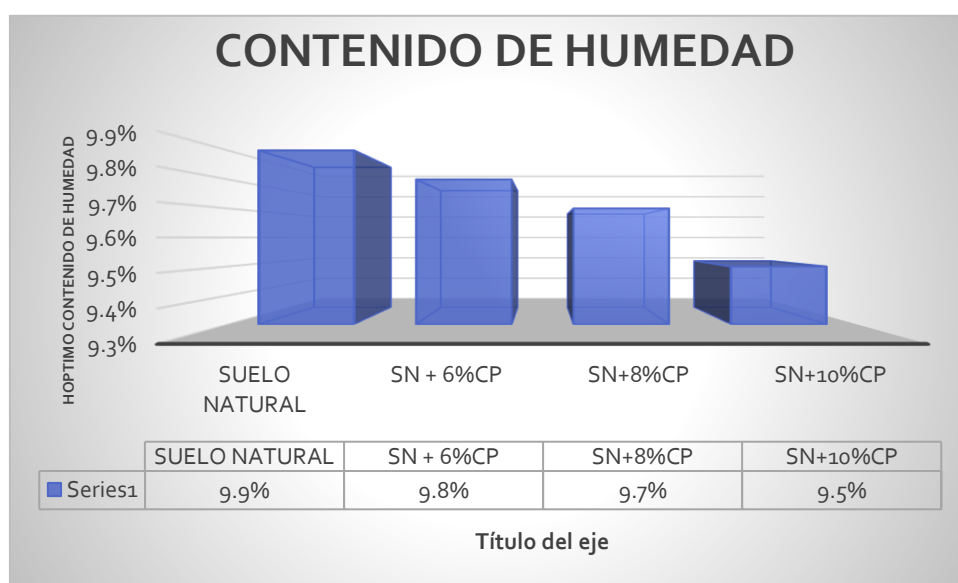
**4.2 Objetivos específico 1. Evaluar la influencia del cemento en el contenido de humedad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021**

**Tabla 12:** Óptimo Contenido de Humedad (OCH) con la incorporación de cemento.

<b>CALICATA N°03</b>	<b>SUELO NATURAL (SN)</b>	<b>SN + 6%CP</b>	<b>SN+ 8% CP</b>	<b>SN+ 10% CP</b>
Óptimo contenido de Humedad (OCH)	9.9%	9.8%	9.7%	9.5%

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 16:** Óptimo Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración propia

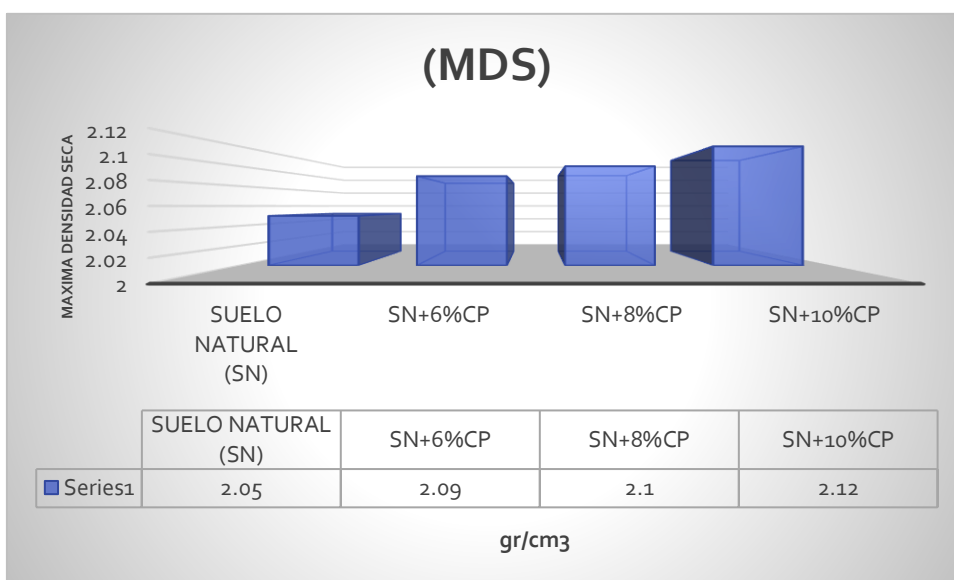
**Interpretación.** El Óptimo Contenido de Humedad es inversamente proporcional a la adición de cemento, es decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será el Óptimo contenido de humedad, por ejemplo, al incorporar un 10% CP a la muestra natural se redujo el Optimo contenido de Humedad de 9.9% a un 9.5%.

**Tabla 13:** Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación de cemento.

<b>CALICAT A N°03</b>	<b>SUELO NATURAL (SN)</b>	<b>SN + 6%CP</b>	<b>SN+ 8% CP</b>	<b>SN+ 10% CP</b>
<b>Máxima densidad seca</b>	2.05 gr/c3	2.09 gr/c3	2.1 gr/c3	2.12 gr/c3

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 17:** Máxima Densidad Seca



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** La Máxima Densidad Seca es inversamente proporcional a la adición de cemento, es decir, a mayor dosificación de cemento resulta menos el valor de la Máxima Densidad Seca, por ejemplo, al incorporar un 10% de cemento a la muestra patrón aumenta la Máxima Densidad Seca de 2.05 g/cm<sup>3</sup> a 2.12 g/cm<sup>3</sup>.

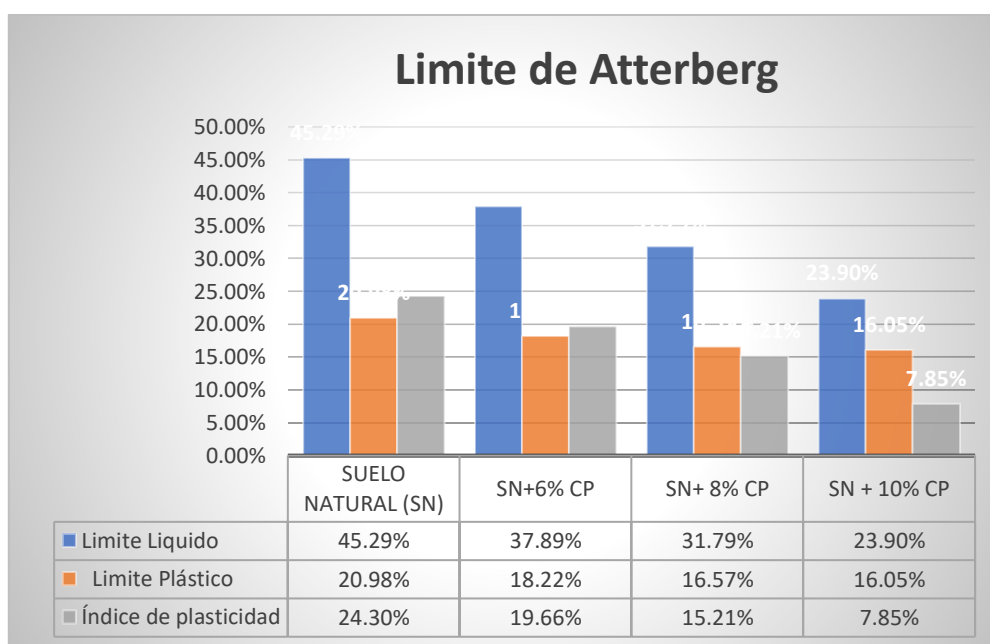
**4.2 Objetivos específico 2. Evaluar la influencia del cemento sobre el índice de plasticidad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021**

**Tabla 14:** Índice de Plasticidad

<b>CALICATA N°03</b>	<b>SUELO NATURAL (SN)</b>	<b>SN+6% CP</b>	<b>SN+ 8% CP</b>	<b>SN + 10% CP</b>
Limite Liquido	45.29%	37.89%	31.79%	23.90%
Limite Plástico	20.98%	18.22%	16.57%	16.05%
Índice de plasticidad	24.30%	19.66%	15.21%	7.85%

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 18:** Límite de Atterberg



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Los ensayos de Limite de consistencia con la adición de cemento mostraron resultados óptimos para un suelo CL A-7-6(12) (suelo Arcilloso) ya que se redujo el Índice de plasticidad (IP) de la muestra natural. Inicialmente se tuvo como resultado que el IP de la calicata N° 03 fue un 24.30 %, sin embargo, al incorporar mayor porcentaje de Cemento se puede evidenciar una reducción del IP

de la muestra natural, tal es el caso que al incorporar un 6% de cemento se redujo considerablemente el Índice de plasticidad de un 24.30 % a un 19.66%, mejorando así sus propiedades mecánicas del suelo de tipo CL.

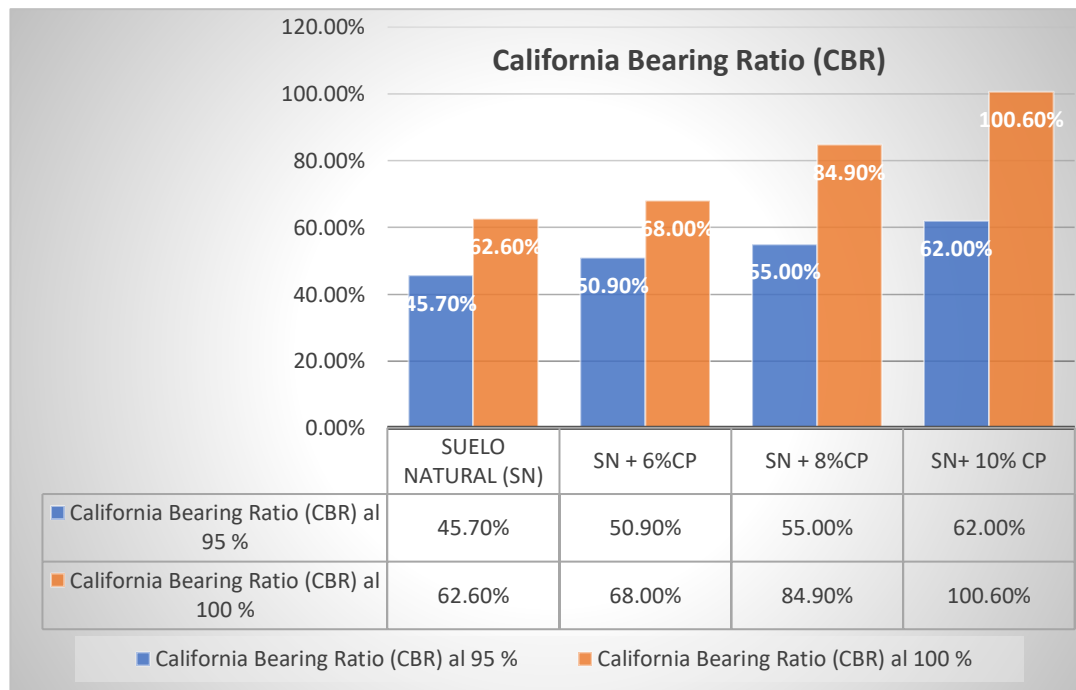
**4.2 Objetivos específico 3. Evaluar la influencia del cemento sobre la CBR de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021**

**Tabla 15:** Californian Bearing Ratio (CBR)

<b>CALICATA N°03</b>	<b>SUELO NATURAL (SN)</b>	<b>SN + 6%CP</b>	<b>SN + 8%CP</b>	<b>SN+ 10% CP</b>
California Bearing Ratio (CBR) al 95 %	45.7%	50.9%	55.0%	59.1%
California Bearing Ratio (CBR) al 100 %	62.6%	68.0%	84.9%	100.6%

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 19: California Bearing Ratio (CBR)**



Fuente: Elaboración propia

Interpretación.- Al realizarse el ensayo de CBR se pudo apreciar el gran impacto positivo de los estabilizantes en el suelo arcilloso, donde el porcentaje de CBR es directamente proporcional a la cantidad del cemento. CBR 01" al 95% suelo natural es 45.7% al incorporar cemento en 10% resulta 59.1 % y CBR 01" al 100% suelo natural es de 62.6% al incorporar cemento un 10% resulta 100.6 %, siendo un material muy bueno para la estabilización de una Subrasante de un suelo arcilloso.

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1.-Evaluar la influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.**

Se realizó el estudio en tres calicatas en el tramo Quinsachata-Laripata en los cuales se obtuvo para la primera calicata logró 55.18 % con poca cantidad de finos, un 29.17% arenoso y por último un 15.66 % de grava, según la clasificación SUCS en el laboratorio (GEOTECNIA PUNO E.I.R.L) la muestra es una ARCILLA CON GRAVA (CL-ML) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7-5(8). En la segunda calicata se logró 57.57 % con poca cantidad de finos, un 32.19% arenoso y por último un 10.24 % de grava, a muestra es una ARENA ARCILLOSA CON GRAVA (CL) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7-6(10). Para la tercera calicata se logró 61.80 % con poca cantidad de finos, un 30.59 % arenoso y por último un 7.61 % de grava, la muestra es una ARCILLA GRAVOSA LIMOSA (CL) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7-6(10). Al encontrar a la tercera calicata con el terreno más desfavorables se procede a realizar los ensayos, la muestra inicial tiene un 25.57% de contenido de humedad, un Límite Líquido de 45.29%, Límite Plástico 20.98% y un Índice de plasticidad de 24.30%. Proctor Modificado a la muestra natural 9.9 % de Contenido de Humedad óptimo y un 2.05gr/cm<sup>3</sup> de Máxima Densidad Seca. CBR al 95% un 45.7 % y CBR al 100% un 62.6%.

