



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Estabilización con adición de PET triturado en subrasantes de
baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Yauli Cárdenas, Roy Nelson (<https://orcid.org/0000-0002-8330-643X>)

ASESOR:

Dr. Benites Zuñiga, José Luis (<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Es uno de mis grandes anhelos dedicar este trabajo de investigación a mis padres Vilma Cardenas y Herminio Yauli, a mis familiares y a Maro por su constante apoyo de mi formación profesional y por darme firmeza para poder finalizar con éxito tan anhelado propósito.

Agradecimiento

Agradezco primero a Dios por darme la sabiduría, conocimiento y salud, sobre todo por guiarme siempre en mi vida.

A los docentes y autoridades de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes son los gestores de mi formación académica.

Al ingeniero Maxwil Anthony Morote Arias juntamente con la empresa INGEOMAX S.A.C., por la colaboración y apoyo técnico necesarios para el desarrollo de la presente investigación.

A cada uno de mis familiares, amigos, compañeros que día a día compartieron en la culminación de mi carrera universitaria.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Variables y operacionalización	27
3.3. Población, muestras y muestreo	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos	29
3.6. Método de análisis de datos.....	32
3.7. Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS	64

Índice de tablas

Tabla 1. Categorías de subrasante.	14
Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.	16
Tabla 3. Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.....	20
Tabla 4. Clasificación de suelos según Índice de Grupo.	21
Tabla 5. Clasificación de suelos – Método AASHTO.....	22
Tabla 6. Especificaciones de la prueba Proctor modificada.	24
Tabla 7. Resumen de suelos encontrados en campo.....	31
Tabla 8. Ubicación de calicatas de la zona de estudio.	31
Tabla 9. Resumen de suelos encontrados en campo.....	32
Tabla 10. Valores de plasticidad con 1.0%,3.0%,5.0% y 10.0% de PET triturado.35	
Tabla 11. Valores del O.C.H. adicionado con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.	37
Tabla 12. Valores de M.D.S. adicionado con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.	38
Tabla 13. C.B.R. adicionado con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado....	40
Tabla 14. Prueba de normalidad de la variable plasticidad.	41
Tabla 15. Correlaciones de la variable plasticidad.	42
Tabla 16. Prueba de normalidad de la variable óptimo contenido de humedad... 43	
Tabla 17. Correlaciones de la variable óptimo contenido de humedad.	44
Tabla 18. Prueba de normalidad de la variable máxima densidad seca.....	45
Tabla 19. Correlaciones de la variable máxima densidad seca.....	46
Tabla 20. Prueba de normalidad de la variable capacidad de soporte CBR.	47
Tabla 21. Correlaciones de la variable capacidad de soporte CBR.	48
Tabla 22. Valores de límites de consistencia en comparación con la investigación de Mishra y Kumar (2018).	49

Índice de figuras

Figura 1. Tipos de polímeros e identificación plásticos reciclados.	9
Figura 2. Ensayo de granulometría por tamizado del PET.	11
Figura 3. Proceso para la identificación del tipo de suelo.	12
Figura 4. Cálculo del contenido de humedad (%).	14
Figura 5. Cálculo del coeficiente de curvatura (Cc).	16
Figura 6. Cálculo del coeficiente de uniformidad (Cu).	16
Figura 7. Curva granulométrica de un suelo.	17
Figura 8. Límites de Atterberg.	17
Figura 9. Escala de contenidos de agua de un suelo, mostrando los Límites de Atterberg, el estado físico correspondiente, y la consistencia aproximada del suelo remoldeado.	18
Figura 10. Diagrama de fluidez del límite líquido.	19
Figura 11. Cálculo del índice de plasticidad del suelo.	19
Figura 12. Carta de plasticidad.	20
Figura 13. Cálculo del índice de grupo.	21
Figura 14. Ensayo de Proctor modificado.	23
Figura 15. Equipo para utilizar para el ensayo de CBR en laboratorio.	25
Figura 16. Ensayo de CBR en laboratorio.	25
Figura 17. Se observa la Calicata 01.	30
Figura 18. Se observa la Calicata 02.	30
Figura 19. Se observa la Calicata 03.	30
Figura 20. Ubicación de la zona de estudio.	33
Figura 21. Ensayo de limite liquido en suelo natural.	35
Figura 22. Ensayo con adición (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado ensayados.	35
Figura 23. Valores de plasticidad con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.	35
Figura 24. Ensayo de Proctor modificado (O.C.H y M.D.S).	36
Figura 25. Secado en horno, O.C.H. (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado.	36
Figura 26. Valores de O.C.H. con adición de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.	37

Figura 27. Ensayo de Proctor modificado (O.C.H y M.D.S).....	38
Figura 28. Determinación de M.D.S (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado..	38
Figura 29. Valores de M.D.S. con adición de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.	39
Figura 30. Ensayo de C.B.R. con adición de PET triturado.....	39
Figura 31. Moldes C.B.R con adición (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado ensayados.....	39
Figura 32. C.B.R. con adición de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado. ..	40
Figura 33. Valores de límites liquido vs Mishra y Kumar.	50
Figura 34. Valores de índice de plasticidad vs Mishra y Kumar.	50
Figura 35. Valores de O.C.H. vs Zenteno.....	50
Figura 36. Valores de M.D.S. vs Celi.....	51
Figura 37. Valores de C.B.R. vs Capia.....	52

Resumen

La presente investigación se encuentra enfocada principalmente en evaluar la influencia de la adición de PET triturado sobre las propiedades de suelos de subrasante de baja calidad. Para lograr los objetivos planteados se procedieron a realizar ensayos de clasificación de suelos, Proctor modificado y ensayo C.B.R., variando el porcentaje de la adición de PET triturado (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) al suelo identificado de calidad baja, para así verificar el cambio en los límites de consistencia, M.D.S., O.C.H. y la capacidad de soporte C.B.R. La presente investigación es de tipo aplicada, a nivel descriptivo y la población de estudio escogida fue las 03 calicatas exploradas del Jr. Mantaro, y así analizar la influencia en la calidad de los suelos a nivel de subrasante.

Finalmente se pudo determinar mediante ensayos geotécnicos realizados en el laboratorio Ingeniería Geotécnica al Máximo S.A.C. de la ciudad de Ayacucho la óptima dosificación del 10.0% de PET triturado, mejorando su M.D.S y reduciendo el O.C.H, se vio el incremento del C.B.R. de 2.8% hasta 6.3% al 95% de la M.D.S. Se concluye que mejora la calidad de la subrasante pasando de ser baja a regular, de acuerdo con el tipo de suelo analizado.

Palabras clave: PET triturado, estabilización, subrasante, CBR.

Abstract

The present investigation is mainly focused on evaluating the influence of the addition of crushed PET on the properties of low-quality subgrade soils. To achieve the stated objectives, soil classification tests, modified Proctor and CBR tests were carried out, varying the percentage of improvement of crushed PET (1.0%, 3.0%, 5.0% and 10.0%) to the soil identified as low quality, in order to verify the change in the limits of consistency, MDS, OCH and the capacity of CBR support. The present investigation is of an applied type, at a descriptive level and the study population chosen was the 03 explored test pits of Jr. Mantaro, and thus analyze the influence on the quality of the soils at the subgrade level.

Finally, it was possible to determine through geotechnical tests carried out in the Geotechnical Engineering laboratory at the Máximo S.A.C. of the city of Ayacucho the optimal dosage of 10.0% of crushed PET, improving its M.D.S and reducing the O.C.H, the increase of the C.B.R. from 2.8% to 6.3% to 95% of the M.D.S. It is concluded that the quality of the substrate improves, going from low to regular, according to the type of soil analyzed.

Keywords: shredded PET, stabilization, subgrade, CBR.

I. INTRODUCCIÓN

Relacionado con la dirección del tema países como Alemania, España y Bélgica, actualmente son aquellos que promueven nuevas tecnologías y utilidad de este material, en múltiples áreas como es el sector de la construcción, contrarrestando el porcentaje del material contaminante residual [1]. Con el mejoramiento de suelos se podrá elevar la resistencia del suelo en estado natural, mejorar la resistencia a esfuerzos de corte, incrementar la resistencia al ablandamiento por acción del agua, generando mejor estabilidad volumétrica, disminuir la plasticidad y aumentar el peso unitario del suelo mejorado [2].

Por ejemplo, en nuestro país los residuos sólidos no tienen un manejo sofisticado, en ciudades como Lima Metropolitana y el Callao se generan aproximadamente 886 ton. de residuos plásticos por día, reflejando el 46% de dichos residuos a nivel nacional, algunos factores por la cual no se tiene consideración son: i) recolección de la basura no seleccionada, ii) programas públicos de recolección y selección de basura deficientes, iii) falta de coordinación entre gobiernos locales, iv) marco legal con vacíos y legislación con visión particularizada y v) falta de atención del cuidado ambiental y poca cultura de reciclaje en la sociedad [3].

Por ejemplo, la generación de residuos del distrito de Pichari referente al PET es un porcentaje elevada, los programas de reducción y reciclaje, aplicadas no logra el objetivo de erradicar el problema en su totalidad, por lo que dando una reutilización serviría para el aprovechamiento para mejorar y estabilizar las subrasantes, los suelos del Jr. Mantaro del distrito de Pichari se caracterizan por presentar suelos de baja calidad por lo que estos materiales deben ser mejorados con diferentes metodologías mencionadas y recomendadas del Manual de Carreteras, Sección de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Con la problemática descrita se plantea lo siguiente ¿En qué medida la adición con PET triturado influye en el mejoramiento de la calidad de las subrasantes en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021?, y se planteó 04 problemas específicos:

i) ¿Cómo influye la adición de PET triturado en la plasticidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021? ii) ¿Cómo influye la adición de PET triturado en el óptimo contenido de humedad en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021? iii) ¿Cómo influye la adición de PET triturado en la máxima densidad seca en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021? y iv) ¿Cómo influye la dosificación de adición con PET triturado en las propiedades de resistencia de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021?

La investigación se justifica por la propuesta de nuevas alternativas de estabilizar los tipos suelos determinados de baja calidad a nivel de subrasante, puede ser aplicado a los diferentes métodos y técnicas del Manual de Carreteras Sección Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC-2013) como es el adicionamiento de PET, mediante los diferentes ensayos realizados en campo y laboratorio, con la cual se podrá determinar las diferentes dosificaciones propuestas si mejora y cuál de ellos es recomendable la incorporación del material PET para la estabilización, la reducción en el aspecto económico es que el material PET puede ser obtenida mediante programas de “reciclaje”, y al mismo tiempo se estará contribuyendo con el cuidado del medio ambiente y de manera indirecta disminuyendo la explotación de canteras. De la misma manera la justificación metodológica cae en la necesidad de los procedimientos estándares metodológicos para poder ser aplicable en la ingeniería vial, con el objetivo de desarrollar una investigación científica y técnica. La investigación tiene el sustento metodológico, que se basa en el diseño de esta, es decir la practica en campo jugara un rol muy importante. La justificación técnica, de la presenta investigación se proponen emplear fibras PET a nivel de subrasante y comprobar su mejoramiento en los límites de consistencia, grado de compactación (M.D.S y O.C.H) y en la resistencia mecánica, empleando los conceptos técnicos en la norma técnica de Pavimentos Urbanos CE. 010 juntamente con lo indicado del Manual de Carreteras sección Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, empleando la estabilización de tierras con productos químicos. Con respecto a la justificación social, es de relevancia debido a que las estructuras de pavimentos viales se deben encontrar en condiciones Óptimas y con

ello prolongar su tiempo de vida útil, debido a que los ciudadanos requieren vías que se encuentre en perfecto estado de mantenimiento, para poder realizar sus actividades cotidianas con total normalidad y tranquilidad, mejorando con en ello la fluidez del congestionamiento vehicular, que viene a hacer un problema a nivel de la salud en la población.

Como objetivo general de esta investigación se tiene: Evaluar cómo influye la adición con PET triturado en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021. Y a su vez se consideró 04 objetivos específicos: i) Determinar la influencia de la adición con PET triturado en la plasticidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021, ii) Determinar la influencia de la adición con PET triturado en el óptimo contenido de humedad en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021, iii) Determinar la influencia de la adición con PET triturado en la máxima densidad seca en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021 y iv) Analizar la influencia de la dosificación con PET triturado en las propiedades de resistencia de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.

La hipótesis general planteada fue que la adición con PET triturado influye en el mejoramiento de la calidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021. Del mismo modo se consideró 04 hipótesis específicas: i) El PET triturado en la plasticidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021, ii) El plástico PET triturado en el óptimo contenido de humedad en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021, iii) El plástico PET triturado en la máxima densidad seca en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro del distrito de Pichari – Cusco, 2021 y iv) La dosificación con PET triturado en las propiedades de resistencia de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes a nivel nacional para esta investigación se tiene: Capia (2020); tuvo como objetivo el mejoramiento de suelos tipo arcillosos mediante la adición del polímero reciclado PET a nivel del suelo de fundación en la carretera Juliaca – Caminaca. Fue un estudio del tipo aplicada, nivel de investigación explicativo, de enfoque cuantitativo de diseño experimental. Tuvo como población a los suelos tipo arcillosos a nivel de la subrasante del departamento de Puno, como muestra se obtuvo de la extracción de 03 excavaciones de calicatas de 1.50m de profundidad. Los instrumentos empleados fueron las maquinarias, wincha, bolsas de polietileno, pico y pala, equipos de laboratorio para ensayos de mecánica de suelos, manuales y guías de laboratorio, equipos de cómputo, información bibliográfica, cámaras fotográficas, equipos de protección personal y materiales de apunte. Los principales resultados fueron aquellos productos de la adición del PET al 1%, 3% y 5% respectivamente. Se concluye que el suelo natural más adición del 3% de PET aumenta la resistencia del CBR de 0.58% hasta 0.87% con respecto al CBR del suelo natural [4].

Márquez (2019); tuvo como objetivo mejorar las características de los suelos tipo arcillosos con adición de plástico PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón, Piura. Fue un estudio de enfoque cuantitativo, el tipo de diseño fue experimental. La población de estudio fueron los suelos del distrito de Morropón, la muestra de esta investigación fueron aquellas extracciones de las calicatas exploradas. Los instrumentos utilizados fueron ficha de observación, fichas normadas por ensayo y fichas normadas en laboratorio. El principal resultado fue el desempeño del 6% de adición de plástico PET en las características de resistencia del CBR de las subrasantes. Se concluye que la adición de plástico PET (6%) muestra desempeño en el ensayo de CBR, siendo así que en los ensayos estándar con son la granulometría y límites de consistencia no evidencia mejora alguna [5].

Seguidamente los antecedentes internacionales como: Celi (2021); tuvo como objetivo principal el análisis de la capacidad de resistencia o soporte de california

en la subrasante con la incorporación de finos de PET, Polipropileno (PP) y Polietileno (PE) para poder obtener mejores propiedades. El estudio realizado fue del tipo exploratorio, descriptivo y explicativo. La población en estudio fueron los suelos granulares de las parroquias rurales del cantón Ambato. Las muestras fueron los suelos extraídos de cada calicata realizada, en total se recolectó seis (06) muestras cada una de ellas de 25 kg. En total se obtuvo 18 muestras. Los instrumentos empleados son ficha de recolección de muestras de calicatas, fichas técnicas de ensayos de campo y laboratorio. Los principales resultados fueron que los porcentajes de las adiciones se dio en 3%, 6%, 9%, 12% y 15%, que aumentaron la resistencia del CBR a 11.70%, 15.60% y 16.00% (3%, 6% y 9% de adición respectivamente) y empezó a descender a 12.80% y 11.20% (12% y 15% de adición respectivamente). Se concluye que la adición de finos de PET, PP y PE en el terreno de fundación y en estado natural el valor de CBR mejora y aumenta con la estabilización de la subrasante desde 6.9% hasta el 57% al 95% de la M.D.S [6].

Ramírez e Hincapié (2018); tuvieron como objetivo principal la implementación del uso del PET reciclado en el mejoramiento de la sub-base para su utilización en vías de transporte. La investigación es del tipo experimental. Se estableció como población a la cantera de sub-base. Los instrumentos empleados se basan en los rangos establecidos de los ensayos técnicos por el INVIAS. Los principales resultados del valor del CBR a 0,2" de penetración con adición de 1.5%, 3%, 6% y 9% dando valores de 66.26%, 84.92%, 31.07%, 23.39% y 21.45%. Se concluye que la adición del PET en la sub-base funciona, llegando a conseguir la resistencia del CBR en 84.92%, obtenido en la mezcla del material en una dosificación del 1.5% de PET, consiguiendo la demostración de uno de los objetivos de esta investigación [7].

De la misma manera para esta investigación se tiene investigaciones en el idioma inglés como: Aeqib y Chakraborty (2020); tuvieron como objetivo principal la observación del efecto del mejoramiento del suelo residuos de vidrio en forma de con polvo para disminuir los costos y proteger el medio ambiente. Fue un estudio del tipo experimental. La población de estudio estuvo conformada por los suelos de

la ciudad de Dacca. La técnica empleada fue la observación del tipo participante y los instrumentos, fichas técnicas de ensayos en laboratorio. Los principales resultados fueron en la adición del vidrio triturado en forma de polvo pasante el tamiz N°200, lograron conseguir el suelo en estado natural tipo arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), bajara en su plasticidad ya que en un inicio se tenía un 21.52%, reduciendo hasta en un 18.5%, 17.4%, 16.5%, 16.3%, y 15.5%. Para el ensayo de compactación modificada los resultados fueron 1.89, 1.95, 2.00, 2.03, y 2.03 g/cm³, siendo estos valores por encima que tiene el suelo natural de 1.83 g/cm³. En el ensayo de la capacidad de soporte CBR obtuvieron un inicial de 1.56% el cual se llegó a elevar hasta 2.45%, 4.2%, 6.5%, 8.9%, y 10.4%. Se concluye óptimo de agregado de polvo de vidrio fue 8% en peso seco del suelo ya que la M.D.S. se incrementó de 1.83% hasta 2.03 g/cm³, el CBR aumento de 1.56% a 10.4%, la tasa de incremento disminuye después del 8% [8].

Manikanta et al. (2018); tuvieron como objetivo mejorar con la adición del plástico las propiedades físicas como los límites de consistencia y del ensayo CBR. El tipo de estudio fue experimental. Se tuvo como población a los suelos de la ciudad de Telengana. La técnica empleada fue la observación y los instrumentos, fichas técnicas de ensayos en laboratorio. Los principales resultados fueron las adiciones de plástico reciclado en 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.7%, 0.8% y 1.0% en suelo rojo, siendo el óptimo del 0.7% aumentando su resistencia en el ensayo de CBR y adición en 0.2%, 0.4%, 0.5% 0.6% y 0.8% en suelo de algodón negro, siendo el óptimo del 0.5%. Se concluyó que la inclusión de plásticos en tiras mejora las propiedades de resistencia del suelo, y se considera ecológico la adición del material reciclado [9].

Veer y Dixit (2017); tuvieron como objetivo el mejoramiento del suelo mediante el uso de productos plásticos de desecho. El tipo de estudio fue experimental. Tuvieron como población de estudio los suelos de la ciudad de New Delhi. La técnica empleada fue la observación y los instrumentos, fichas técnicas de ensayos en laboratorio. Los principales resultados fueron las adiciones de plástico reciclado en 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1.0%, mejorando considerablemente su resistencia en el ensayo de CBR. Se concluye que la inclusión de los plásticos ayuda en el mejoramiento e incremento en la resistencia y capacidad de carga del suelo [10].

Asimismo, los artículos científicos de base para esta investigación según: Arulrajah et al. (2021); tuvieron como objetivo la utilización de fibras PET, cenizas volantes y geopolímeros a base de escoria en bases y subbases de carreteras de tráfico ligero. Fue un estudio del tipo experimental. Seleccionaron como población de estudio a los materiales extraídos de las canteras de la ciudad de Melbourne. La técnica empleada fue la observación del tipo participante y los instrumentos, fichas técnicas de ensayos en laboratorio. Los principales resultados en la adición de fibra de PET en 5% + 95% RCA y 5% PET + 95% CB; mejoran sus propiedades a nivel de resistencia de bases y subbases para tráfico ligero. Se concluye que las Mezclas 100% CB y 5% PET + 95% CB tenía partículas más finas que las mezclas de 100% RCA y 5% PET + 95% RCA y la mezcla de PET al 5% no provocó cambios significativos en la partícula curvas de distribución de tamaño de las mezclas C&D de control [11].

Zhao, Xiao y Amirkhanian (2020); tuvieron como objetivo la utilización eficaz de residuos de concreto, pavimento de asfalto, cenizas volantes, cenizas bajas, residuos de caucho y residuos de plástico en subrasante. Fue un estudio del tipo experimental. Tuvieron como población de estudio los suelos de la ciudad de Shanghái. La técnica empleada fue la observación del tipo participante y las diferentes fichas técnicas de ensayos en laboratorio. Los principales resultados fue que la incorporación de la fibra de plástico ayuda en las características a nivel físico. Se concluye que la adición de plástico mejora la resistencia en subrasante, pero se debe tener cuidado en su reacción química de los materiales [12].

Mishra y Kumar (2018); tuvieron como objetivo la utilización eficaz de la fibra PET y residuos industriales, cenizas volantes en subrasante de la construcción de pavimento flexible. Fue un estudio del tipo experimental. Se tuvo como población a los suelos de la ciudad de Uttar Pradesh. La técnica empleada fue la observación del tipo participante y los instrumentos, fichas técnicas de ensayos en laboratorio. Los principales resultados en la adición de fibra de PET en 0.4%, 0.8%, 1.2% y 1.6% + ceniza volante en 5%, 10%, 15% y 20% respectivamente, mejorando considerablemente la resistencia en el ensayo de CBR, siendo la adición optima de

fibra PET 1.2% + ceniza volante 15%. Se concluye que la adición de PET y las cenizas volantes mejoran la resistencia de suelos arcillosos [13].