### **5.2.-Evaluar la influencia del cemento en el contenido de humedad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.**

**Resultados:** el suelo natural (SN) de la calicata N°03 tiene un 9.9% de contenido de humedad óptimo, SN+6% CP=9.8%, SN+8% CP=9.7%, SN+10% CP=9.5. El Óptimo Contenido de Humedad es inversamente proporcional a la adición de cemento, es decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será el Óptimo contenido de humedad, por ejemplo, al incorporar un 10% CP a la muestra natural se redujo el Óptimo contenido de Humedad de 9.9% a un 9.5%.

**Antecedente**, Castro (2019) presentó en el suelo natural un contenido de humedad de 29.37%, al 10% presentó 14.60%, al 15% presentó 15.00% y al 20% obtuvo 15.20%. Almeida (2016) en suelo natural presentó un contenido de humedad, teniendo en cuenta ambos barrios, para La Merced fue de 59.70%, al 5% =32.0% y al 10%= 33.8% en el caso de El Chofer fue 79.48%, al 5%= 36.8% y al 10%=38% , con lo que se observa que efectivamente disminuye el contenido de humedad para ambos barrios.

**Hipótesis 1:** La incorporación del cemento disminuye el contenido de humedad de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021. Por medio de los ensayos de Limite Líquido y Plástico se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de cemento en el terreno natural, ya que disminuyó el contenido de humedad del límite líquido y también disminuyó progresivamente el índice de plasticidad.

**Pregunta 1:** ¿Cuánto influye el cemento en el contenido de humedad de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021? El terreno natural según los ensayos realizados fue clasificado como arcilloso con un contenido de humedad 9.9% y en la medida que se incorporó el cemento en 6% (9.8%), 8% (9.7%) y 10% (9.5%) el que mejor resultó en la disminución del Contenido de humedad fue el de 10% pues lo disminuyó hasta un 9.5%.

Consideraciones: todo conforme.

### **5.3.-Evaluar la influencia del cemento sobre el índice de plasticidad en la subrasante del camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.**

**Resultados:** la muestra inicial de la calicata N°03 tiene un Índice de plasticidad de 24.30%, SN+6% CP= 19.66%, SN+8% CP= 15.21%, SN+10% CP =7.85%. Al incorporar mayor porcentaje de Cemento se puede evidenciar una reducción del IP de la muestra natural, tal es el caso que al incorporar un 6% de cemento se redujo considerablemente el Índice de plasticidad de un 24.30 % a un 19.66%, mejorando así sus propiedades mecánicas del suelo de tipo CL.

**Antecedentes:** Velazquez (2018) quien utilizó cemento como aditivo estabilizador en porcentajes de 1, 3 y 5% y el suelo arcilloso analizado se



clasifico como A – 7 – 6 (37) según AASHTO, con la adición de 5% de cemento su índice de plasticidad se redujo de 44% a 15%, en este estudio se concluye que pese a la adición de cemento, el suelo presentó una plasticidad media y estuvo sujeto a cambios volumétricos. Almeida (2016) utilizó los porcentajes de 5% y 10% para ambos barrios, La Merced y El Chofer, así tenemos para el primero un índice de plasticidad de 6.33%, al 5%=5.49% y al 10%=4.43%, en el segundo caso presentó 19.33%, con el 5%=16.97% y con el 10%=14.52%, con lo cual también se demuestra que el índice de plasticidad disminuye.

**Hipótesis 2:** La incorporación del cemento disminuye el índice de plasticidad en la subrasante del camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021. Por medio de los ensayos de Límite Líquido y Plástico se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de cemento en el terreno natural, ya que disminuyó el índice de plasticidad.

**Pregunta 2:** ¿Cuánto influye el cemento en el índice de plasticidad de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata Cabanillas – San Román 2021? Ensayos realizados en laboratorio pudimos obtener que el límite líquido es de 45.29%, límite plástico 20.98%, **índice de plasticidad** 24.30% teniendo como resultado el tipo de suelo arcilloso, y en la medida que se incorporó el cemento en porcentajes de 6%, 8% y 10% se obtuvo un índice de plasticidad de 19.66%, 15.21% y 7.85% respectivamente. Se concluye que al incrementar los porcentajes de cemento, disminuyó considerablemente el índice de plasticidad.

Consideraciones: todo conforme

#### **5.4. Evaluar la influencia del cemento sobre la capacidad portante en la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.**

**Resultados:** la muestra inicial de la calicata N°03 tiene un CBR 01”al 95% de 45.7%, SN+6% CP= 50.9%, SN+8% CP= 55.01%, SN+10% CP =59.1%. CBR 01”al 100% de 62.6%, SN+6% CP= 68.0%, SN+8% CP= 84.9%, SN+10% CP =100.6%. Se concluye material muy bueno para la estabilización de una Subrasante de un suelo arcilloso.

**Antecedentes:** Velazquez (2018) quien utilizó cemento como aditivo

estabilizador en porcentajes de 1, 3 y 5%, su índice CBR al 95% se incrementó de 1.30% a 13.75% ; su índice CBR se logró con solo una adición de 4% de cemento. Castro (2019) utilizó cemento aditivo en porcentajes de 10%, 15%, 20% su índice CBR al 100% fue de 130.80%, al 15% fue de 116,70% y al 20% 153.60%. Almeida (2016) los porcentajes de cemento que se usaron fue de 5% y 10% para ambos barrios, La Merced y El Chofer, así tenemos en el primero un CBR=3.81, con el 5%=6.86 y con el 10%=6.94; para el segundo barrio tenemos un cbr=2.05%, con el 5%=5.37% y al 10%=7.65%.

**Hipótesis 3:** La incorporación del cemento aumenta la capacidad portante en de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021. Por medio de los ensayos de CBR se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de cemento en el terreno natural, ya que aumentó. Se concluye que es un material muy bueno para la estabilización de una Subrasante de un suelo arcilloso.

**Pregunta 3:** ¿Cuánto influye el cemento en la capacidad portante en la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021? Ensayos realizados en laboratorio pudimos obtener que el CBR 01"al 95% fue de 45.7%, SN+6% CP= 50.9%, SN+8% CP= 55.01%, SN+10% CP =59.1%. CBR 01"al 100% de 62.6%, SN+6% CP= 68.0%, SN+8% CP= 84.9%, SN+10% CP =100.6%. Se concluye que al incrementar los porcentajes de cemento, aumenta considerablemente el CBR, entonces decimos que la aplicación de cemento si mejora la capacidad de soporte del suelo arcilloso.

Consideraciones: todo conforme

## VI. CONCLUSIONES

Según la muestra extraída de la calicata-1 con ubicación en el km 2 + 000 del tramo Quinsachata - Laripata, se pudo demostrar en el laboratorio GEOTECNIA PUNO E.I.R.L que la muestra es una ARCILLA CON GRAVA (CL-ML) según la clasificación SUCS y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7-5(8); en la calicata -2 ,con ubicación en el km 4 + 000 de la carretera Huanta - Cangari, la muestra es una ARENA ARCILLOSA CON GRAVA (CL) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7-6(10) y la calicata -3 con ubicación en el km 6 + 000 del tramo Quinsachata – Laripata la muestra es una ARCILLA GRAVOSA LIMOSA (CL) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-7-6(10). En conclusión, la calicata N°03 es el terreno más desfavorable, por ello se procedió a llevar las muestras al laboratorio y realizar los ensayos de Límites de Atterberg, California Bearing Ratio (CBR) y Proctor Modificado.

El Óptimo Contenido de Humedad es inversamente proporcional a la adición de cemento, es decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será el Óptimo contenido de humedad, al incorporar un 10% CP a la muestra natural se redujo el Optimo contenido de Humedad de 9.9% a un 9.5%. La Máxima Densidad Seca es inversamente proporcional a la adición de cemento, es decir, a mayor dosificación de cemento resulta menos el valor de la Máxima Densidad Seca 10% de cemento a la muestra patrón aumenta la Máxima Densidad Seca de 2.05 g/cm<sup>3</sup> a 2.12 g/cm<sup>3</sup>.

Inicialmente el IP de la calicata N° 03 fue un 24.30 %, sin embargo, al incorporar mayor porcentaje de Cemento se puede evidenciar una reducción del IP de la muestra natural, tal es el caso que al incorporar un 6% de cemento se redujo considerablemente el Índice de plasticidad de un 24.30 % a un 19.66%, mejorando así sus propiedades mecánicas del suelo de tipo CL.

Al realizarse el ensayo de CBR se pudo apreciar el gran impacto positivo de los estabilizantes en el suelo arcilloso, donde el porcentaje de CBR es directamente proporcional a la cantidad del cemento. CBR 01” al 95% suelo natural es 45.7% al incorporar cemento en 10% resulta 59.1 % y CBR 01” al 100% suelo natural es de 62.6% al incorporar cemento un 10% resulta 100.6 %, siendo un material muy bueno para la estabilización de una Subrasante de un suelo arcilloso.

## **VII. RECOMENDACIONES**

El uso de material como el cemento, aplicándose al suelo natural ha permitido evidenciar que en porcentajes de 6%, 8% y 10%, permite estabilizar a la subrasante. Sin embargo se sugiere ampliar dicha investigación en diversas zonas del distrito de San Román –Puno, debido a la gran problemática por el deterioro o hundimiento de sus vías.

Se recomienda la investigación en el comportamiento del cemento con un estabilizador en otros tipos de suelos, con la aplicación de los porcentajes usados en este estudio para verificar como influyen en los resultados con respecto de esta investigación.

Se recomienda ampliar la investigación a estudios con otros materiales estabilizadores, aplicando mezclas de dosificación como cal, polímeros u otros, teniendo en cuenta los diferentes porcentajes.

Se recomienda a los diversos tesisistas continuar con la investigación sobre temas de estabilidad de subrogantes en diversas carreteras con distintos niveles de tráfico con la finalidad de verificar su comportamiento de resistencia respecto de California Bearing Ratio (CBR) contenido en esta investigación.

## VII. REFERENCIAS

**AASHTO. 1993.** *Guide of pavement Structures 'Part II, - Rigid Pavement Design and Rigid Pavement Joint Design'*. Washington, D.C. : s.n., 1993.

**Ali Firoozi, Olgun Guney, Ali Firoozi, Mojtaba Baghini. 2017.** Fundamentals of soil stabilization. [En línea] 2017. [Citado el: 30 de 05 de 2021.] <http://dx.doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>.

**Almeida Lema, Vinicio Fabián. 2016.** *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante*. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato . Ecuador : s.n., 2016.

**Alzate Buitrago, A. 2019.** Mejoramiento de la subrasante en vías de tercer orden. [En línea] 2019. [Citado el: 19 de 05 de 2021.] <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17878/MEJORAMIENTO%20DE%20SUBRASANTE%20EN%20VIAS%20DE%20TERCER%20ORDEN.pdf?sequence=1>.

*Analysis of the changes in the mechanical properties of subrasant materials by the addition of recycled polymeric materials.* **Gonzales., E.Serrano Rodriguez y E.Padilla. 2019.** 1, Colombia : Revista Ingeniería Solidaria, 2019, Vol. 25. : <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01..>

**Ariza Gómez, Cristian Camilo, Rojas Novoa, Camilo Andrés, Romero Fuentes, Yiber. 2017.** *Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad la Gran Colombia . Bogotá D.C : s.n., 2017. Grado ingeniero Civil.

**Becerra Santillan, A.C.F y A.E., Herrera Gonzales. 2019.** Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo Viaforte, Mochica u Qhuna; Lamballeque. 2018. [En línea] 2019. [Citado el: 19 de 05 de 2021.] <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/61119/Becerra%20Santillan%20y%20Herrera%20Gonzales.pdf?sequence=1>.

**C. Velasquez Pereyra. 2018.** Universidad Nacional de Cajamarca(UNC),. [En línea] 2018. [Citado el: 19 de 05 de 2021.] file:///C:/Users/Dell/Downloads/INFORME%20TESIS.pdf.

**Cajaleon Salas, Omar Christian. 2018.** *Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el km+ 17 Pimpingos, Choros 2018.* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo. Lima : s.n., 2018. Tesis de Grado.

*Cambios dinámicos y mecánicos de una mezcla asfáltica densa por las propiedades del asfalto y la energía de compactación.* **Ortis, Reyes Oscar. 2009.** Bogota : s.n., 2009, Ingeniería y desarrollo .

**Campos, Rodriguez Jorje y Guardia de niño guzman. 2005.** *APOYO DIDÁCTICO AL APRENDIZAJE DE LA MECÁNICA DE SUELOS MEDIANTE PROBLEMAS RESUELTOS*”. FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE GEOTECNIA, UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN. COCHABAMBA : s.n., 2005.

**Castro Gonzales, M. A. y Navarro Pereyra, J.D. 2019.** Analisis de mejora de suelos arcillosos de alta plastidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico. [En línea] 19 de 07 de 2019. [Citado el: 19 de 05 de 2021.] [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626119/Castro\\_GM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626119/Castro_GM.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**2021.** Cimento: diferentes tipos e aplicações. [En línea] Grupo Isorecort, 23 de 05 de 2021. [Citado el: 23 de 05 de 2021.] <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/11959>.

**Crespo, Villalaz,. 2012.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* 5a. Limusa : s.n., 2012.

**Das, BM. 2012. 2012.** *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones.* México : Limusa, 2012.

**Firoozi, A.A., Guney Olgun, C., Firoozi, A.A. et al. 2017.** Fundamentals of soil stabilization. *Geo-Engineering* 8, 26 (2017). [En línea] International Journal OF Geo-

Engineering, 16 de 12 de 2017. [Citado el: 23 de 05 de 2021.]  
<https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>.

**Foth, H. 1987.** *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. De Tlalpan número 4620. Mexico : Continental S.A, 1987.

**García. 2019.** "Influencia del cemento Portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina". [En línea] 2019. [Citado el: 09 de 05 de 2021.]

**Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014).** 2014. *Metodología de la investigación*. s.l. : McGrawHill., 2014.

**INVIAS. 2018.** Programa de obra Publica. [En línea] 31 de 12 de 2018. [Citado el: 2021 de 05 de 19.] <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/seguimiento-a-proyectos-2016/8845-red-primaria-31-de-diciembre-2018/file..>

**Izabela Karpisz, Jacek Pyda. 2018.** Study of the effect of cement amount on the soil-cement. [En línea] 2018. [Citado el: 23 de 05 de 2021.]  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/4/042061/pdf>.

**Jamshidi, Reza Jolous. 2014.** EVALUATION OF CEMENT-TREATED SOILS SUBJECTED TO CYCLES OF FREEZING AND THAWING. [En línea] 2014. [Citado el: 23 de 05 de 2021.]  
<https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/54065/Jolous%20Jamshidi-Reza-PhD-CVIL-August-2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

**Jin Liu, Bin Shi, Hongtao Jiang, He Huang, Gonghui Wang, Toshitaka Kamai. 2011.** Research on the stabilization treatment of clay slope topsoil by organic polymer soil stabilizer. [En línea] Engineering Geology, 2011. [Citado el: 30 de 05 de 2021.] <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2010.10.011>.

**Joaquim Tinoco António Alberto, Paulo da Venda, António Gomes. 2016.** *A Data-Driven Approach for qu Prediction of Laboratory Soil-Cement Mixtures*. Portugal : Guimaraes, 2016.

**Juárez Badillo, E y Rico Rodríguez, A. 2005.** *Mecánica de Suelos I: Fundamentos de Mecánica de Suelos*. Mexico : Limusa, 2005.

**Kraemer, C, y otros. 2004.** *Ingeniería de Carreteras*. Madrid : McGraw-Hill, 2004. pág. 555. Vol. 2.

**M. R. Hall, K. B. Najim, P. Keikhaei. 2012.** Soil stabilisation and earth construction: materials, properties and techniques. [En línea] 2012. [Citado el: 30 de 05 de 2021.] <http://dx.doi.org/10.1533/9780857096166.2.222>.

**Morone, Guillermo. 2012.** *Metodos y técnicas de la investigacion científica*. Santiago de Surco : s.n, 2012.

**MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2014.** *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos. Seccion Suelos y Pavimentos*. Lima, Peru : MTC, 2014.

**MTC, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2013.** *Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales Para la Construcción - EG 2013*. Lima : MTC, 2013.

**Neville, A y Brooks, J. 2010.** *Concrete Technology*. 2 . Malaysia : Prentice Hall, 2010.

**NTP, 400.012. 2018.** *NORMA TÉCNICA PERUANA*. Calle Las Camelias 817, Dirección de Normalización - INACAL. San Isidro (Lima 27) : s.n., 2018.

**Pasquel, E. 1998.** *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. 2 . Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 1998. pág. 380p.

**Peck, RB, Hanson, WE y Thornburn, TH. 2 ed. 1983.** *Ingeniería de Cimentaciones*. . México : Limusa, 1983. 2 ed..

**Perez Diaz, Villy Yaqueliny. 2018.** “Influencia de la mezcla del cemento portland y la ceniza de cáscara de arroz para mejorar la sub rasante de la carretera puerto los Ángeles - Playa Hermosa, provincia de Moyobamba -San Martín - 2017. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de 05 de 2021.] [file:///C:/Users/Dell/Downloads/perez\\_dv.pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/perez_dv.pdf).

**Ponce, Crispín Daisy Kenia. 2018.** *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica*. FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA, Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica : s.n., 2018.



**PORTLAND, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO. 2002.** *BOLETIM TECNICO. GUIA BASICO DE UTILIZACÃO DO CIMENTO PORTLAND.* Sao Paulo : s.n., 2002.

**Roldán, de Paz J. 2010.** *Estabilización de suelos con cloruro de sodio para base y sub base.* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala : s.n., 2010.

**Salinas, José. 2012.** *Metodología de la investigación científica.* Venezuela : Universidad de los Andes, 2012.

**Sanjuán Bardujo, Miguel Angel y Chinchón Yepes, Servando.** *Introduccion a la fabricacion y normalizacion del cemento Portland.* Chile : Universidad de Alicante.

**Silva Bermejo, Jhonny Cris. 2019.** *Influencia de la adición de la mezcla ceniza volante de cascarilla de cebada con cal en las propiedades físicas y mecánicas en el suelo de Buenos aires distrito de Victor Larco Herrera -Trujillo - La Libertad-2018.* Carrera profesional de Ingenieria Civil, Universidad Privada de Trujillo. Trujillo : s.n., 2019. Tesis de Grado.

**Silvestre Suárez, Juan Miguel. 2018.** *Análisis Comparativo de los efectos del Agua de Mar y de Cal en la Estabilización de Suelos Arcillosos en Calles que conforman el Barrio 2 de Noviembre de la Comuna Engabao perteneciente al Cantón Playas Provincia del Guayas.* Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas, Universidad de Guayaquil. Guayaquil : s.n., 2018.

**Söderlund, Olov. 2018.** *Stabilization of Soft Soil with Lime and PetritT.* [En línea] 03 de 2018. [Citado el: 23 de 05 de 2021.] <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1249638/FULLTEXT02>.

**Sowers, GB y Sowers, GF. 1972.** *Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones.* Mexico : Limusa, 1972.

*Stabilisation of Pavement Subgrade Soil Using Lime and Cement.* **Anil Pandey, Ahsan Rabbani. 2017.** 4, s.l. : International Research Journal of Engineering and Technology, 2017.

**Stephen Nortcliff, Herwig Hulpke, Claus Bannick, Konstantin Terytze, Gerhard Knoop, Michael Bredemeier, Hubert Schulte-Bisping. 2012.** *Soil, 1.*

Definition, Function, and Utilization of Soil. [En línea] 2012. [Citado el: 30 de 05 de 2021.] <https://doi.org/10.1002/14356007.b07>.

**Velazquez Pereyra, C. 2018.** Influencia del cemento Portland tipo I en la estabilizacion del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La molina. [En línea] 2018. [Citado el: 19 de 05 de 2021.] <file:///C:/Users/Dell/Downloads/INFORME%20TESIS.pdf>.

**ANEXO: 01**

**Operacionalización de variables**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICAS INSTRUMENTOS E
Cemento	Según la norma europea UNE-EN 197-1:2011, «son conglomerantes hidráulicos, esto es, materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como al agua». (Sanjuán Bardujo, y otros)	Esta investigación plantea adicionar el cemento en polvo en el terreno de la subrasante de acuerdo a la dosificación de cemento de 6%, 8% y 10% respecto al m <sup>3</sup> de material, empleándose para las 03 muestras con el objetivo de reducir el contenido de humedad, aumentar el CBR y disminuir el índice de plasticidad de la subrasante, inicialmente se realizaron calicatas para ver la clasificación de suelos y los ensayos descritos.	Porcentajes del cemento	6%	Ensayos de laboratorio
				8%	
				10%	
Subrasante	Las propiedades físico mecánicas de la subrasante son las características propias y visibles que puede ser medida. (Mendoza, 2013)	Esta investigación plantea determinar con los respectivos ensayos de Índice de plasticidad, contenido de humedad y CBR en la subrasante como tal, se ensayaron con cemento, las cuales influyeron en las propiedades físicas y mecánicas que resaltaron su calidad.	Propiedades físicas	Análisis granulométrico Límites de Attemberg	Ensayos de laboratorio
			Propiedades mecánicas	CBR (California Bearing Radio)	
				Proctor Modificado	

## ANEXO: 02


### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO	
<b>GENERAL:</b> ¿Cuánto influye el cemento en las propiedades físico mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?	<b>GENERAL:</b> Evaluar la influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021	<b>GENERAL:</b> Evaluar la influencia del cemento sobre la CBR de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021	<b>Independiente</b> Cemento	Dosificaciones	6%, 8% Y 10% de cemento.	<b>Tipo de investigación:</b> aplicada  <b>Diseño:</b> Cuasi-experimental	
¿Cuánto influye el cemento en el contenido de humedad de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?	Determinar la influencia del cemento en el contenido de humedad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021	La incorporación del cemento disminuye el contenido de humedad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.		<b>Dependiente</b> Propiedades físicas mecánicas de la subrasante	Propiedades subrasante de	Contenido de humedad (%)	<b>Población</b> Tramo: Quinsachata-Laripata.  <b>Muestra:</b> subrasante clicata-1-2-3 progresiva 2 + 000 km, 4 + 000 km y 6+000 Km. Respectivamente.
¿Cuánto influye el cemento en el índice de plasticidad de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?	Evaluar la influencia del cemento sobre el índice de plasticidad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021	La incorporación del cemento disminuye el índice de plasticidad de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021;				Índice de plasticidad (%)	<b>Muestreo:</b> Calicata N°3, progresiva 6+000 Km.  <b>Instrumento:</b> análisis de mecánica de suelos.
¿Cuánto influye el cemento en la CBR de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021?	Evaluar la influencia del cemento sobre la CBR de la subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021	La incorporación del cemento aumenta la CBR de la subrasante en camino vecinal, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.				CBR (%)	<b>Técnica:</b> Ensayos de laboratorio

## ANEXO: 03 TURNITIN

Feedback Studio - Google Chrome  
https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1115889707&s=1&lang=es&o=1599070193&student\_user=1

feedback studio YEFER WILDO CRUZ ARPI TALLER DE TESIS CRUZ ARPI YEFER WILDO.pdf



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

<sup>1</sup> FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Influencia del cemento en las propiedades físico - mecánicas de subrasante en caminos vecinales, tramo Quinsachata – Laripata, Cabanillas – San Román 2021.**

<sup>3</sup> TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Resumen de coincidencias

## 18 %

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

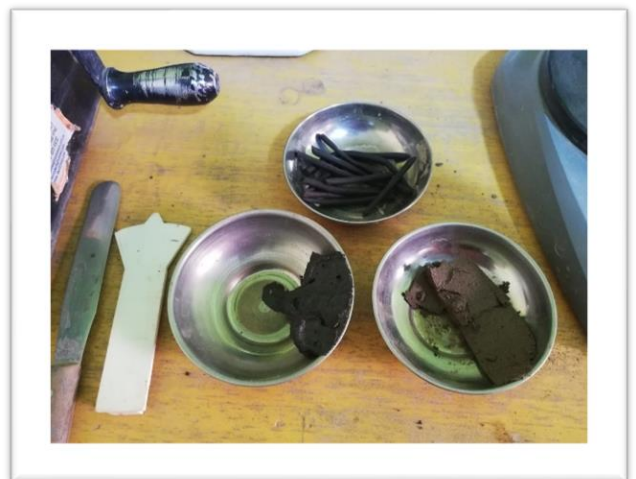
Coincidencias

1	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	3 %	>
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %	>
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %	>
5	repositorioacademico.... Fuente de Internet	1 %	>
6	repositorio.uss.edu.pe	1 %	>

Página: 1 de 51    Número de palabras: 12291    Text-only Report    High Resolution    Activado

09:56  
2/06/2021

## ANEXO: 04 PANEL FOTOGRAFICO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS



## ANEXO: 05 PANEL FOTOGRAFICO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS



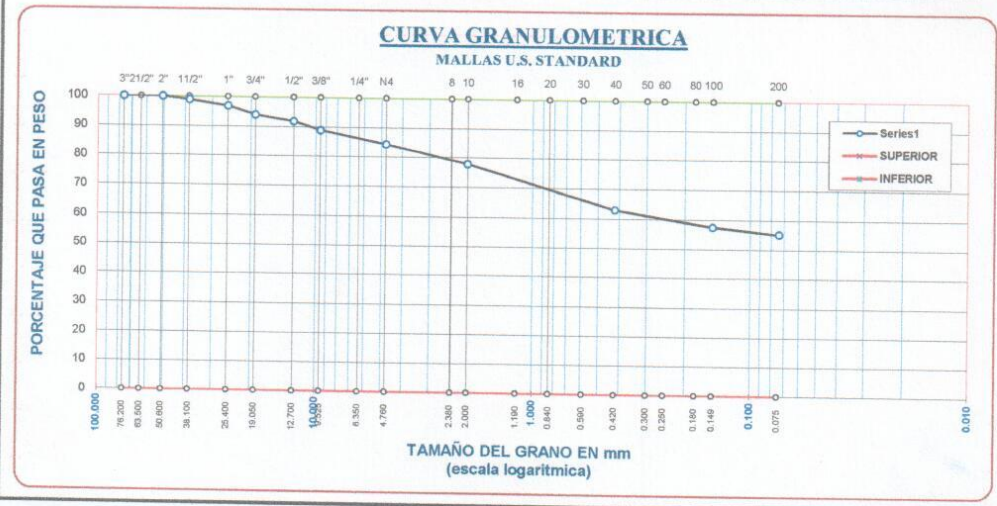
# ANEXO: 06 CERTIFICADOS DE LABORATORIO DE SUELOS

<b>GEOTECNIA PUNO EIRL</b>	
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL	

DATOS DE LA MUESTRA: DE CALICATA 01			
RUTA	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	----
CANTERA:	: KM: 2+000 LADO EJE	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	14/03/2021

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 204; ASTM D 422 )