Las teorías para esta investigación se tienen: Los polímeros son sustancias que lo conforman enormes cantidades de moléculas llamadas también monómeros. Al agrupamiento de estas que dan origen a una gran molécula se les denomina grado de polimerización. Se tienen gran cantidad de materia viva en polímeros como son la madera, proteínas, caucho y resinas, así como la gran variedad de plásticos, fibras como el nailon y el vidrio. De acuerdo con su origen, se pueden clasificar en naturales o sintéticos [14]. Se considera al polímero como un objeto no reversible, derivado del petróleo. Su degradación expuesta al medio ambiente demora en promedio de 700 años aproximadamente, los microorganismos existentes no poseen mecanismos para combatirlos, usando agentes químicos entre los átomos del plástico para que puedan comenzar con su descomposición [15].

Es importante mencionar la identificación de los envases plásticos, para la cual se creó un sistema que es utilizado a nivel global del sector industrial, para poder diferenciar los componentes en la diversidad de los envases y plásticos. Esto fue gracias a la iniciativa de la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) en el año 1988, con el propósito de obtener de manera eficaz el reciclaje. Propusieron los diferentes tipos de plástico se identifican con un número del 1 al 7, se localiza debajo del clásico signo de reciclaje. De esta manera es como tenemos en total 7 grupos de tipos, las cuales nos ayudara a identificar y reconocer de manera practica de que tipo de materiales están compuestos los envases poliméricos [16], de las cuales mencionaremos:

- Polietileno de baja densidad (PEBD)
- Polietileno de alta densidad (PEAD)
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polipropileno (PP)
- Poliestireno (PS)
- Polietileno tereftalato (PET), otros.

Guía de Reciclaje de Plásticos



Figura 1. Tipos de polímeros e identificación plásticos reciclados.

Fuente: Extraído de <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>.

Podemos mencionar del PET (tereftalato de polietileno), fue considerado como polímero como fibra por J.R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. La producción a nivel comercial se dio en el año de 1955; desde entonces, el PET ha ido mostrando mejora continua y desarrollando nuevas tecnologías, de tal manera que logro alcanzar un nivel de sofisticación que se basa el crecimiento progresivo de la demanda del producto a nivel global y a la diversificación de su utilización [17]. Está compuesto por petróleo, gas y aire, aproximadamente un kg. de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y el 13% de aire. Este material una vez recolectado, los envases de PET se derivan a

plantas de reciclaje donde podrán ser molidos o triturados en forma en diferentes tamaños y texturas como es el copo [18]. Conocida también por ser la materia prima para la elaboración de botellas, envases y empaques plásticos, en su mayoría transparente, da la particularidad de este material como fuente de ingreso económico ya que tiendas y negocios lo desechan como basura, pero el aprovechamiento de este material es útil transformándola para darle un nuevo uso adecuado. Del material PET utilizado se recupera únicamente el 13% [19].

Acerca de las ventajas del uso del material de plástico reciclado como agregado se puede mencionar en los siguientes aspectos: a) Ambientales, se produce un alto aprovechamiento de plásticos en proyectos a gran escala puede generar un gran impacto, por ejemplo, en el país de Colombia el 35% se aprovecha en la reutilización en 14% son polímeros y la cuales el 6,44% son aprovechado y lo restante son desechados [20]. Con el aprovechamiento de polímeros en la construcción, se pueden rescatar cantidades de toneladas y así contribuyendo con la disminución de estos, en ejemplo se puede lograr usar hasta 1 ton en un solo kilómetro [21], y también en la parte b) Geotécnica, el uso de polímeros contribuye para realizar estabilizaciones en suelos, en el colegio de Ingeniería del país de la India, se realizó un estudio sobre la capacidad potencial de estabilizar el suelo con residuos de plástico, evaluando el efecto de las fibras de plástico en suelos arcillosos y limosos, con respecto a la MDS con adición de plástico disminuye los vacíos [22].

El costo de reciclaje del PET es bajo, tomando en consideración en el mercado de reciclaje el kilogramo de envases descartados proveniente del reciclaje es de s/.0.30 soles y también el proceso trituración de manera industrial es de s/.0.50 soles por kilogramo. De tal manera la recolección del PET provenientes de las botellas de plástico de distintas formas, se consiguen contaminado con materias orgánicas y otros, por lo que una vez obtenido el PET pasa por una etapa de trituración, posteriormente para ser lavadas y finalizando con la ventilación al aire libre, el material resultante una vez seco al aire está preparado para ser tamizado (ensayo de granulometría), comprendidos entre el pasante de la malla N°4 y retenida en la N°80. Se hace el ensayo granulométrico del PET para obtener

resultados confiables al momento de realizar los diferentes ensayos con la adición de este material, se considerará el valor del CBR óptimo de acuerdo con el tamaño y porcentaje agregado a la subrasante de baja de calidad.

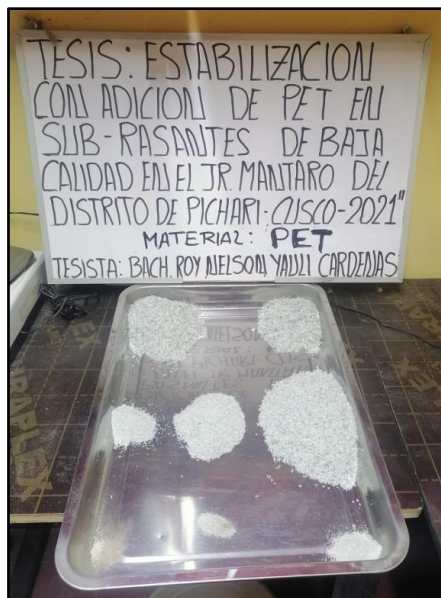


Figura 2. Ensayo de granulometría por tamizado del PET.

Mencionar acerca de estabilización de suelos, nos da entendimiento como al mejoramiento de las diferentes propiedades mecánicas del suelo mediante los múltiples métodos y técnicas empleadas pueden ser mecánicas o también con la incorporación de productos naturales, químicos, sintéticos o industrializados. La necesidad de estabilizar un suelo surge por la presencia a nivel de subrasante clasificadas como pobre o inadecuadas, algunas técnicas empleadas conocidas son la estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos [23]. Es un procedimiento físico y/o químico con la cual se busca mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo en corte o de los materiales granulares de préstamo que se pueden usar en una infraestructura vial [24]. Para poder seleccionar el tipo de estabilización del suelo, primero se debe conocer la clasificación y cualidades del suelo existente. Aquellos materiales que necesariamente tienden a ser estabilizados en las diferentes estructuras son: las arcillas, limos, arenas limosas o arenas arcillosas [25].

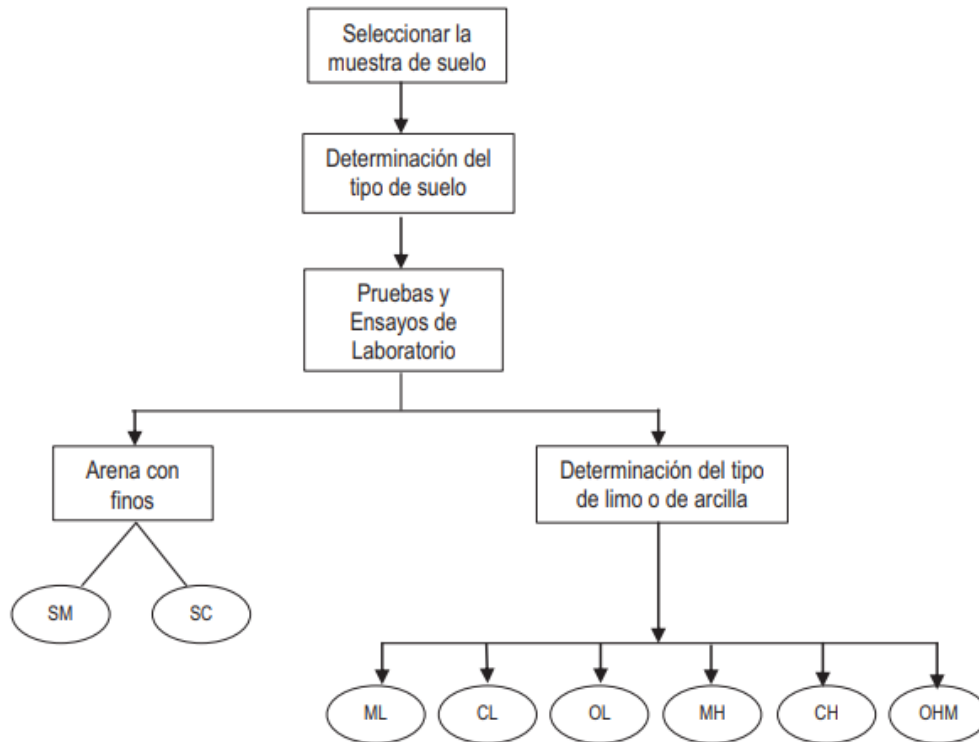


Figura 3. Proceso para la identificación del tipo de suelo.

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.
Sección Suelos y pavimentos – MTC 2013 (Figura 9.1).

Definiremos a la subrasante como: aquella capa la cual debe soportar la cimentación de la estructura del pavimento, llamada también como terreno natural o suelo de fundación. Este espesor de capa debe soportar todas las cargas producidas por el tráfico de diseño, además de una respuesta adecuada frente al medio ambiente y soporte uniforme del pavimento. La calidad de esta capa de la subrasante influye en el cálculo de los espesores de la estructura del pavimento a diseñar. La subrasante de un pavimento debe cumplir y satisfacer lo siguiente: soportar el tráfico de diseño durante la construcción, acondicionar la cimentación para poder compactar las diferentes capas de la estructura y debe presentar alto soporte al ahuellamiento de los neumáticos de los diferentes vehículos, en lo posible no se deber inducir fátiga en las capas del pavimento. Añadiendo a lo anterior debe presentar características físicas, mecánicas y químicas que no varíen con el transcurrir del tiempo para que no afecten a la estructura [26]. Algunas cualidades deseables en una subrasante son:

- Presentar alta resistencia mecánica.
- Permanente resistencia durante la vida útil del pavimento.
- Cambios de volumen bajo y la susceptibilidad al agua.
- Alta densidad o grado de compactación.
- Trabajabilidad durante la compactación.