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 12211.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1362.0 gr.
2"	50.600	0.0	0.00	0.00	100.00		Grava : 15.66 %
1 1/2"	38.100	124.0	1.02	1.02	98.98		Arena : 29.17 %
1"	25.400	251.0	2.06	3.07	96.93		Fino : 55.18 %
3/4"	19.050	362.0	2.96	6.04	93.96		% de Humedad : 21.19 %
1/2"	12.700	251.0	2.06	8.09	91.91		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.525	362.0	2.96	11.06	88.94		Limite Líquido : 48.05 %
No4	4.760	562.0	4.60	15.66	84.34		Limite Plástico : 30.57 %
No10	2.000	104.0	6.44	22.10	77.90		Indice plasticidad : 17.48 %
No20	0.840	124.0	7.68	29.78	70.22		CARACT. GRANULOMETRICAS
No40	0.420	115.0	7.12	36.90	63.10		D10= ----
No100	0.149	90.0	5.57	42.47	57.53		D30= 0.04      Cu= ----
No200	0.074	38.0	2.35	44.82	55.18		D60= 0.27      Cc= ----
BASE		6737.5	55.18	100.00			CLASIFICACIÓN
							SUCS : CL-ML
							AASHTO : A-7-5(8)



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Seguridad Consultoría y Construcción

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732



# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

## DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

### DATOS DE LA MUESTRA

RUTA	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO	:	---	---
CANTERA:	KM. 2+000 LADO EJE	TECNICO	:	PERSONAL DE LABORATORIO	
UBICACIÓN	MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. ESP.	:	ING. ALFREDO ALARCÓN	
MUESTRA	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA	:	14/03/2021	

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-10		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1558.0	1607.0	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	1284.0	1458.0	
PESO DE LA TARA gr.	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA gr.	274.0	149.0	
PESO SUELO SECO gr.	1284.0	708.3	
HUMEDAD %	21.34	21.04	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %		21.19	

Comentarios:

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Obras de Infraestructura y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIR 61732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

**MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL**

**1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 01**

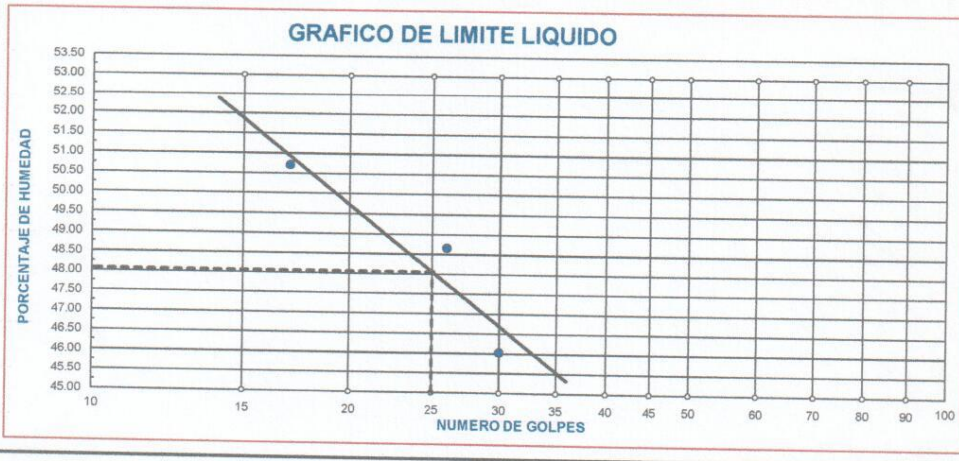
RUTA	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	----
CANTERA:	: KM: 2+000 LADO EJE	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	14/03/2021

**2.- PROCEDIMIENTO:**

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO MTC E 110			LÍMITE PLASTICO MTC E 111	
	No. DE GOLFES	Mo	W <sub>L</sub>	Mo	W <sub>P</sub>
01. No. DE GOLFES	30	26	17		
02. TARRO No.	9	7	14	5	8
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	70.26	67.02	70.02	63.07
04. SUELO SECO * TARRO	g	63.09	60.67	62.51	59.76
05. PESO DEL AGUA	g	7.17	6.35	7.51	3.31
06. PESO DEL TARRO	g	47.51	47.62	47.70	49.23
07. PESO DEL SUELO SECO	g	15.58	13.05	14.81	10.53
08. HUMEDAD	%	46.02	48.66	50.71	31.43

<b>L.L.= 48.05 %</b>	<b>L.P.= 30.57 %</b>	<b>I.P.= 17.48 %</b>
----------------------	----------------------	----------------------



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción  
  
**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP: 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

**MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL**

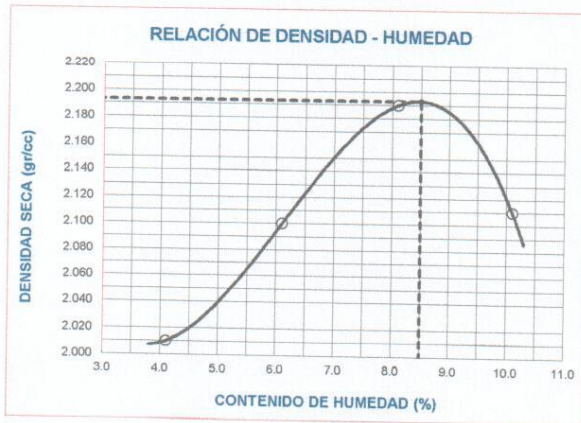
**1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 01**

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---
CANTERA : KM: 2+000 LADO EJE	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSAB: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 14/03/2021

**2.- PROCEDIMIENTO:**

### PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115; ASTM D 1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	10,489.0	10,786.0	11,080.0	10,970.0	
PESO MOLDE	6,085	6,085	6,085	6,085	
PESO SUELO COMPACTADO	4,404	4,701	4,995	4,885	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105	2,105	
DENSIDAD HUMEDA	2.09	2.23	2.37	2.32	
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	648.90	812.80	749.00	842.30	
SUELO SECO + RECIPIENTE	623.10	766.10	692.90	765.20	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	25.80	46.70	56.10	77.10	
PESO DE SUELO SECO	623.10	766.10	692.90	765.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.10	6.10	8.10	10.10	
DENSIDAD SECA	2.01	2.10	2.19	2.11	



Máxima densidad seca  
2.19 gr/cm<sup>3</sup>

Conten. humedad óptima  
8.5 %

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Materiales Constructivos y Construcción

.....  
**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

**MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL**

### 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 01

CONCEPTO	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA:	: KM: 2+000 LADO EJE	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	14/03/2021

### VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E 132 - 2016 )

	4		5		6	
	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13026	13156		12702	
Peso del molde	gr.	8011	8361		8144	
Peso del suelo húmedo	gr.	5015	4795		4558	
Volúmen del molde	cc.	2112.3	2119.6		2126.4	
Densidad Húmeda	gr./cc	2.37	2.26		2.14	
Humedad	%	8.40	8.40		8.60	
Densidad seca	gr./cc	2.19	2.08		1.97	
Tarro N°		1	2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	745.0	702.1		708.8	
Tarro suelo seco	gr.	687.2	647.5		652.7	
Agua	gr.	57.8	54.6		56.1	
Peso del Tarro	gr.	0	0		0	
Peso del suelo seco	gr.	687.2	647.5		652.7	
Humedad	%	8.40	8.40		8.60	
Promedio de la humedad	%					

### ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-3-21	10:34	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
15-3-21	10:34	1	9	0.23	0.18	11	0.28	0.22	10	0.25	0.20
16-3-21	10:34	2	11	0.28	0.22	20	0.51	0.40	18	0.46	0.36
17-3-21	10:34	3	15	0.38	0.30	32	0.81	0.64	26	0.66	0.52
18-3-21	10:34	4	15	0.38	0.30	32	0.81	0.64	26	0.66	0.52

### PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo (min.)	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>
0.50	0.600	0.025	224	493	164	138	304	101	113	249	83
1.00	1.300	0.050	473	1041	347	267	587	196	224	493	164
1.50	1.900	0.075	685	1507	502	349	768	256	286	629	210
2.00	2.500	0.100	996	2191	730	567	1247	416	322	708	236
3.00	3.800	0.150	1234	2715	905	699	1538	513	428	942	314
4.00	5.000	0.200	1485	3267	1089	894	1967	656	629	1384	461
5.00	6.000	0.250	1667	3667	1222	1067	2347	782	964	2121	707
6.00	7.500	0.300	1827	4019	1340	1291	2840	947	1067	2347	782
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Ecología Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

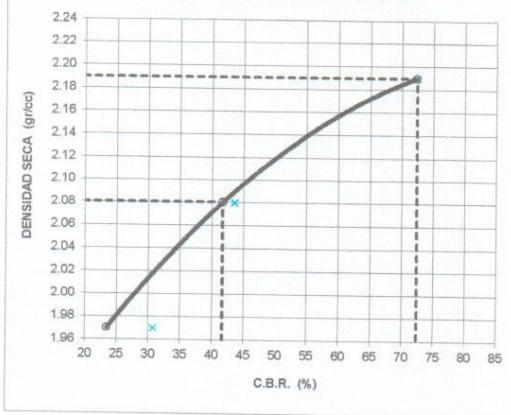
MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 01

CONCEPTO : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO  
CANTERA : KM. 2+000 LADO EJE  
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA  
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO

TRAMO: ---  
REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO  
ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN  
FECHA: 14/03/2021

### GRAFICO DE C.B.R.



### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1" AL 100% = 72.4%  
C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S. = 41.7%

### LEYENDA

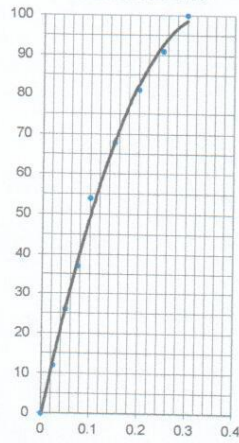
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1" = 72.4%

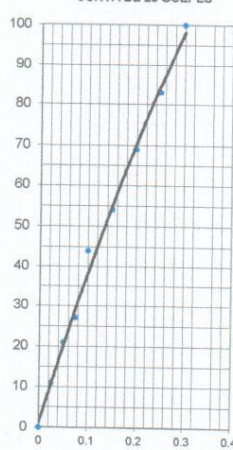
C.B.R. 0.1" = 41.7%

C.B.R. 0.1" = 23.5%

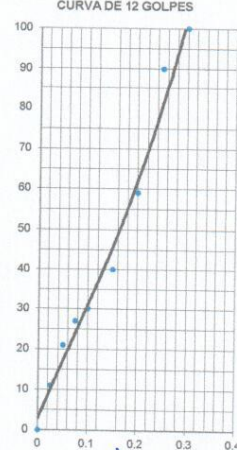
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

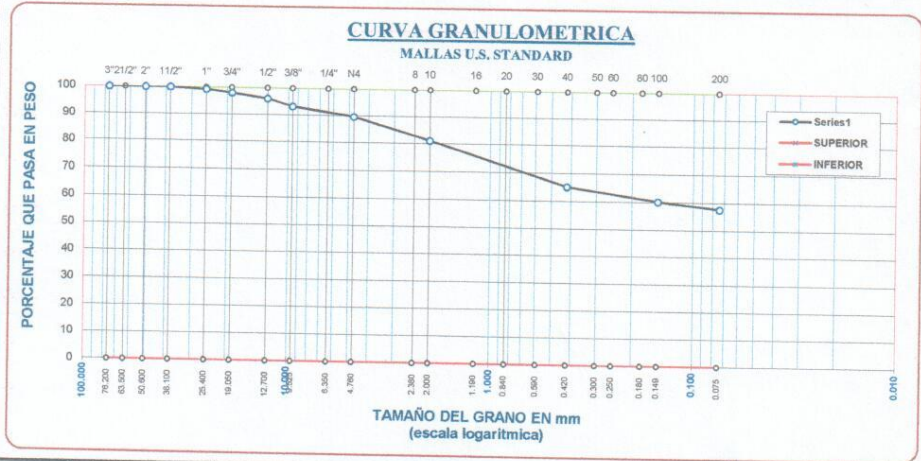
MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 02**

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---
CANTERA : KM: 4+000 LADO EJE	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 11/03/2021

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 204; ASTM D 422 )

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 18111.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1252.0 gr.
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00		Grava : 10.24 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 32.19 %
1"	25.400	124.0	0.68	0.68	99.32		Fino : 57.57 %
3/4"	19.050	212.0	1.17	1.86	98.14		% de Humedad : 21.72 %
1/2"	12.700	362.0	2.00	3.85	96.15		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.525	521.0	2.88	6.73	93.27		Limite Liquido : 48.25 %
No4	4.760	635.0	3.51	10.24	89.76		Limite Plástico : 27.28 %
No10	2.000	121.0	8.68	18.91	81.09		Indice plasticidad : 20.96 %
No20	0.840	122.0	8.75	27.66	72.34		<b>CARACT. GRANULOMETRICAS</b>
No40	0.420	98.0	7.03	34.69	65.31		D10= ---
No100	0.149	72.0	5.16	39.85	60.15		D30= 0.04      Cu= ---
No200	0.074	36.0	2.58	42.43	57.57		D60= 0.14      Cc= ---
BASE		10426.8	57.57	100.00			<b>CLASIFICACIÓN</b>
							SUCS : <b>CL</b>
							AASHTO : <b>A-7-6(10)</b>



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Asfalto, Concreto y Construcción

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 02

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>RUTA</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO TRAMO	:	--	--
<b>CANTERA:</b>	KM: 4+000 LADO EJE	<b>TECNICO</b>	:	PERSONAL DE LABORATORIO
<b>UBICACIÓN</b>	MUESTREO EN PLATAFORMA	<b>ING. ESP.</b>	:	ING. ALFREDO ALARCÓN
<b>MUESTRA</b>	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	<b>FECHA</b>	:	11/03/2021

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-10		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1522.0	1092.0	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	1252.0	937.0	
PESO DE LA TARA gr.	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA gr.	270.0	155.0	
PESO SUELO SECO gr.	1252.0	708.3	
HUMEDAD %	21.57	21.88	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	21.72		

Comentarios:

**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
Ingeniería de Pavimentos, Obras Civiles Consultoria y Construcción

**ALFREDO ALARCÓN TAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Rég. CIP. 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

### 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 02

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---	---
CANTERA : KM: 4+000 LADO EJE	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO	
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN	
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 11/03/2021	

### 2.- PROCEDIMIENTO:

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

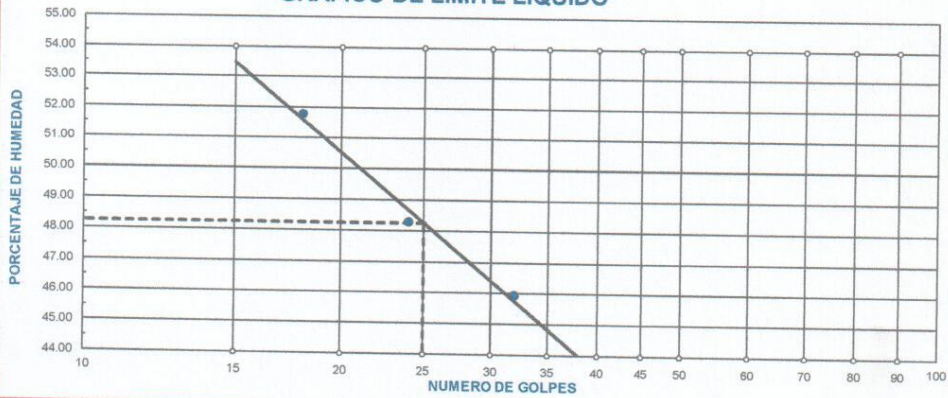
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO MTC E 110			LÍMITE PLASTICO MTC E 111	
	No.	g	%	g	%
01. No. DE GOLPES		32	24	18	
02. TARRO No.		3	9	2	4
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	76.83	84.42	64.58	26.12
04. SUELO SECO * TARRO	g	67.50	72.40	59.22	25.34
05. PESO DEL AGUA	g	9.33	12.02	5.36	0.78
06. PESO DEL TARRO	g	47.19	47.51	48.87	22.64
07. PESO DEL SUELO SECO	g	20.31	24.89	10.35	2.70
08. HUMEDAD	%	45.94	48.29	51.79	28.89

L.L.= 48.25 %

L.P.= 27.28 %

I.P.= 20.96 %

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 61732



# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

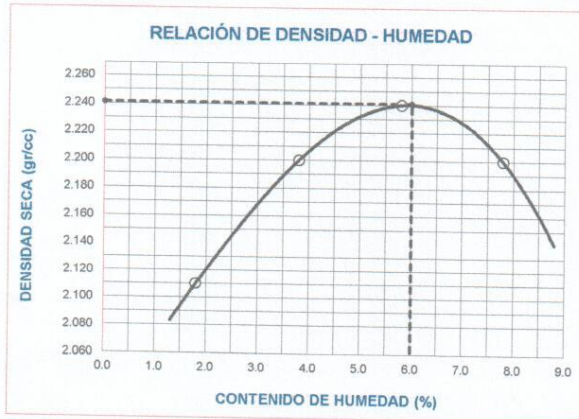
## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 02

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---	---
CANTERA : KM: 4+000 LADO EJE	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO	
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABIL: ING. ALFREDO ALARCÓN	
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 11/03/2021	

## 2.- PROCEDIMIENTO:

### PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115; ASTM D 1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	10,612.0	10,892.0	11,069.0	11,080.0	
PESO MOLDE	6,085	6,085	6,085	6,085	
PESO SUELO COMPACTADO	4,527	4,807	4,984	4,995	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105	2,105	
DENSIDAD HUMEDA	2.15	2.28	2.37		
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	843.00	933.00	956.00	986.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	828.00	899.00	903.40	915.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	15.00	34.00	52.60	71.00	
PESO DE SUELO SECO	828.00	899.00	903.40	915.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.80	3.80	5.80	7.80	
DENSIDAD SECA	2.11	2.20	2.24	2.20	



Máxima densidad seca  
2.24 gr/cm<sup>3</sup>

Conten. humedad óptima  
6.0 %

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Rég. CIP 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

### 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 02

**CONCEPTO** : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO      **TRAMO:** ---  
**CANTERA:** : KM: 4+000 LADO EJE      **REALIZADO POR:** PERSONAL DE LABORATORIO  
**UBICACIÓN** : MUESTREO EN PLATAFORMA      **ING. RESPONSABLE:** ING. ALFREDO ALARCÓN  
**MUESTRA** : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO      **FECHA:** 11/03/2021

### VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E 132 - 2016 )

	4		5		6	
	56		25		12	
Molde N°						
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13014	13144		12687	
Peso del molde	gr.	8011	8361		8144	
Peso del suelo húmedo	gr.	5003	4783		4543	
Volúmen del molde	cc.	2112.3	2119.6		2126.4	
Densidad Humeda	gr./cc	2.37	2.26		2.14	
Humedad	%	6.00	6.00		6.00	
Densidad seca	gr./cc	2.24	2.13		2.02	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	793.0	762.0		782	
Tarro suelo seco	gr.	748.0	719.0		738	
Agua	gr.	45	43		44	
Peso del Tarro	gr.	0	0		0	
Peso del suelo seco	gr.	748	719		738	
Humedad	%	6.00	6.00		6.00	
Promedio de la humedad	%					

### ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
11-3-21	10:34	0	9	0.00	0.00	8	0.00	0.00	9	0.00	0.00
12-3-21	10:34	1	12	0.30	0.24	11	0.28	0.22	12	0.30	0.24
13-3-21	10:34	2	18	0.46	0.36	16	0.41	0.32	15	0.38	0.30
14-3-21	10:34	3	20	0.51	0.40	19	0.48	0.38	19	0.48	0.38
15-3-21	10:34	4	24	0.61	0.48	23	0.58	0.46	24	0.61	0.48

### PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo (min.)	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>
0.50	0.600	0.025	205	451	150	146	321	107	113	249	83
1.00	1.300	0.050	364	801	267	273	601	200	229	504	168
1.50	1.900	0.075	682	1500	500	351	772	257	327	719	240
2.00	2.500	0.100	879	1934	645	524	1153	384	341	750	250
3.00	3.800	0.150	1067	2347	782	679	1494	498	471	1036	345
4.00	5.000	0.200	1285	2827	942	802	1764	588	643	1415	472
5.00	6.000	0.250	1406	3093	1031	894	1967	656	738	1624	541
6.00	7.500	0.300	1532	3370	1123	1163	2559	853	894	1967	656
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoria y Construcción

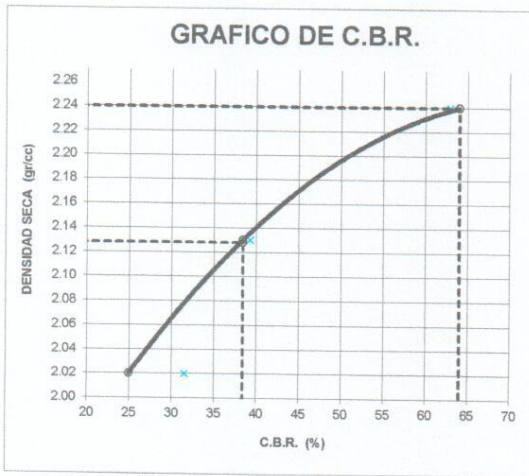
ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIR 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

**1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 02**

CONCEPTO	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA:	: KM: 4+000 LADO EJE	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	11/03/2021



**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R.01" AL 100% = 64.0%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 38.4%

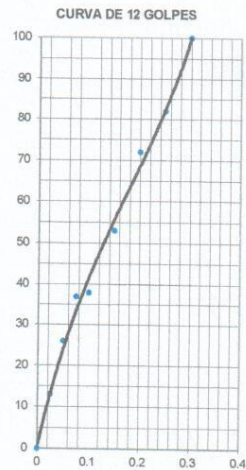
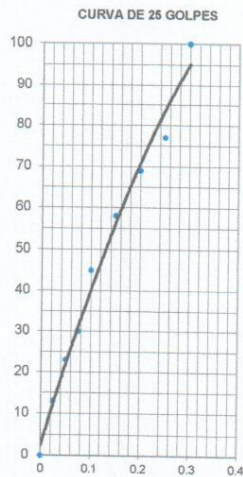
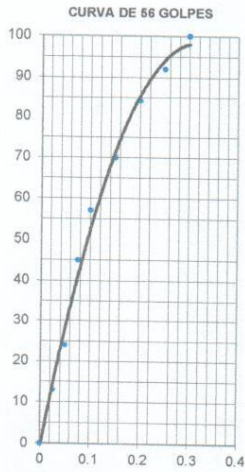
**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1"= 64.0%

C.B.R. 0.1"= 38.4%

C.B.R. 0.1"= 24.9%



**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción  
**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP: 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MÉCANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL

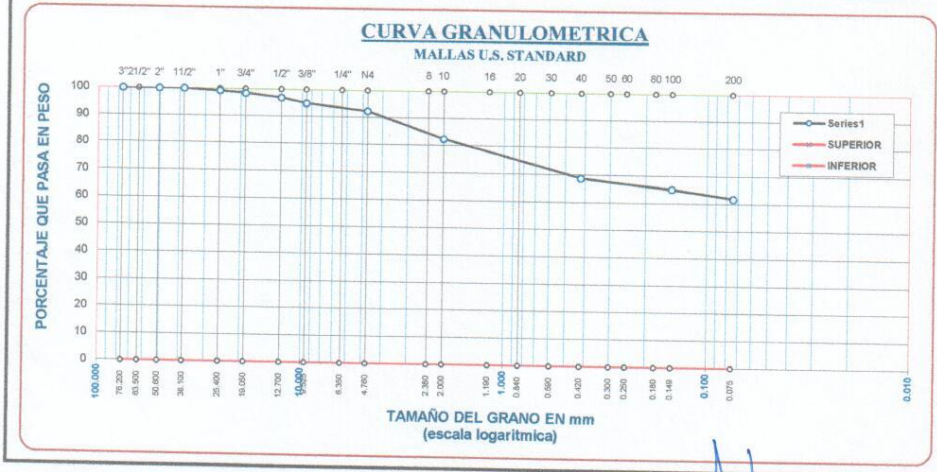
**DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 03**

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO	FECHA: 10/03/2021

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E 204; ASTM D 422)

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 14596.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1492.0 gr.
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00		Grava : 7.61 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 30.59 %
1"	25.400	95.0	0.65	0.65	99.35		Fino : 61.80 %
3/4"	19.050	124.0	0.85	1.50	98.50		% de Humedad : 25.57 %
1/2"	12.700	236.0	1.62	3.12	96.88		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.525	282.0	1.93	5.05	94.95		Limite Líquido : 45.29 %
No4	4.760	374.0	2.56	7.61	92.39		Limite Plástico : 20.98 %
No10	2.000	162.0	10.03	17.64	82.36		Indice plasticidad : 24.30 %
No20	0.840	136.0	8.42	26.06	73.94		<b>CARACT. GRANULOMÉTRICAS</b>
No40	0.420	82.0	5.08	31.14	68.86		D10= ---
No100	0.149	62.0	3.84	34.98	65.02		D30= 0.04 Cu= ---
No200	0.074	52.0	3.22	38.20	61.80		D60= 0.07 Cc= ---
BASE		9020.1	61.80	100.00			<b>CLASIFICACIÓN</b>
							SUCS : CL
							AASHTO : A-7-6(12)



**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
Ingeniería de Pavimentos, Inspección Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

### 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ----	---
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO	
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN	
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 10/03/2021	

### 2.- PROCEDIMIENTO:

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO MTC E 110			LÍMITE PLASTICO MTC E 111	
	No. de Golpes	22	25	4	5
01. No. DE GOLPES	32	22	15		
02. TARRO No.	2	3	7	4	5
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	68.36	67.55	70.12	24.17
04. SUELO SECO * TARRO	g	62.10	61.25	63.05	23.70
05. PESO DEL AGUA	g	6.26	6.30	7.07	0.47
06. PESO DEL TARRO	g	47.70	47.61	48.66	21.43
07. PESO DEL SUELO SECO	g	14.40	13.64	14.39	2.27
08. HUMEDAD	%	43.47	46.19	49.13	20.70

L.L.= 45.29 %

L.P.= 20.98 %

I.P.= 24.30 %

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción  
 ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA 03

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

#### DATOS DE LA MUESTRA

RUTA	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO		TRAMO	:	---	---
CANTERA:	KM: 6+000 LADO EJE	TECNICO	:	PERSONAL DE LABORATORIO		
UBICACIÓN	MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. ESP.	:	ING. ALFREDO ALARCÓN		
MUESTRA	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA	:	10/03/2021		

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-10		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1094.0	974.0	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	874.0	790.0	
PESO DE LA TARA gr.	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA gr.	220.0	184.0	
PESO SUELO SECO gr.	874.0	708.3	
HUMEDAD %	25.17	25.98	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	25.57		

Comentarios:

GEOTECNIA PUNO EIRL,  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

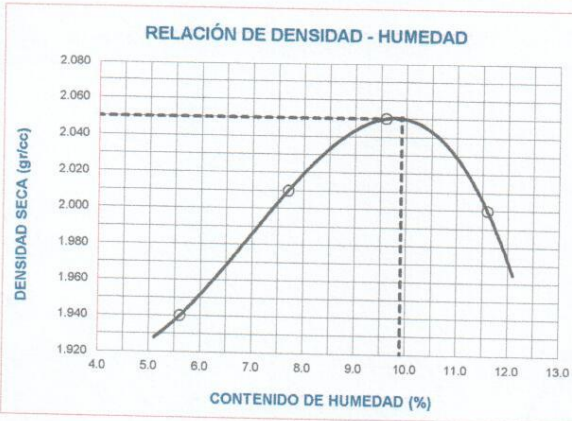
## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N°03