También se define a la subrasante como el suelo para soportar y resistir la estructura de un sistema de pavimento. Las diferentes características que conforman la subrasante son aquellos parámetros más relevantes que se toman en consideración al momento de diseñar una estructura de pavimento, son las propiedades físicas no cambian y deben ser sometidos al tratamiento como la compactación, sin embargo, estas propiedades cambiarían cuando se realiza la estabilización a través de materiales como el cemento, cal, puzolanas entre otras o con productos químicos [27]. Garantizando la calidad de esta capa influye en el cálculo de la estructura del pavimento. Una forma de evaluar la calidad es mediante la capacidad de soporte frente a la deformación de esfuerzos cortantes bajo las cargas del tránsito de diseño. Tener un adecuado control del contenido de humedad nos podrá permitir y controlar los cambios de volumen que pueda presentar el suelo. Presentar subrasante con suelos expansivos puede generar graves daños a las diferentes estructuras que pueda soportar. Otras opciones de solucionar son mediante la estabilización del suelo con aditivos, en nuestro medio se ha logrado obtener resultados óptimos mediante la estabilización con cal [28]. Se puede categorizar al terreno de fundación en función a su capacidad de resistencia. En la siguiente tabla se muestran 04 categorías de subrasante, se consideran subrasantes aptas aquellos que presenten valor de CBR $\geq 3\%$. Si en el caso que este valor clasifica a la subrasante como pobre o inadecuada, se optara como por la estabilización, en la cual se deben evaluar las alternativas, de acuerdo con el estado natural, pueden ser la estabilización mecánica, cambio del suelo de fundación, estabilización química, con geosintéticos, elevar la cota de la rasante terminada o cambiar el trazo de la vía, de la cual se seleccionara la más económica y técnicamente viable [29].

Tabla 1. *Categorías de subrasante.*

Categorías de subrasante	CBR
Subrasante Excelente	CBR ≥17%
Subrasante Bueno	8%<CBR<17%
Subrasante Regular	8%<CBR<3%
Subrasante Pobre	CBR ≤3%

Fuente: Norma Técnica Pavimentos Urbanos – RNE, 2010.

La Tabla 1, nos da a reconocer 4 categorías, de acuerdo con su capacidad de resistencia a esfuerzo de corte del suelo o CBR, respecto al 95% de la MDS de la subrasante.

Asimismo, se deben tener en consideración las principales características de la subrasante, como son: a) humedad natural; se relaciona el contenido de humedad de un suelo (%) [30]. Calculando el peso de agua que se pierde, producto del proceso de secado en una estufa u horno a temperatura constante. La masa del suelo residual que se mantiene seco es el que se usa como aquel peso de las partículas sólidas. A esta pérdida del peso producto del secado se le considera como el peso de agua [31].

Determinando el contenido natural de humedad nos permitirá la comparación del O.C.H. del ensayo de compactación. En caso de que la humedad sea menor a la óptima, se deberá calcular el aporte de la cantidad de agua necesaria para poder realizar los ensayos especiales. El cálculo se da mediante la siguiente formula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Figura 4. Cálculo del contenido de humedad (%).

Fuente: NTP 339.127 (1998) y MTC E 108 (2017).

Donde:

- W (%) = contenido de humedad.
- M_{cws} (g.) = peso del contenedor más el suelo húmedo.
- M_{cs} (g.) = peso del contenedor mas el suelo secado en horno.
- M_c (g.) = peso del contenedor.
- M_w (g.) = peso del agua.
- M_s (g.) = peso de la partícula sólida.

b) El ensayo de granulometría se define: como la determinación de partículas de un suelo, expresado en porcentaje del peso seco total. Usualmente se aplican dos diferentes procedimientos para encontrar la distribución de tamaño de partículas de un suelo: como primere procedimiento se tiene el análisis de tamiz para tamaños de partículas mayores a la malla N°200, y segundo el análisis de hidrómetro para tamaños de partículas más pequeñas pasantes de la malla N°200 [32]. La finalidad de este consiste en la agitación de la muestra representativa del suelo, teóricamente se determina suelo a aquellos granos menores a 3". La metodología más practica para separar un suelo en fracciones de distinto tamaño consiste en hacerlo pasar a través de diferentes tamaños de aberturas de tamices [33]. Este ensayo nos permite cuantificar los porcentajes de la muestra representativa que pasa por los diferentes tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el tamaño de 74 mm (N°200) [34]. En resumen, con el ensayo realizado podremos clasificar las partículas que conforman el suelo de la subrasante y determinar en qué cantidades de porcentaje (%) la cantidad de grava, arena y material fino que pasa por la malla N°200 como son los limos y arcillas.

Para ello se deberá extraer previamente de manera correcta las muestras de suelo al momento de inspección en campo, para luego obtener la muestra representativa, para secarlo y pesarlo, posteriormente a ello se pondrá al horno para pierda su contenido de agua, y la resultante se procederá a llevar y pasar por los diferentes tamices, registrándolo y plasmar la curva granulométrica respectiva del material.

Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.

Tipo de material y tamaño de partículas		
Grava		75 mm - 4.75 mm
	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
Arena	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
Material fino	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos - MTC, 2013 (cuadro 4.5).

De los resultados de la distribución de las distintas partículas se puede plasmar gráficamente con la gradación y comportamiento de suelo. Pudiendo intuir las cualidades físicas y mecánicas que presenta el material. Asimismo, se obtiene el cálculo del coeficiente de curvatura mediante la siguiente expresión:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Figura 5. Cálculo del coeficiente de curvatura (Cc).

Fuente: Braja, "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica" 4ta Ed. (pág. 40)

Y de la misma manera el coeficiente de uniformidad, un suelo bien clasificado presenta mayor a 4 su coeficiente uniformidad para materiales gravosos, 6 para las arenas y entre 1 a 3 para gravas y arenas.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Figura 6. Cálculo del coeficiente de uniformidad (Cu).

Fuente: Braja, "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica" 4ta Ed. (pág. 40)

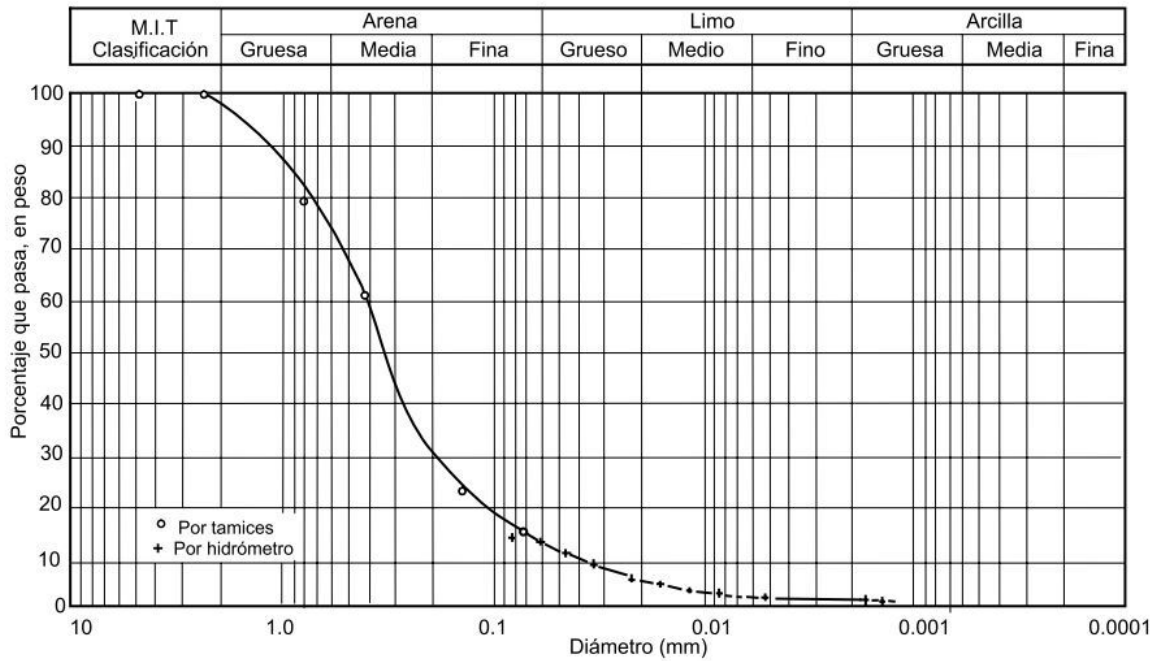


Figura 7. Curva granulométrica de un suelo.

Fuente: Lambe, 1951.

c) Otra propiedad del suelo de la subrasante para tener en cuenta es: la plasticidad de los suelos que tienen como cualidad de poder formarse, hasta cierto límite, sin llegar a fracturarse, por este medio se mide la caracterización de los suelos en las diferentes etapas y las arcillas presentes en estas características en grado variable. Para obtener la plasticidad del material se deberá emplear la cuchara Casagrande, donde se puede separar los cuatro estados de consistencia del suelo [35].

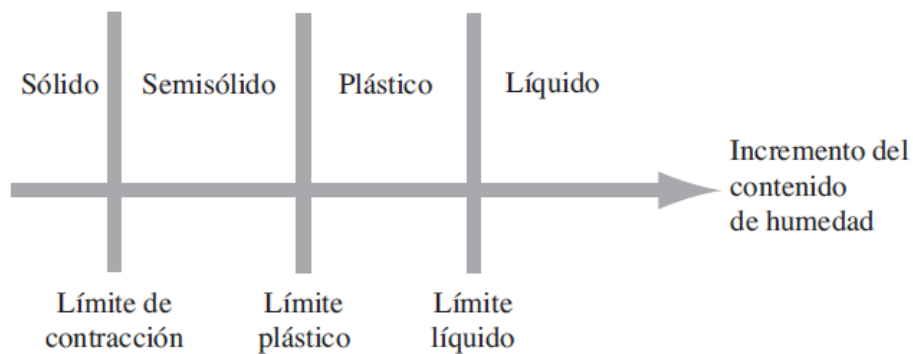


Figura 8. Límites de Atterberg.

Fuente: Braja, "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica" 4ta Ed. (pág. 64)

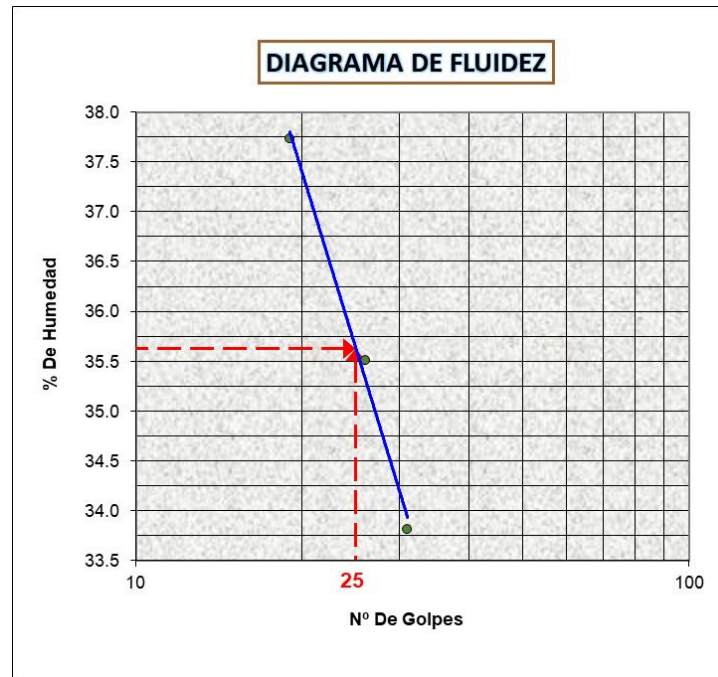


Figura 10. Diagrama de fluidez del límite líquido.

Sobre el límite plástico (LP), se refiere como la cantidad de agua en el que el suelo enrollado en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmorona sin llegar a fracturarse por completo. Este valor no puede ser mayor al obtenido del límite líquido, por lo cual si tienen al mismo valor se les conoce como no plásticos. [39]. Este ensayo es fundamental para los sistemas de clasificación aplicadas a la ingeniería, caracterizando las fracciones de grano fino de los materiales de construcción [40]. Conociendo los límites descritos se puede calcular el índice de plasticidad del suelo (IP), el cual se resulta de la diferencia entre su límite líquido (LL) y su límite plástico (LP) del suelo.

$$IP = LL - LP$$

Figura 11. Cálculo del índice de plasticidad del suelo.

Fuente: Norma NTP 339.128 (1998) y MTC E 111 (2017).

Si los límites de consistencia no se puedan calcular, el IP se reporta con la abreviatura NP (no plástico). Asimismo, si el LP resulta ser \geq LL, el índice plástico se reportará con NP (no plástico), caracterizando al suelo que se encuentra exenta de arcilla.

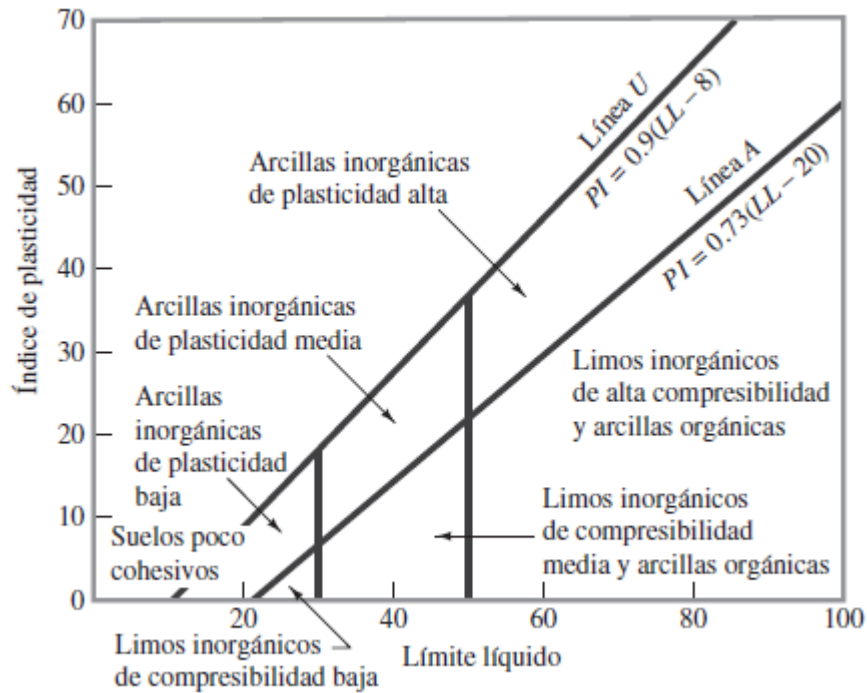


Figura 12. Carta de plasticidad.

Fuente: Braja, "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica" 4ta Ed. (pág. 74)

El "IP" facilita la correcta clasificación y tipo del suelo, también nos ayuda a determinar que si se trata de suelos arcillosos presentara valores mayores a 20. Caso contrario se llama suelos poco arcillosos a aquellos que contengan un índice plástico de baja a nula.

Tabla 3. Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.

Índice plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	suelos arcillosos
IP > 7	Baja	suelos poco arcillosos
IP < 7	No Plastico (NP)	suelos exentos de arcilla
IP = 0		

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos - MTC, 2013 (cuadro 4.6).

Además, conociendo los valores de los límites de consistencia, se puede caracterizar con el IG para poder paso la clasificación del suelo por la metodología

AASHTO, de la misma manera podremos dar una valoración de la calidad del suelo de la subrasante valido para las vías urbanas y carreteros. Para poder calcular el valor del índice de grupo (IG) se tiene la siguiente expresión:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Figura 13. Cálculo del índice de grupo.

Fuente: Braja, "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica" 4ta Ed. (pág. 81)

Donde:

- F = pasante de la malla N° 200 (%).
- LL = limite líquido (%).
- LP = limite plástico (%).
- IP = índice de plasticidad (%).

Este resulta ser un valor entero positivo, que se encuentra en el rango de 0 y 20. En caso de que el IG calculado es negativo, se tomará el valor de cero. A continuación, se muestra la calidad de subrasante en función del índice de grupo:

Tabla 4. *Clasificación de suelos según Índice de Grupo.*

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos - MTC, 2013 (cuadro 4.8).

Conociendo las características del suelo y su comportamiento, se puede evaluar los parámetros obtenidos del ensayo granulométrico, límites de plasticidad y el índice de grupo para poder clasificar el suelo. Una adecuada clasificación permitirá al ingeniero responsable, conocer sobre el comportamiento del suelo como base

de la cimentación de la estructura del pavimento [41]. Existen diversos sistemas de clasificación con la finalidad de ayudar a conocer las características globales de los diferentes tipos de suelos, que son infinitamente variadas. Entre los más usados de tienen al sistema “*American Association of State Highway Officials*” (AASHTO) y el “*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos*” (SUCS). Teniendo en cuenta que el sistema AASHTO es utilizado principalmente en las vías de transporte, carreteras y urbanas [42]. Como el sistema AASHTO clasifica a los materiales de las vías que va del A-1 a A-7 juntamente con su índice de grupo, de la cual el A-1 y A-2 son los mejores materiales. Y el SUCS se trata de una clasificación más completa que además permite conocer las características granulométricas y de plasticidad, es el más usual en la ingeniería geotécnica [43].

Tabla 5. Clasificación de suelos – Método AASHTO.

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo Símbolo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
% que pasa por el tamiz de:												
Nº10	máx. 50											
Nº40	máx. 30	máx. 50	mín. 50									
Nº200	máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg												
Límite líquido				máx. 40	mín. 40	mín. 40	mín. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
Índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 11 IP<LL-30	mín. 11 IP>LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
suelo como subrasante	De excelente a bueno					De pasable a malo						

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos - MTC, 2013 (cuadro 4.11).

Acerca de la compactación del suelo se menciona como el proceso de consolidar a un material por la eliminación del volumen del aire, utilizando una energía mecánica. El grado de compactación se determina en función de peso unitario seco. Para la presente investigación se analizará mediante el Proctor Modificado, el cual se basa en la cuantificación de la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo (curva de compactación) remoldeados y compactados diferentes moldes con un pisón que se deja caer libremente a una altura determinada, el cual produce o se genera una energía mecánica de compactación [44]. Del ensayo de compactación se obtiene la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH) realizado en laboratorio, con el propósito de reducir los vacíos que contiene el material y simular las características que se puede tener en campo [45].



Figura 14. Ensayo de Proctor modificado.

Para poder seleccionar el método del ensayo de Proctor modificado se basará en los porcentajes pasantes de 03 diferentes tamices como la de 2", ¾", 3/8" y N°4, una vez seleccionado el método se procederá a realizar el ensayo, caracterizando por el tamaño de los granos del material, ya que de ello dependerá el tamaño del molde a usar, relacionando con la variación que se obtendrá de la MDS y el óptimo OCH.

Tabla 6. *Especificaciones de la prueba Proctor modificada.*

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44.5 N o 10 lb	44.5 N o 10 lb	44.5 N o 10 lb
Altura de la caída del martillo	457.2 mm o 18 pulgadas	457.2 mm o 18 pulgadas	457.2 mm o 18 pulgadas
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³
Suelo Utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5mm Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5mm	Porción que pasa el tamiz de 19mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19mm

Fuente: Basada en norma ASTM Prueba 1577.

El CBR (California Bearing Ratio) se menciona lo siguiente: es la capacidad de resistencia del suelo que puede soportar sin presentar deformaciones excesivas. Evaluando la resistencia de los materiales conformados con la subrasante, subbase y base, y de los diversos materiales reciclados que se usan en la construcción de pavimentos de vías, aterrizaje y urbanos [46]. A nivel de la subrasante se determina el CBR al 95% respecto a la M.D.S. y a una penetración de carga de 1" [47].

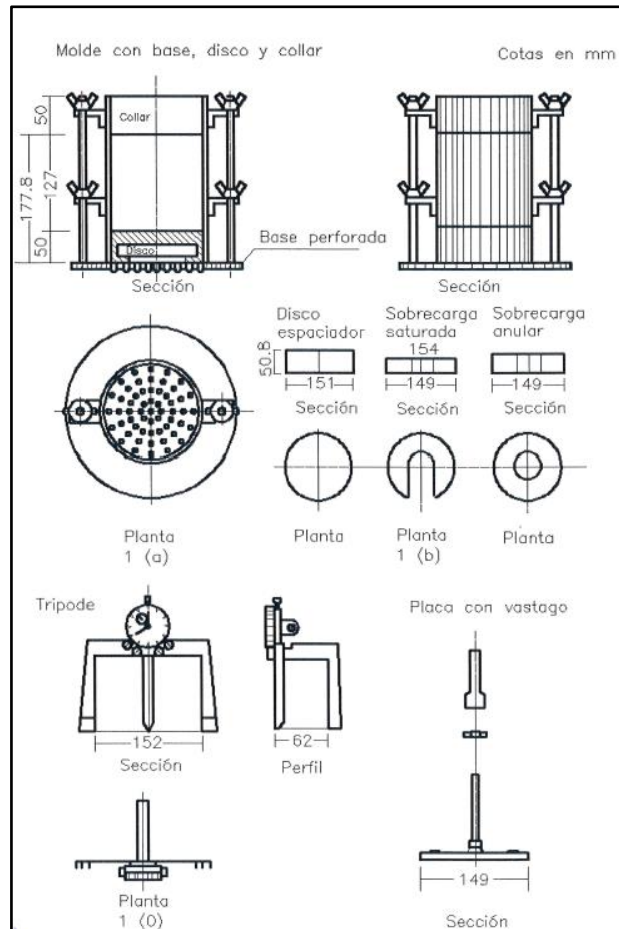


Figura 15. Equipo para utilizar para el ensayo de CBR en laboratorio.

Fuente: NTP 339.145 (1999) y MTC E 132 (2017).



Figura 16. Ensayo de CBR en laboratorio.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación se puede distinguir por contener múltiples propósitos prácticos de manera rápida, se investiga para poder cambiarla, transformarla o modificarla en un determinado sector de la realidad [48]. La investigación será del tipo aplicada propone innovaciones tecnológicas, caracterizándose por el empleo de los conceptos existentes e información para poder aplicarla, para luego poder determinar la utilización de las pruebas de investigación.