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSAB: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 10/03/2021

## 2.- PROCEDIMIENTO:

### PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115; ASTM D 1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	10,391.0	10,627.0	10,812.0	10,778.0	
PESO MOLDE	6,085	6,085	6,085	6,085	
PESO SUELO COMPACTADO	4,306	4,542	4,727	4,693	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105	2,105	
DENSIDAD HUMEDA	2,05	2,16	2,25	2,23	
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	596,30	649,00	846,10	715,90	
SUELO SECO + RECIPIENTE	564,70	602,70	772,30	641,60	
PESO RECIPIENTE	0,00	0,00	0,00	0,00	
PESO DE AGUA	31,60	46,30	73,80	74,30	
PESO DE SUELO SECO	564,70	602,70	772,30	641,60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	5,60	7,70	9,60	11,60	
DENSIDAD SECA	1,94	2,01	2,05	2,00	



Máxima densidad seca  
2.05 gr/cm<sup>3</sup>

Conten. humedad óptima  
9.9 %

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Prevención, Seguridad Consultoria y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

### 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03

CONCEPTO :	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA :	KM: 6+000 LADO EJE	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN :	MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA :	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	10/03/2021

### VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E 132 - 2016 )

	6		4		5	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	6		4		5	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr. 12341		11937		11783	
Peso del molde	gr. 7563		7429		7542	
Peso del suelo húmedo	gr. 4778		4508		4241	
Volúmen del molde	cc. 2123		2112.3		2119.6	
Densidad Humeda	gr./cc 2.25		2.13		2	
Humedad	% 9.90		10.00		10.00	
Densidad seca	gr./cc 2.05		1.94		1.82	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr. 642.8		782.4		928.1	
Tarro suelo seco	gr. 584.9		711.5		843.5	
Agua	gr. 57.9		70.9		84.6	
Peso del Tarro	gr. 0		0		0	
Peso del suelo seco	gr. 584.9		711.5		843.5	
Humedad	% 9.90		10.00		10.00	
Promedio de la humedad	%					

### ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
10-3-21	10:34	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
11-3-21	10:34	1	23	0.58	0.46	21	0.53	0.42	95	2.41	1.91
12-3-21	10:34	2	28	0.71	0.56	31	0.79	0.62	112	2.84	2.25
13-3-21	10:34	3	29	0.74	0.58	33	0.84	0.66	113	2.87	2.27
14-3-21	10:34	4	29	0.74	0.58	34	0.86	0.68	115	2.92	2.31

### PENETRACION

Tiempo (min.)	PENETRACION		Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
	mm	plg									
0.50	0.600	0.025	254	559	186	138	304	101	95	209	70
1.00	1.300	0.050	484	1065	355	385	847	282	234	515	172
1.50	1.900	0.075	658	1448	483	538	1184	395	375	825	275
2.00	2.500	0.100	850	1870	623	624	1373	458	415	913	304
3.00	3.800	0.150	1152	2534	845	714	1571	524	502	1104	368
4.00	5.000	0.200	1410	3102	1034	858	1888	629	615	1353	451
5.00	6.000	0.250	1526	3357	1119	980	2156	719	698	1536	512
6.00	7.500	0.300	1642	3612	1204	1222	2688	896	763	1679	560
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Asesoría Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

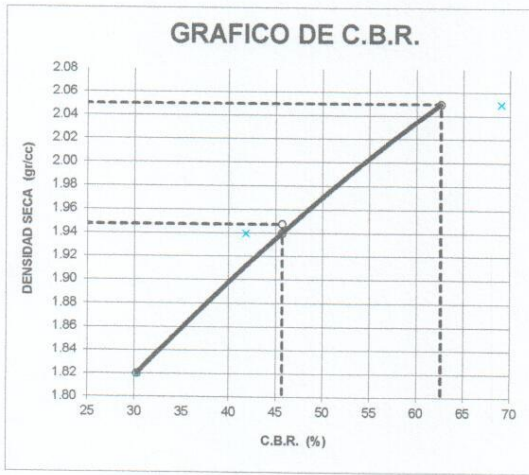


# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

**1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03**

CONCEPTO	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO TRAMO: ---	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
CANTERA	: KM: 6+000 LADO EJE	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	FECHA: 10/03/2021
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	



**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R. 0.1" AL 100% = 62.6%  
 C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S. = 45.7%

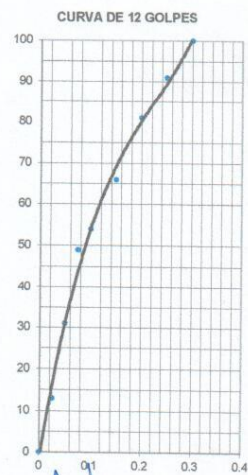
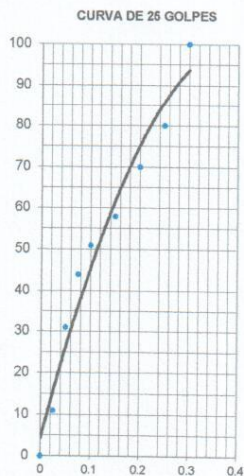
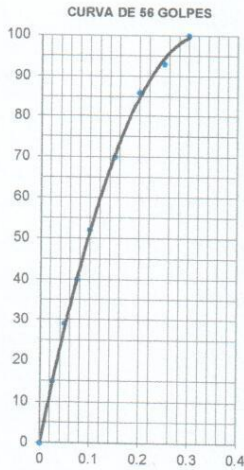
**LEYENDA**

— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1"= 62.6%

C.B.R. 0.1"= 45.7%

C.B.R. 0.1"= 30.2%



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MÉCANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

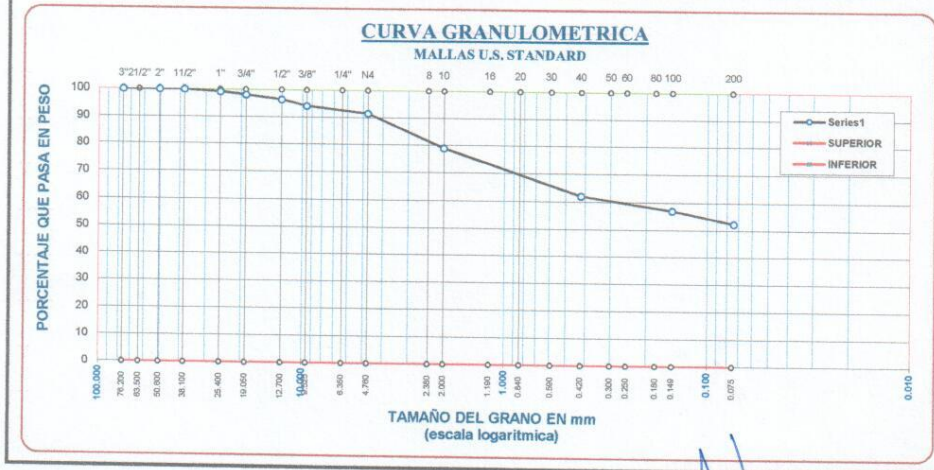
## DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 6% CEMENTO

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ----
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE 6% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 14/03/2021

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E 204; ASTM D 422)

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 15231.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1542.0 gr
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00		Grava : 8.43 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 39.19 %
1"	25.400	124.0	0.81	0.81	99.19		Fino : 52.38 %
3/4"	19.050	158.0	1.04	1.85	98.15		% de Humedad : 17.98 %
1/2"	12.700	264.0	1.73	3.58	96.42		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.525	326.0	2.14	5.73	94.27		Limite Liquido : 37.89 %
No4	4.760	412.0	2.71	8.43	91.57		Limite Plástico : 18.22 %
No10	2.000	212.0	12.59	21.02	78.98		Indice plasticidad : 19.66 %
No20	0.840	176.0	10.45	31.47	68.53		CARACT. GRANULOMETRICAS
No40	0.420	108.0	6.41	37.88	62.12		D10= ----
No100	0.149	86.0	5.11	42.99	57.01		D30= 0.04 Cu= ----
No200	0.074	78.0	4.63	47.62	52.38		D60= 0.31 Cc= ----
BASE		7977.5	52.38	100.00			CLASIFICACIÓN
							SUCS : CL
							AASHTO : A-6(10)



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Espesores, Construcción y Construcción

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Rég. CIP: 81732

**GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 6% CEMENTO

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

## DATOS DE LA MUESTRA

RUTA	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO	:	---	---
CANTERA:	KM. 6+000 LADO EJE 8% cemento	TECNICO	:	PERSONAL DE LABORATORIO	
UBICACIÓN	MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. ESP.	:	ING. ALFREDO ALARCÓN	
MUESTRA	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA	:	14/03/2021	

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-10		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1055.0	961.0	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	897.0	831.0	
PESO DE LA TARA gr.	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA gr.	158.0	130.0	
PESO SUELO SECO gr.	897.0	708.3	
HUMEDAD %	17.61	18.35	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	17.98		

Comentarios:

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y ConstrucciónALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

### 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03+6% DE CEMENTO

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ----
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE 6% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 14/03/2021

### 2.- PROCEDIMIENTO:

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

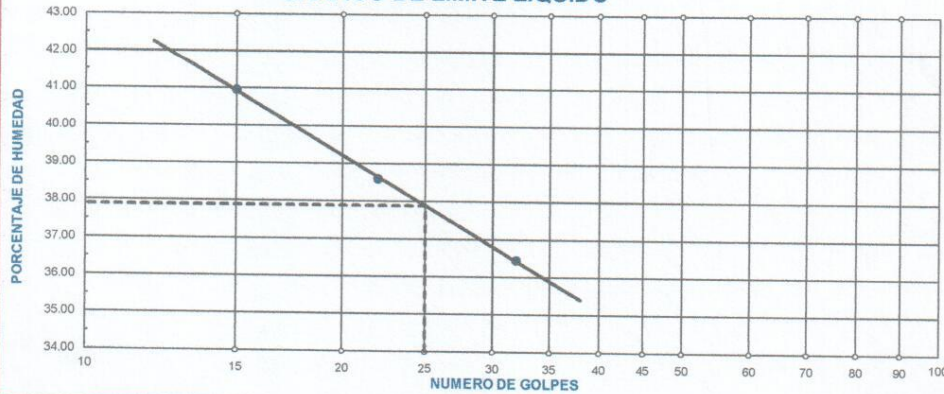
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO MTC E 110			LÍMITE PLASTICO MTC E 111	
01. No. DE GOLPES	32	22	15		
02. TARRO No.	2	3	7	4	5
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	67.54	66.75	68.52	23.62
04. SUELO SECO * TARRO	g	62.24	61.42	62.75	23.27
05. PESO DEL AGUA	g	5.30	5.33	5.77	0.35
06. PESO DEL TARRO	g	47.70	47.61	48.66	21.43
07. PESO DEL SUELO SECO	g	14.54	13.81	14.09	1.84
08. HUMEDAD	%	36.45	38.60	40.95	19.02

L.L.= 37.89 %

L.P.= 18.22 %

I.P.= 19.66 %

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

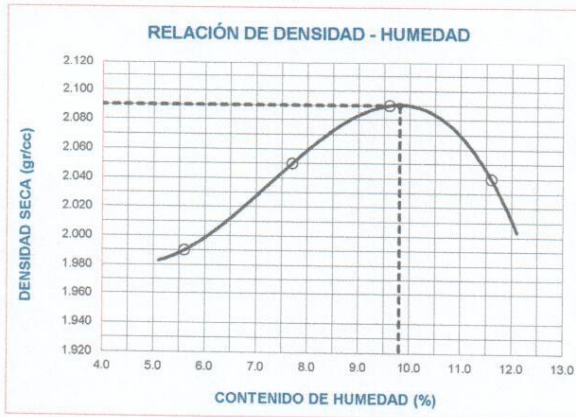
## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 +6% DE CEMENTO

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ----
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE 6% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSAB: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 14/03/2021

## 2.- PROCEDIMIENTO:

### PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115; ASTM D 1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	10,499.0	10,727.0	10,912.0	10,878.0	
PESO MOLDE	6,085	6,085	6,085	6,085	
PESO SUELO COMPACTADO	4,414	4,642	4,827	4,793	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105	2,105	
DENSIDAD HUMEDA	2.10	2.21	2.29	2.28	
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	596.30	649.00	846.10	715.90	
SUELO SECO + RECIPIENTE	564.70	602.70	772.30	641.60	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	31.60	46.30	73.80	74.30	
PESO DE SUELO SECO	564.70	602.70	772.30	641.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.60	7.70	9.60	11.60	
DENSIDAD SECA	1.99	2.05	2.09	2.04	



Máxima densidad seca  
2.090 gr/cm<sup>3</sup>

Conten. humedad óptima  
9.8 %

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Asesoría, Consultoría y Construcción  


---

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 6% CEMENTO**

CONCEPTO :	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA :	KM: 6+000 LADO EJE 6% cemento	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN :	MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA :	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	14/03/2021

### VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E 132 - 2016)

	6		4		5	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	6		4		5	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SUMERG.		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12341		11937		11783
Peso del molde	gr.	7563		7429		7542
Peso del suelo húmedo	gr.	4778		4508		4241
Volúmen del molde	cc.	2123		2112.3		2119.6
Densidad Humeda	gr./cc	2.25		2.13		2
Humedad	%	10.20		10.00		10.30
Densidad seca	gr./cc	2.04		1.94		1.81
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	645.3		785.2		833.6
Tarro suelo seco	gr.	585.6		713.5		755.5
Agua	gr.	59.7		71.7		78.1
Peso del Tarro	gr.	0		0		0
Peso del suelo seco	gr.	585.6		713.5		755.5
Humedad	%	10.20		10.00		10.30
Promedio de la humedad	%					

#### ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
NO PRESENTA EXPANSION											

#### PENETRACION

Tiempo (min.)	PENETRACION		Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
	mm	plg									
0.50	0.600	0.025	261	574	191	142	312	104	95	209	70
1.00	1.300	0.050	512	1126	375	416	915	305	234	515	172
1.50	1.900	0.075	684	1505	502	562	1236	412	375	825	275
2.00	2.500	0.100	921	2026	675	692	1522	507	415	913	304
3.00	3.800	0.150	1194	2627	876	758	1668	556	502	1104	368
4.00	5.000	0.200	1532	3370	1123	959	2110	703	615	1353	451
5.00	6.000	0.250	1692	3722	1241	1025	2255	752	698	1536	512
6.00	7.500	0.300	1854	4079	1360	1362	2996	999	763	1679	560
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

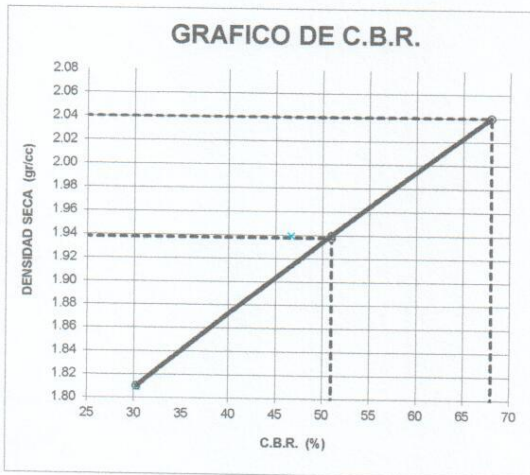
**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

**DATOS DE LA MUESTRA:** CALICATA N° 03 + 6% CEMENTO

CONCEPTO	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: -----
CANTERA:	: KM: 6+000 LADO EJE 6% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 14/03/2021



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 68.0%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 50.9%

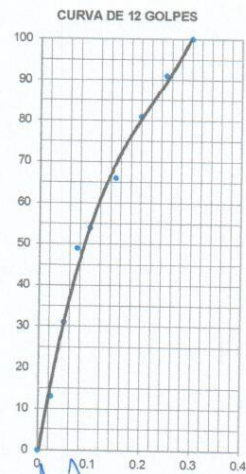
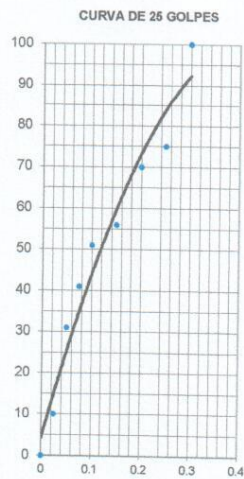
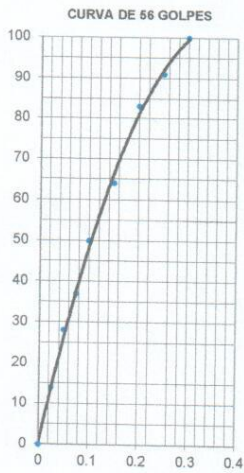
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 68.0%

C.B.R 0.1"= 50.9%

C.B.R 0.1"= 30.2%



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

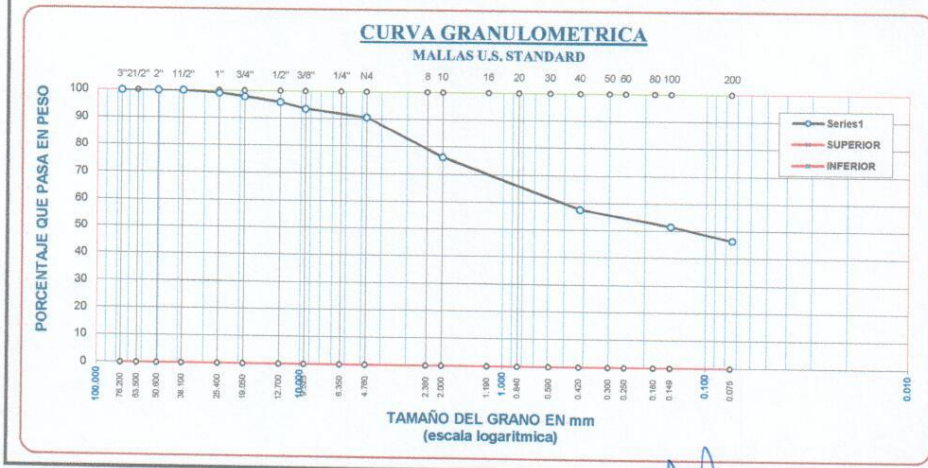
## DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 8% DE CEMENTO

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE 8% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 16/03/2021

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E 204; ASTM D 422 )

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 15624.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1556.0 gr.
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00		Grava : 9.32 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 44.23 %
1"	25.400	145.0	0.93	0.93	99.07		Fino : 46.45 %
3/4"	19.050	188.0	1.20	2.13	97.87		% de Humedad : 15.45 %
1/2"	12.700	295.0	1.89	4.02	95.98		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.525	372.0	2.38	6.40	93.60		Limite Liquido : 31.79 %
No4	4.760	456.0	2.92	9.32	90.68		Limite Plástico : 16.57 %
No10	2.000	246.0	14.34	23.66	76.34		Indice plasticidad : 15.21 %
No20	0.840	196.0	11.42	35.08	64.92		CARACT. GRANULOMETRICAS
No40	0.420	125.0	7.28	42.36	57.64		D10= ---
No100	0.149	104.0	6.06	48.42	51.58		D30= 0.05 Cu= ---
No200	0.074	88.0	5.13	53.55	46.45		D60= 0.56 Cc= ---
BASE		7257.0	46.45	100.00			CLASIFICACIÓN
							SUCS : SC
							AASHTO : A-6(4)



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Mecánica Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIR 81732



## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 8% DE CEMENTO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

### DATOS DE LA MUESTRA

RUTA DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO TRAMO : --- ---  
CANTERA: KM: 6+000 LADO EJE 8% cemento TECNICO : PERSONAL DE LABORATORIO  
UBICACIÓN MUESTREO EN PLATAFORMA ING. ESP. : ING. ALFREDO ALARCÓN  
MUESTRA MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO FECHA : 16/03/2021

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-10		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1085.0	984.0	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	944.0	871.0	
PESO DE LA TARA gr.	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA gr.	141.0	113.0	
PESO SUELO SECO gr.	944.0	708.3	
HUMEDAD %	14.94	15.95	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %		15.45	

Comentarios:

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Selección Consultoría y Construcción  
ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 8% DE CEMENTO

RUTA	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	----
CANTERA:	: KM: 6+000 LADO EJE 8% cemento	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	16/03/2021

2.- PROCEDIMIENTO:

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

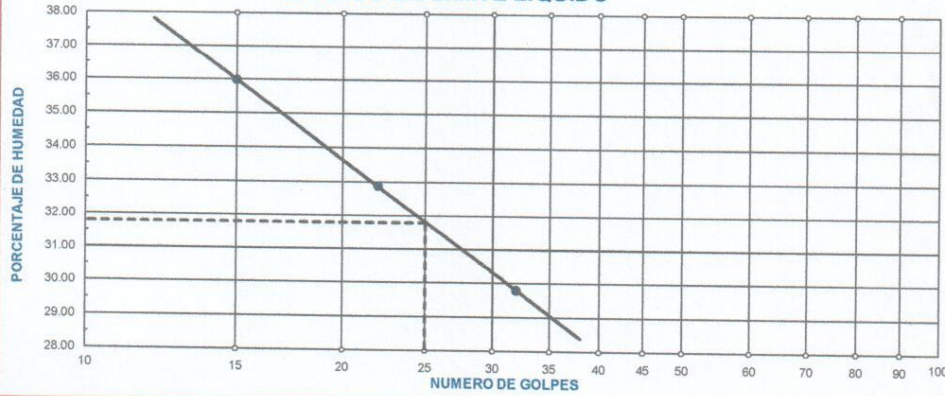
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO MTC E 110			LÍMITE PLASTICO MTC E 111	
01. No.DE GOLPES		32	22	15	
02. TARRO No.		8	9	10	12 13
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	66.61	68.91	70.24	24.02 26.98
04. SUELO SECO * TARRO	g	62.27	63.64	64.53	23.39 25.72
05. PESO DEL AGUA	g	4.34	5.27	5.71	0.63 1.26
06. PESO DEL TARRO	g	47.70	47.61	48.66	19.52 18.25
07. PESO DEL SUELO SECO	g	14.57	16.03	15.87	3.87 7.47
08. HUMEDAD	%	29.79	32.88	35.98	16.28 16.87

L.L.= 31.79 %

L.P.= 16.57 %

I.P.= 15.21 %

**GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO**



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. 41P. 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 8% DE CEMENTO

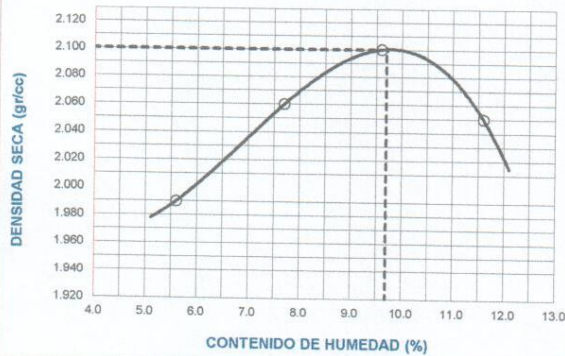
RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: -----
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE 8% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSA: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 16/03/2021

## 2.- PROCEDIMIENTO:

### PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115; ASTM D 1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	10,511.0	10,758.0	10,923.0	10,899.0	
PESO MOLDE	6,085	6,085	6,085	6,085	
PESO SUELO COMPACTADO	4,426	4,673	4,838	4,814	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105	2,105	
DENSIDAD HUMEDA	2,10	2,22	2,30	2,29	
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	596.30	649.00	846.10	715.90	
SUELO SECO + RECIPIENTE	564.70	602.70	772.30	641.60	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	31.60	46.30	73.80	74.30	
PESO DE SUELO SECO	564.70	602.70	772.30	641.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.60	7.70	9.60	11.60	
DENSIDAD SECA	1.99	2.06	2.10	2.05	

### RELACIÓN DE DENSIDAD - HUMEDAD



Máxima densidad seca  
2.10 gr/cm<sup>3</sup>

Conten. humedad óptima  
9.7 %

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
*Ingeniería de Pavimentos, Revisión, Consultoría y Construcción*

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

**1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 + 8% DE CEMENTO**

CONCEPTO :	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA :	KM: 6+000 LADO EJE 8% cemento	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN :	MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA :	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	16/03/2021

### VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E 132 - 2016)

	6		4		5	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	6		4		5	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12341		11937		11783
Peso del molde	gr.	7563		7429		7542
Peso del suelo húmedo	gr.	4778		4508		4241
Volumen del molde	cc.	2123		2112.3		2119.6
Densidad Humeda	gr./cc	2.25		2.13		2
Humedad	%	10.20		10.00		10.30
Densidad seca	gr./cc	2.04		1.94		1.81
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	645.3		785.2		833.6
Tarro suelo seco	gr.	585.6		713.5		755.5
Agua	gr.	59.7		71.7		78.1
Peso del Tarro	gr.	0		0		0
Peso del suelo seco	gr.	585.6		713.5		755.5
Humedad	%	10.20		10.00		10.30
Promedio de la humedad	%					

#### ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
NO PRESENTA EXPANSION											

#### PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo (min.)	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>
0.50	0.600	0.025	315	693	231	182	400	133	125	275	92
1.00	1.300	0.050	716	1575	525	482	1016	339	292	642	214
1.50	1.900	0.075	652	1434	478	682	1500	500	426	937	312
2.00	2.500	0.100	1152	2534	845	754	1659	553	482	1060	353
3.00	3.800	0.150	1452	3194	1065	892	1962	654	592	1302	434
4.00	5.000	0.200	1824	4013	1338	1162	2556	852	692	1522	507
5.00	6.000	0.250	2021	4446	1482	1263	2779	926	751	1652	551
6.00	7.500	0.300	2362	5196	1732	1562	3436	1145	926	2037	679
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Ingeniería Consultoría y Construcción

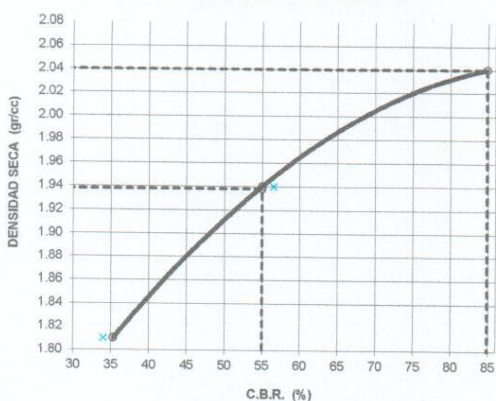
ALFREDO ALARCÓN ATAHUACMA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

CONCEPTO	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA:	: KM: 6+000 LADO EJE 8% cemento	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN:	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA:	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	16/03/2021

## GRAFICO DE C.B.R.



### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 84.9%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 55.0%

### LEYENDA

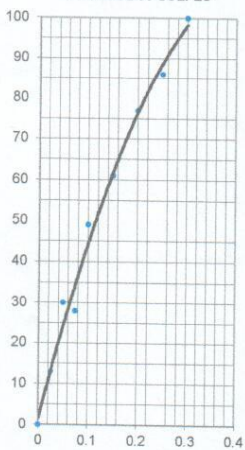
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1"= 84.9%