Enfoque de investigación

La utilización para la obtención de datos para luego posteriormente demostrar la hipótesis, en referencia con la medición numérica y un análisis estadístico, con la finalidad de comprobar las teorías existentes [49]. Se tendrá un enfoque cuantitativo porque plasma la necesidad de medir y estimar los objetivos de estudio, la interpretación del marco teórico constituye la explicación de los resultados con los conocimientos existentes.

Diseño de la investigación

Se basa por la manipulación deliberadamente de la variable u objeto independiente de la investigación con la finalidad de estudiar sus efectos. La experimentación es el único diseño con la cual se puede explicar las causales con mayor fiabilidad y validez posibles [50]. Se usará para la presente investigación un análisis tipo experimental, porque se manipulará una de las variables en estudio, se asigna porcentajes de incorporación de PET triturado en las muestras de la variable independiente, con lo que se implanta relación de causa y efecto, de la misma manera se descubre, comprueba, confirmación o negación de las teorías.

Además, la presente investigación es un diseño cuasiexperimental, porque se asignará de manera aleatoria el lugar de las muestras a evaluar. Se diferencia de un experimental puro porque ejerce poco controla sobre las variables de estudio, un ejemplo es comparar un grupo con medición antes y después [51].

El nivel de la investigación

Se menciona las diferentes características internas y externas, propiedades y hechos esenciales sobre la realidad, en un momento y tiempo determinado [52]. Para la presente investigación se dará a un nivel descriptiva, debido que se establecerá a través de los resultados de la estabilización en las subrasantes de baja calidad con la incorporación de PET triturado y se explicará de manera detallada los diferentes procedimientos aplicados. Además, se pretende explicar los fenómenos que ocurren o de qué manera se relacionan las variables de estudio [53]. De tal manera la investigación también será de nivel explicativo, porque se evaluará la incorporación del PET triturado sobre las subrasantes de baja calidad.

3.2. Variables y operacionalización

Una variable se define como una cualidad, atributo, característica p propiedad que puede estar presente o en el objeto de estudio. Puede variar y está expuesto a medirse observarse de manera directa o indirecta [54]. De manera que la investigación se basa en una relación causa-efecto se puede identificar a los siguientes tipos de variables:

Variable independiente: PET triturado.

Variable dependiente: Subrasantes de baja calidad.

De la operacionalización de las variables, de define al proceso en el que consiste desagrupar las variables de estudio, partiendo desde lo más general a lo más específico, como son las dimensiones, indicadores, índices e ítems. Tiene como propósito construir la matriz metodológica o matriz de operacionalización de variables, para el diseño y elaboración de los instrumentos de medición empírica, con la cual se podrá contrarrestar las hipótesis previstas [55]. (Ver matriz de operacionalización en el anexo 01)

3.3. Población, muestras y muestreo

Población

Para realizar una investigación se requiere fuentes de información “primaria” o directa con el único propósito de cumplir con los objetivos planteados. A dichas

fuentes se les conoce como la población, que es un conjunto de cosas que se encuentran en un espacio y varían con el transcurrir del tiempo [56]. La población de la investigación está compuesta por los suelos extradidos de 03 calicatas de las subrasantes del Jr. Mantaro del distrito de Pichari, Cusco, posteriormente las muestras extraídas se procederán a realizar los ensayos indicados.

Muestra

Es un subconjunto del total que pertenece a la población de estudio, del cual se obtendrá la información para el desarrollo de la investigación, de la cual se pobra medir y observar las variables objeto de estudio [57]. La muestra está conformada por las subrasantes de baja calidad determina de 01 calicata del Jr. Mantaro del distrito de Pichari, Cusco-2021.

Muestreo

Se caracteriza el tipo de muestreo no se basa en la equi-probabilidad. Son aquellas técnicas que se basan en otros criterios de selección (conocimiento del autor, presupuesto, etc.), con lo que se obtendrá una muestra representativa posible [58]. El tipo de muestro para la investigación será no probabilístico intencional o por criterio, basándonos en la experiencia sobre la población de las subrasantes luego de la exploración de los suelos de subrasante en la calle del Jr. Mantaro, donde se seleccionará bajo criterio personal el suelo más crítico de las muestras obtenidas.

Unidad de análisis

Se basa como la unidad de estudio u objeto del estudio, o también como aquella unidad mínima que contiene las cualidades de la población de estudio [59]. La unidad de análisis será aquella muestra de 01 calicata que será clasificada como subrasante de baja calidad, de acuerdo con los análisis de los ensayos indicados.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Son procedimientos o también conjunto de reglas, regulado para poder elaborar un instrumento de la investigación [60]. La técnica que aplicará para esta

investigación será la observación, debido a la obtención, recopilación y registros de los datos para luego dar al procesamiento y convertirlo en información.

Instrumentos de recolección de datos

Son aquellos apoyos que se tienen para las técnicas las cuales cumplirán con su propósito [61]. Para cada una de las variables se usarán múltiples instrumentos, ensayos técnicos normalizados, con el único propósito de obtener los resultados confiables y así poder determinar la influencia del PET triturado, en la estabilización de las subrasantes de baja calidad del Jr. Mantaro. (Ver anexo 03)

Validez

Es el grado de veracidad en la cual los instrumentos de la investigación miden a la variable que se tiene como propósito medir [62]. La presente investigación será validada a juicio por profesionales de la ingeniería civil, cual se validarán los instrumentos que se aplicarán para el desarrollo del trabajo, como mínimo 03 firmas de especialistas, con lo que se da mayor sustento técnico a los instrumentos empleados. (Ver anexo 04)

Confiabilidad de los instrumentos

Es la cualidad en la cual los instrumentos de medición, nos permitirá conocer los mismos resultados, al aplicase una o reiteradas veces al mismo objeto en diferentes tiempos [63]. Para la presentes investigación, se relacionará la confiabilidad con los certificados de calibración de los equipos empleados en los diferentes ensayos en laboratorio, la principal razón es la de garantizar los resultados obtenidos de los ensayos reflejen precisión, exactitud y por lo tanto confiabilidad.

3.5. Procedimientos

La zona del área en estudio que se encuentra estado natural, se ejecutó el estudio de mecánica de suelos, en la que se inspeccionó el perfil o columna estratigráfica de las calicatas mediante la excavación a profundidad de 1.50m, con la cual se pudo identificar y seleccionar la muestra como la subrasante para el respectivo análisis de ensayos en laboratorio, se extrajo las muestras en cantidad

suficiente necesarias para la ejecución de acuerdo con los objetivos planteados en la presente investigación.

Luego de la identificación y llevarlas a laboratorio se procedió con determinar la humedad natural, análisis de granulometría, límites de Atterberg y posteriormente se podrá clasificar los suelos mediante los sistemas AASHTO y SUCS. Una vez teniendo los ensayos estándares se dio paso a los ensayos especiales como es el Proctor modificado, de la cual se obtuvo la M.D.S. y el O.C.H. y para finalizar con el análisis se realizó el ensayo de soporte de CBR con el cual se pudo determinar en porcentaje el índice de resistencia del suelo. De la misma manera se procedió para el análisis de los suelos con adición del PET triturado, que consiste en la incorporación del PET triturado al suelo natural, como primera parte se realizó los ensayos de límites Atterberg para poder determinar cómo influye en la plasticidad del suelo, continuando se realizó el Proctor modificado con la incorporación del PET triturado en diferentes dosificaciones (1%, 3%, 5% y 10%), con el objetivo de conocer los nuevos resultados de la M.D.S. y el O.C.H. Y finalmente, se obtuvo el valor del CBR del suelo tratado con la incorporación del PET triturado (1%, 3%, 5% y 10%) y así determinar la resistencia del suelo estabilizado.



Figura 17. Se observa la Calicata 01.



Figura 18. Se observa la Calicata 02.



Figura 19. Se observa la Calicata 03.

Clasificación de suelos C-01, C-02 y C-03

Los suelos de la zona de estudio presentan por lo general características similares, consistente en una cobertura, luego suelos finos acompañados con de pequeña cantidad de material granular de formación aluvial:

Tabla 7. Resumen de suelos encontrados en campo.

Calicata	Estrato/ Muestra	Profundidad (m)	Espesor (m)	Depositos	Identificación de tipo de Suelo
C - 01	E1/M1	0.00 - 0.30	0.30	Relleno	Cobertura Organica
	E2/M2	0.30 - 1.50	1.20	Aluvial	Limo Arenoso
C - 02	E1/M1	0.00 - 0.35	0.35	Relleno	Cobertura Organica
	E2/M2	0.35 - 1.50	1.15	Aluvial	Limo Arenoso
C - 03	E1/M1	0.00 - 0.30	0.30	Relleno	Cobertura Organica
	E2/M2	0.30 - 1.50	1.20	Aluvial	Limo y Tipo Grava con Arena

De la visita a la zona de estudio también se presenta la ubicación de las calicatas de la zona de estudio donde se realizó la investigación:

Tabla 8. Ubicación de calicatas de la zona de estudio.

Datum UTM WGS84 Zona 18 S		
Calicata	Este (m)	Norte (m)
C - 01	628554	8614867
C - 02	628196	8614878
C - 03	628148	8614883

Asimismo, se muestra el resumen de los ensayos estándares, los resultados obtenidos de clasificación de suelos de las 03 calicatas exploradas:

Tabla 9. Resumen de suelos encontrados en campo.

Identificación		Ensayo Granulometrico			Limites de Consistencia			Clasificación de tipo de Suelo		
Calicata	Estrato / Muestra	% Grava	% Arena	% Finos	LL %	LP %	IP %	AASHTO	SUCS	
C - 01	E - 02	7.56	24.15	68.29	35.9	26.3	9.6	A-4 (6)	ML	LIMO ARENOSO
C - 02	E - 02	7.51	27.42	65.06	35.6	24.7	10.9	A-6 (6)	ML	LIMO ARENOSO
C - 03	E - 02	19.22	11.52	69.27	42.7	33.3	9.4	A-5 (7)	ML	LIMO Y TIPO GRAVA CON ARENA

Leyenda: LL es el Limite Liquido; LP es el Limite Platico; IP es el Índice de Plasticidad del suelo. AASTHO es el sistema de clasificación de suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials y SUCS es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

3.6. Método de análisis de datos

Para el procesamiento de la información se tuvieron que usar diferentes programas como: ArcGIS 10.5, Auto Cad 2019, Civil Cad 3d 2019, Google Earth Pro-2021, para dibujar los planos, figuras y mapas necesarios, además se utilizará el programa Microsoft 365 Excel para hacer los diferentes cálculos de los ensayos y para el análisis de prueba estadística el software SPSS.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó con compromiso, responsabilidad, transparencia y el respeto al intelecto de los antecedentes, citándolos de manera adecuada debido que fueron la fuente y soporte de la información. Asimismo, la investigación se elaboró en guía de las normativas vigentes indicadas en la N.T.P. CE.010 "Pavimentos Urbanos" (2010), de acuerdo con el "Manual de Ensayos de Materiales" (2016) establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, además de la norma ISO 690:2010 y la Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis de la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

Políticamente el área de estudio de la presente investigación se encuentra ubicada:

- Departamento : Cusco.
- Provincia : La convención.
- Distrito : Pichari.
- Lugar : Jr. Mantaro.

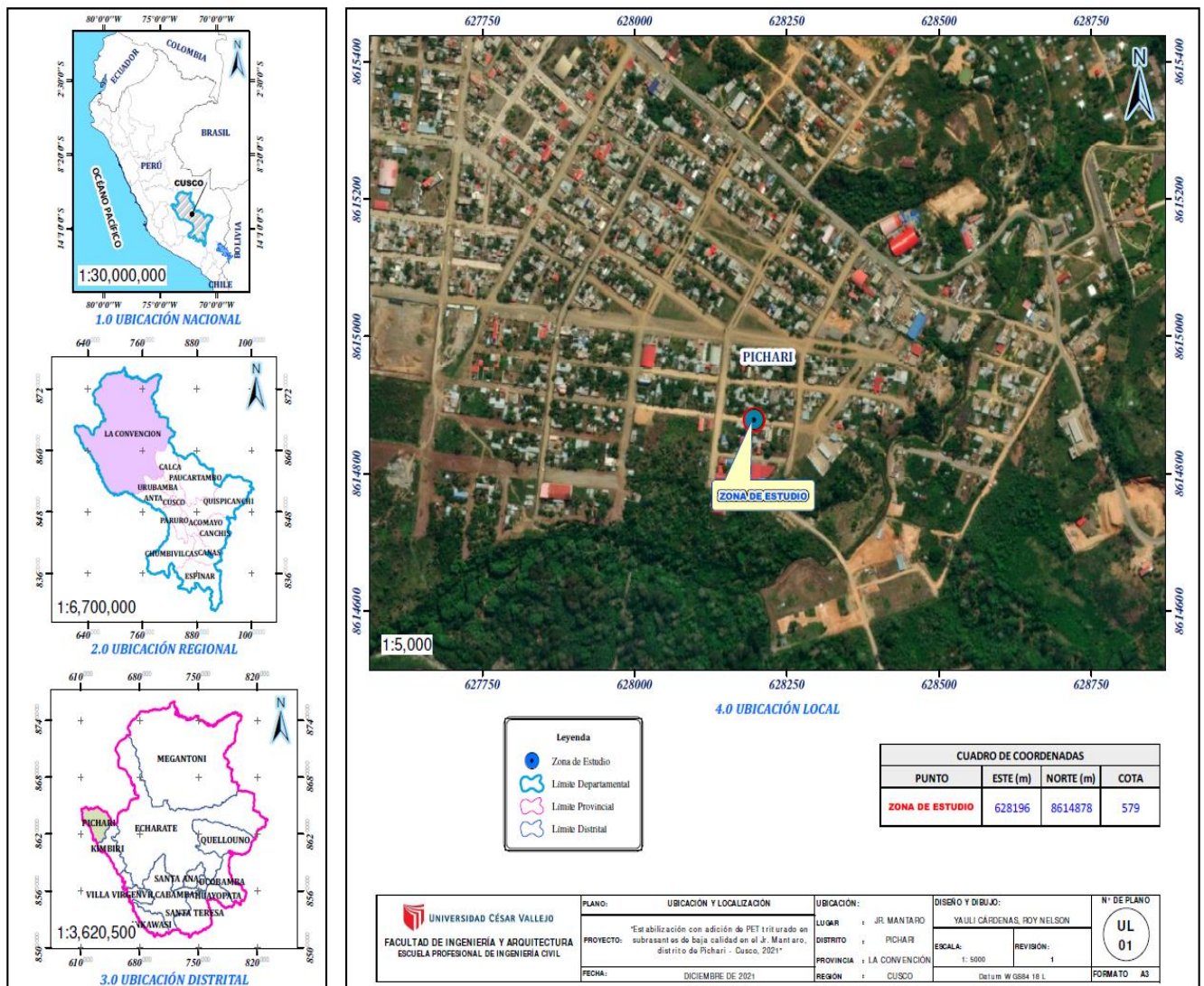


Figura 20. Ubicación de la zona de estudio.

Limites

- Norte : Con el distrito de Pangoa (Satipo, Junín).
- Sur : Con el distrito de Kimbiri.
- Este : Con el distrito de Echarate.
- Oeste : Con el río Apurímac y con los distritos de Sivia y LLochegua (Huanta, Ayacucho).

Ubicación geográfica

La zona en estudio ubicada dentro Distrito de Pichari la cual geográficamente se caracteriza por ceja de selva, de la margen derecha del río Apurímac, entre los departamentos de Cusco, Ayacucho y Junín, al noreste de la capital de la provincia de La Convención, aproximadamente con una altitud en promedio en 614 m.s.n.m. Según la INEI hasta el 2015 contaba con una población de 20,316 habitantes.

Coordenadas Geográficas:

Se encuentra comprendido entre las siguientes coordenadas:

- Latitud Sur : 11°64' y 13°22'.
- Longitud Oeste: 73°11' y 75°35'.

Clima

El distrito y capital de Pichari cuenta con temperaturas promedio de 24° C que llegan como máximo hasta 32°C (octubre a febrero) y con mínimas hasta 18° C (mayo a julio).

Además, la zona se caracteriza por presentar clima del tipo tropical, la cual es muy frecuente la presencia de altas precipitaciones y temperaturas muy cálidas. Las temporadas de lluvia por lo general ocurren entre los meses de octubre a marzo y la época de estiaje los meses de abril a setiembre.

Objetivo Especifico 1. Determinación de la influencia de la adición con PET triturado en la plasticidad de las subrasantes de baja calidad.



Figura 21. Ensayo de limite liquido en suelo natural.



Figura 22. Ensayo con adición (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado ensayados.

Tabla 10. Valores de plasticidad con 1.0%,3.0%,5.0% y 10.0% de PET triturado.

Identificación	Limites de Consistencia			Variación					
	LL %	LP %	IP %	% LL		Observación	% IP		Observación
Suelo Natural	35.6	24.7	10.9	100.0%	0.0%	Patrón	100.0%	0.0%	Patrón
Suelo Natural + 1.0 % PET Triturado	35.1	24.5	10.6	98.6%	-1.4%	Disminuye	97.2%	-2.8%	Disminuye
Suelo Natural + 3.0 % PET Triturado	34.0	23.6	10.4	95.5%	-4.5%	Disminuye	95.4%	-4.6%	Disminuye
Suelo Natural + 5.0 % PET Triturado	32.0	21.3	10.7	89.7%	-10.3%	Disminuye	97.6%	-2.4%	Disminuye
Suelo Natural+ 10.0 % PET Triturado	29.6	20.2	9.4	83.0%	-17.0%	Disminuye	85.6%	-14.4%	Disminuye

Leyenda: LL es el Limite Liquido; LP es el Limite Platico; IP es el Índice de Plasticidad del suelo.

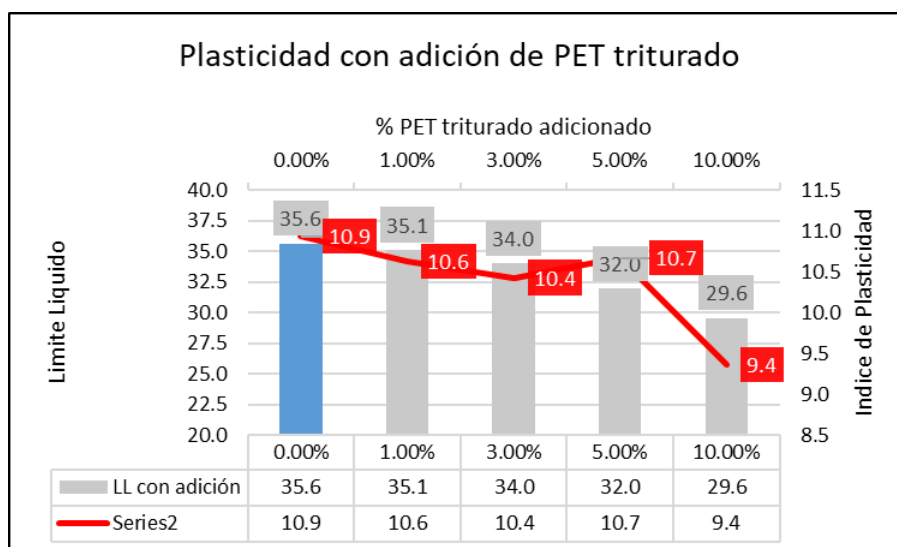


Figura 23. Valores de plasticidad con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.

De la tabla 10 y figura 23, se puede observar los valores de los límites de consistencia a una adición del 1.0% de PET triturado el LL disminuye de 35.6% a 35.1%, con 3.0% disminuye a 34.0%, con 5.0% disminuye a 32.0% y con 10.0% disminuye hasta un 29.6%, representando así la variación una tendencia de la progresiva de reducción en función al suelo natural en 1.4%, 4.5%, 10.3% y 17.0% respectivamente, de la misma manera con 1.0% de PET triturado el IP disminuye de 10.9% a 10.6%, con 3.0% disminuye a 10.4%, con 5.0% tiene un ligero incremento a 10.7% y por ultimo con 10.0% tiene una reducción de hasta 9.4%, representando así la variación una tendencia no progresiva en reducción en función al suelo natural en 2.8%, 4.6%, 2.4% y 14.4% respectivamente, por lo que tomando en consideración los valores de los resultados obtenidos y la características de plasticidad en la subrasante se opta como dosificación óptima de PET triturado en un 10.0% esto en función al tipo de suelo analizado para la presente investigación se tiene un Limo Arenoso (ML) de mediana plasticidad.

Objetivo Especifico 2. Determinación de la influencia de la adición con PET triturado en el óptimo contenido de humedad en las subrasantes de baja calidad.



Figura 24. Ensayo de Proctor modificado (O.C.H y M.D.S).



Figura 25. Secado en horno, O.C.H. (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado.

Tabla 11. Valores del O.C.H. adicionado con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.