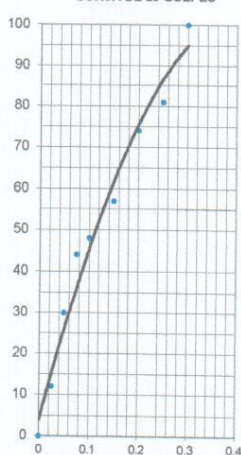
C.B.R. 0.1"= 55.0%

C.B.R. 0.1"= 35.3%

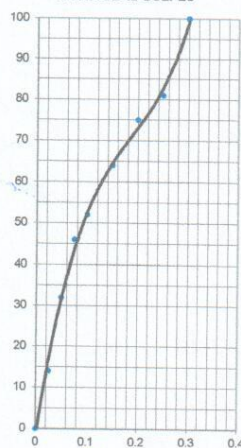
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.F. 81732

# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

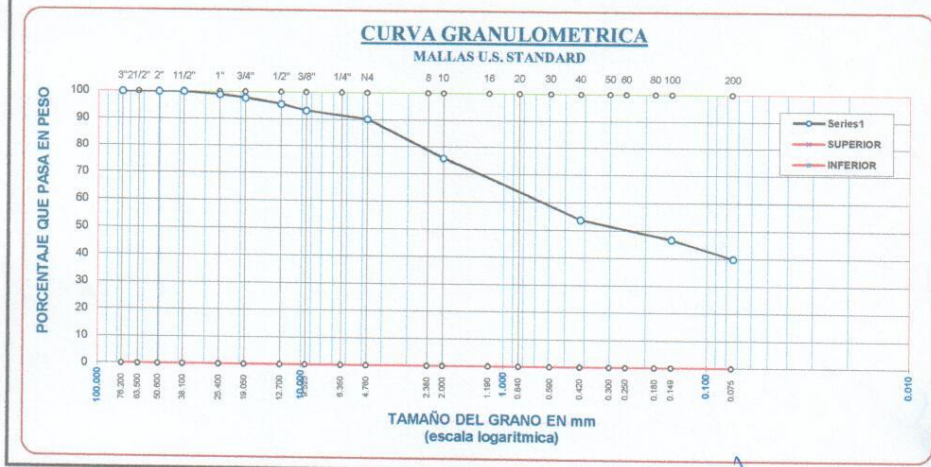
## DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 +10% DE CEMENTO

RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ---
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE 10% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 18/03/2021

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E 204; ASTM D 422 )

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 15924.0 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 1624.0 gr.
2"	50.600	0.0	0.00	0.00	100.00		Grava : 9.70 %
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Arena : 50.32 %
1"	25.400	162.0	1.02	1.02	98.98		Fino : 39.98 %
3/4"	19.050	199.0	1.25	2.27	97.73		% de Humedad : 13.13 %
1/2"	12.700	326.0	2.05	4.31	95.69		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.525	386.0	2.42	6.74	93.26		Limite Líquido : 23.90 %
No4	4.760	472.0	2.96	9.70	90.30		Limite Plástico : 16.05 %
No10	2.000	258.0	14.35	24.05	75.95		Indice plasticidad : 7.85 %
No20	0.840	242.0	13.46	37.50	62.50		CARACT. GRANULOMETRICAS
No40	0.420	156.0	8.67	46.18	53.82		D10= ---
No100	0.149	126.0	7.01	53.18	46.82		D30= 0.06 Cu= ---
No200	0.074	123.0	6.84	60.02	39.98		D60= 0.72 Cc= ---
BASE		6366.1	39.98	100.00			CLASIFICACIÓN
							SUCS : SC
							AASHTO : A-4(1)



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Ingeniería Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

**GEOTECNIA PUNO EIRL**

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 +10% DE CEMENTO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

RUTA DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO TRAMO : --- ---  
CANTERA: KM: 6+000 LADO EJE 10% cemento TECNICO : PERSONAL DE LABORATORIO  
UBICACIÓN MUESTREO EN PLATAFORMA ING. ESP. : ING. ALFREDO ALARCÓN  
MUESTRA MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO FECHA : 18/03/2021

ENSAYO N°	1	2	
Nro. DE TARA	T-10		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	1091.0	1024.0	
PESO TARA + SUELO SECO gr.	968.0	928.0	
PESO DE LA TARA gr.	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA gr.	123.0	96.0	
PESO SUELO SECO gr.	968.0	708.3	
HUMEDAD %	12.71	13.55	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %		13.13	

Comentarios:

**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
Ingeniería de Pavimentos, Revisión Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHTI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

### 1.- DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 +10% DE CEMENTO

RUTA	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	----
CANTERA:	: KM: 6+000 LADO EJE 10% cemento	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	18/03/2021

### 2.- PROCEDIMIENTO:

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

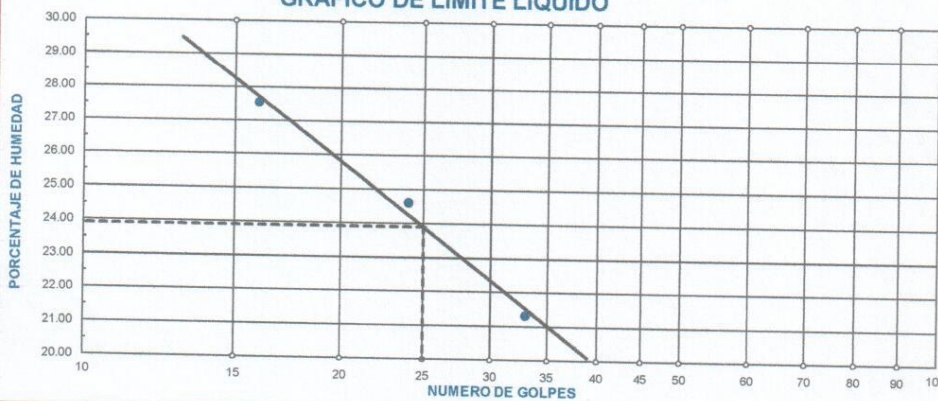
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO MTC E 110			LÍMITE PLASTICO MTC E 111	
	No.	g	%	g	%
01. No. DE GOLPES		33	24	16	
02. TARRO No.		15	16	17	
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	64.42	68.24	72.41	12
04. SUELO SECO * TARRO	g	61.45	63.95	67.12	13
05. PESO DEL AGUA	g	2.97	4.29	5.29	25.42
06. PESO DEL TARRO	g	47.52	46.52	47.92	27.92
07. PESO DEL SUELO SECO	g	13.93	17.43	19.20	24.62
08. HUMEDAD	%	21.32	24.61	27.55	26.56

L.L.= 23.90 %

L.P.= 16.05 %

I.P.= 7.85 %

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP: 81732



# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

## 1.- DATOS DE LA MUESTRA: N° 03 +10% DE CEMENTO

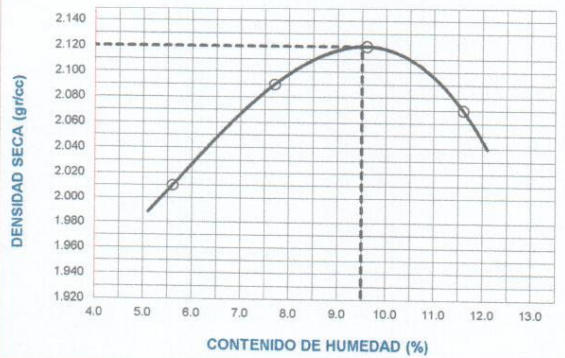
RUTA : DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO: ----
CANTERA : KM: 6+000 LADO EJE 10% cemento	REALIZADO POR: PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN : MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSA: ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA : MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA: 18/03/2021

## 2.- PROCEDIMIENTO:

### PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115; ASTM D 1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	10,540.0	10,815.0	10,978.0	10,945.0	
PESO MOLDE	6,085	6,085	6,085	6,085	
PESO SUELO COMPACTADO	4,455	4,730	4,893	4,860	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105	2,105	
DENSIDAD HUMEDA	2.12	2.25	2.32	2.31	
<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	596.30	649.00	846.10	715.90	
SUELO SECO + RECIPIENTE	564.70	602.70	772.30	641.60	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	31.60	46.30	73.80	74.30	
PESO DE SUELO SECO	564.70	602.70	772.30	641.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.60	7.70	9.60	11.60	
DENSIDAD SECA	2.01	2.09	2.12	2.07	

### RELACION DE DENSIDAD - HUMEDAD



Máxima densidad seca  
2.12 gr/cm<sup>3</sup>

Conten. humedad óptima  
9.5 %

**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81732

## GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 +10% DE CEMENTO

CONCEPTO :	DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA :	KM: 6+000 LADO EJE 10% cemento	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN :	MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA :	MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	18/03/2021

### VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E 132 - 2016 )

	6		4		5	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	6		4		5	
Capa N°	5		5		5	
Gólpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12341	11937		11783	
Peso del molde	gr.	7563	7429		7542	
Peso del suelo húmedo	gr.	4778	4508		4241	
Volúmen del molde	cc.	2123	2112.3		2119.6	
Densidad Humeda	gr./cc	2.25	2.13		2	
Humedad	%	10.20	10.00		10.30	
Densidad seca	gr./cc	2.04	1.94		1.81	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	645.3	785.2		833.6	
Tarro suelo seco	gr.	585.6	713.5		755.5	
Agua	gr.	59.7	71.7		78.1	
Peso del Tarro	gr.	0	0		0	
Peso del suelo seco	gr.	585.6	713.5		755.5	
Humedad	%	10.20	10.00		10.30	
Promedio de la humedad	%					

#### ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
				NO PRESENTA EXPANSION							

#### PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo (min.)	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>
0.50	0.800	0.025	426	937	312	192	422	141	152	334	111
1.00	1.300	0.050	792	1742	581	492	1082	361	326	717	239
1.50	1.900	0.075	692	1522	507	692	1522	507	482	1060	353
2.00	2.500	0.100	1365	3003	1001	842	1852	617	562	1236	412
3.00	3.800	0.150	1715	3773	1258	951	2092	697	691	1520	507
4.00	5.000	0.200	1965	4323	1441	1262	2776	925	781	1718	573
5.00	6.000	0.250	2263	4979	1660	1362	2996	999	892	1962	654
6.00	7.500	0.300	2541	5590	1863	1627	3579	1193	1024	2253	751
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

**GEOTECNIA PUNO EIRL**  
Ingeniería de Pavimentos, Asesoría Consultoría y Construcción

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACSI**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 81792

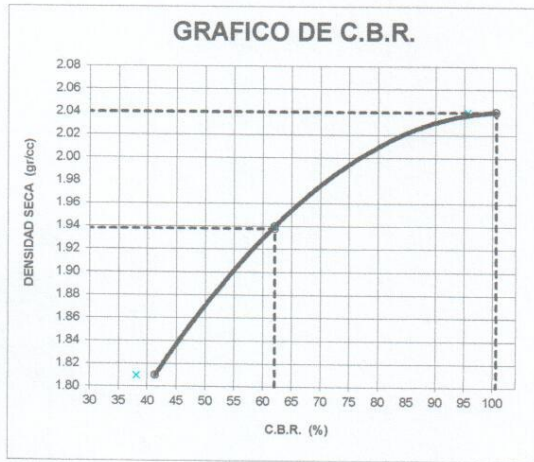
# GEOTECNIA PUNO EIRL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

DATOS DE LA MUESTRA: CALICATA N° 03 +10% DE CEMENTO

CONCEPTO	: DISEÑO DE ESTABILIZACION DEL SUELO CON CEMENTO	TRAMO:	---
CANTERA:	: KM: 6+000 LADO EJE 10% cemento	REALIZADO POR:	PERSONAL DE LABORATORIO
UBICACIÓN:	: MUESTREO EN PLATAFORMA	ING. RESPONSABLE:	ING. ALFREDO ALARCÓN
MUESTRA:	: MATERIAL PARA LA ESTABILIZACION CON CEMENTO	FECHA:	18/03/2021

## GRAFICO DE C.B.R.



### PARAMETROS DE C.B.R.

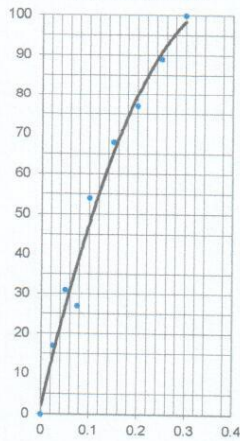
C.B.R.01" AL 100% = 100.6%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 62.0%

### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

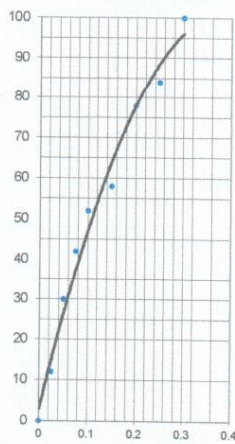
C.B.R. 0.1" = 100.6%

CURVA DE 56 GOLPES



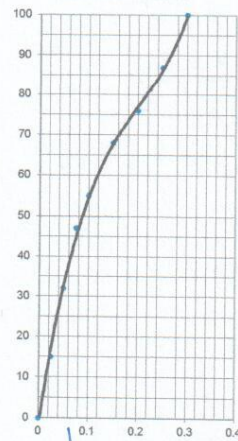
C.B.R. 0.1" = 62.0%

CURVA DE 25 GOLPES



C.B.R. 0.1" = 41.3%

CURVA DE 12 GOLPES



**GEOTECNIA PUNO EIRL.**  
 Ingeniería de Pavimentos, Asesoría Consultoría y Construcción

**ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.P. 81732