Calicata	OCH Optimo Contenido Humedad (%)	Variación %		Observación
Suelo Natural	29.9%	100.0%	-	Patrón
Suelo Natural + 1.0 % PET Triturado	24.2%	80.9%	-19.1%	Disminuye
Suelo Natural + 3.0 % PET Triturado	23.8%	79.6%	-20.4%	Disminuye
Suelo Natural + 5.0 % PET Triturado	23.4%	78.3%	-21.7%	Disminuye
Suelo Natural+ 10.0 % PET Triturado	21.3%	71.2%	-28.8%	Disminuye

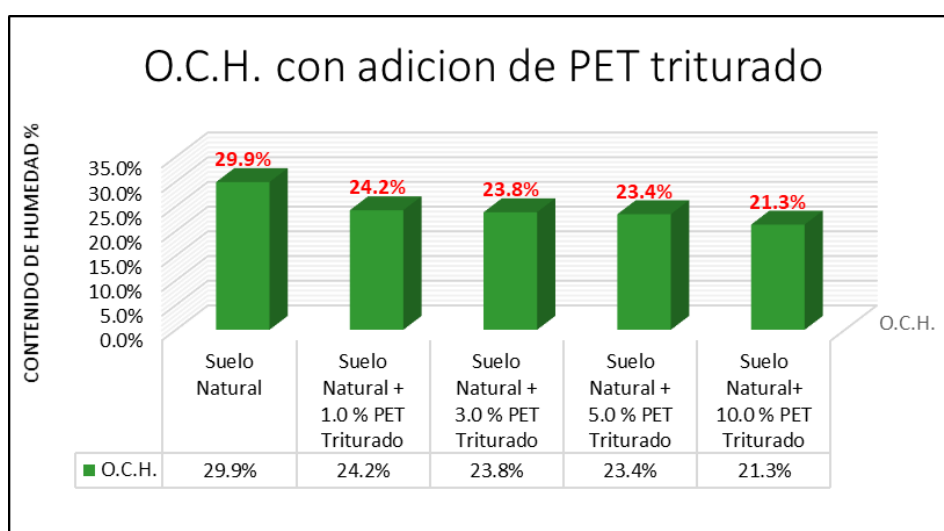


Figura 26. Valores de O.C.H. con adición de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.

De la tabla 11 y figura 26, se puede observar los valores del óptimo contenido de humedad a una adición del 1.0% de PET triturado el O.C.H. disminuye de 29.9% a 24.2%, con 3.0% disminuye a 23.8%, con 5.0% disminuye a 23.4% y con 10.0% disminuye hasta un 21.3% representado así una variación de una tendencia progresiva de disminución en 19.1%, 20.4%, 21.7% y 28.8% respectivamente, esto debido a que las características que presenta el PET triturado ayuda a absorber el agua superficialmente y así mejorando el comportamiento de la subrasante, por lo

tanto, en consideración de los resultados y las propiedades que presenta la subrasante teniendo en conocimiento que se trata de un suelo tipo Limo Arenoso (ML) se opta como una dosificación óptima del 10.0% de PET triturado.

Objetivo Especifico 3. Determinación de la influencia de la adición con PET triturado en la máxima densidad seca en las subrasantes de baja calidad.



Figura 27. Ensayo de Proctor modificado (O.C.H y M.D.S).



Figura 28. Determinación de M.D.S (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado.

Tabla 12. Valores de M.D.S. adicionado con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.

Calicata	MDS Maxima Densidad Seca (gr/cm3)	Variación %		Observación
Suelo Natural	1.502	100.0%	-	Patrón
Suelo Natural + 1.0 % PET Triturado	1.613	107.4%	7.4%	Aumenta
Suelo Natural + 3.0 % PET Triturado	1.647	109.7%	9.7%	Aumenta
Suelo Natural + 5.0 % PET Triturado	1.660	110.5%	10.5%	Aumenta
Suelo Natural+ 10.0 % PET Triturado	1.705	113.5%	13.5%	Aumenta

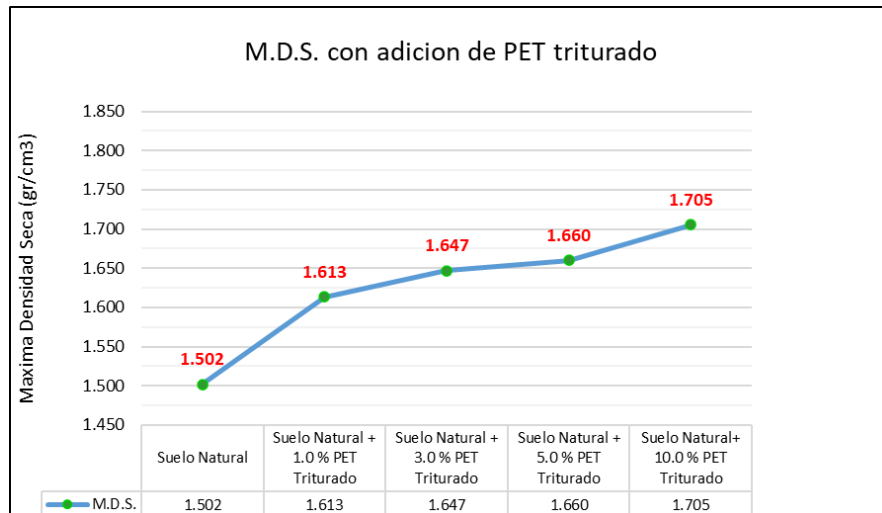


Figura 29. Valores de M.D.S. con adición de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.

De la tabla 12 y figura 29, se puede apreciar los valores de la máxima densidad seca a una adición del 1.0% de PET triturado la M.D.S. incrementa su valor de 1.502 gr/cm³ a 1.613 gr/cm³, con 3.0% aumenta a 1.647 gr/cm³, con 5.0% aumenta a 1.660 gr/cm³ y con 10.0% se incrementa hasta 1.705 gr/cm³ representado así una variación de una tendencia progresiva de aumento en 7.4%, 9.7%, 10.5% y 13.5% respectivamente, por lo tanto, en consideración de los resultados y las propiedades de la subrasante se opta como una dosificación óptima del 10.0% de PET triturado.

Objetivo Específico 4. Analizando la influencia de la dosificación con PET triturado en las propiedades de resistencia de las subrasantes de baja calidad.



Figura 30. Ensayo de C.B.R. con adición de PET triturado.



Figura 31. Moldes C.B.R con adición (1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%) PET triturado ensayados.

Tabla 13. C.B.R. adicionado con 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.

Calicata	Estrato / Muestra	CBR al 100% MDS (0.1")	CBR al 95% MDS (0.1")	EXPANSION	Variación % CBR al 95% MDS		Observación
Suelo Natural	Muestra Patrón	5.0%	2.8%	0.02%	100.0%	-	Patrón
Suelo Natural + 1.0 % PET Triturado	Suelos Adicionado	6.2%	4.0%	0.02%	142.9%	42.9%	Aumenta
Suelo Natural + 3.0 % PET Triturado	Suelos Adicionado	6.8%	4.8%	0.02%	171.4%	71.4%	Aumenta
Suelo Natural + 5.0 % PET Triturado	Suelos Adicionado	7.3%	5.5%	0.02%	196.4%	96.4%	Aumenta
Suelo Natural+ 10.0 % PET Triturado	Suelos Adicionado	8.6%	6.3%	0.02%	225.0%	125.0%	Aumenta

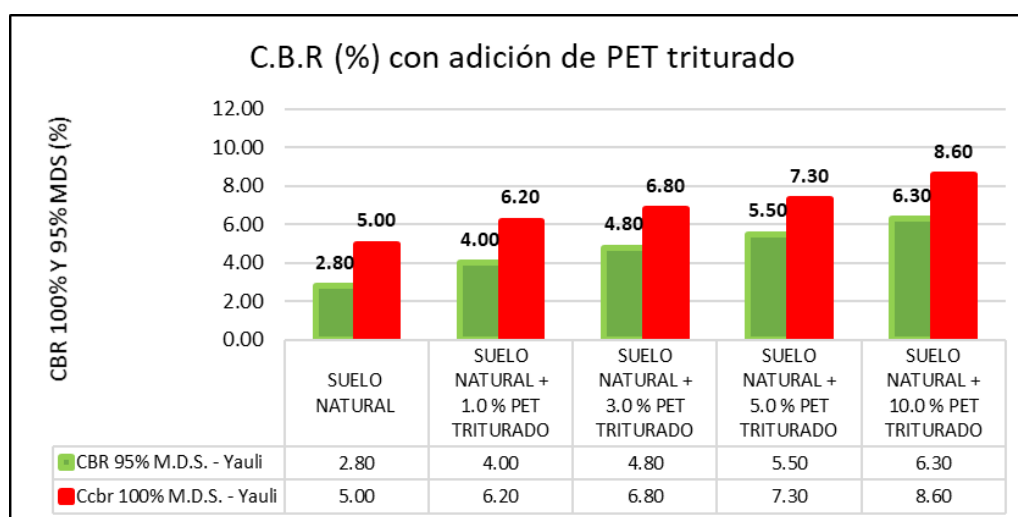


Figura 32. C.B.R. con adición de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado.

De la tabla 13 y figura 32, se puede apreciar los valores de C.B.R. a una compactación del 95% de su M.D.S a una adición del 1.0% de PET triturado la M.D.S. incrementa su valor de 2.8% a 4.0%, con 3.0% aumenta a 4.8%, con 5.0% aumenta a 5.5% y con 10.0% se eleva hasta 6.3% representado así una variación de una tendencia de aumento considerable en 42.9%, 71.4%, 96.4% y 125.0% respectivamente, y a una compactación del 100% de su M.D.S a una adición del 1.0% de PET triturado la M.D.S. incrementa su valor de 5.4% a 6.2%, con 3.0% aumenta a 6.8%, con 5.0% aumenta a 7.3% y con 10.0% se eleva hasta 8.6%, cm^3 por lo tanto, en consideración de los resultados y las propiedades de la subrasante y los parámetros establecidos en la norma CE.010 se opta como una dosificación óptima del 10.0% de PET triturado de acuerdo al tipo de suelo analizado.

Contrastación de hipótesis

La contrastación de hipótesis para la presente investigación se realizó verificando la normalidad de las variables mediante la prueba estadística de Shapiro (para $n < 50$, donde n es el número de muestras analizadas) y luego para tomar la decisión el análisis lineal aplicando el coeficiente de correlación “ r ” de Pearson.

Prueba de hipótesis: Hipótesis 01 de investigación.

Prueba de normalidad de la variable:

a) Formulación de la Hipótesis Nula (H_0) y Alternativa (H_1)

H_0 : La distribución de la variable plasticidad no difiere de la distribución normal.

H_0 : $p \geq 0.050$

H_1 : La distribución de la variable plasticidad difiere de la distribución normal.

H_1 : $p \leq 0.050$

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$ (5 %)

c) $n = 5$ muestras, por lo tanto, usaremos la elección de Prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 14. Prueba de normalidad de la variable plasticidad.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Límite Líquido (%)	.218	5	.200*	.920	5	.527
Índice Plástico (%)	.300	5	.161	.829	5	.136

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

d) Regla de decisión: $P\text{-valor} = 0.136 > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

a) Conclusión: Se aprecia que valor de significancia obtenida es 0.136 por lo que es mayor al nivel de significación ($\alpha = 0.05$), entonces se acepta la H_0 , se concluye que la distribución de la variable plasticidad no difiere de la distribución normal, por lo que se debe utilizar una prueba paramétrica en la comprobación de hipótesis.

Grado de Asociación por coeficiente de correlación “r” de Pearson

1. Planteamiento del problema:

H₀: Los datos de la variable plasticidad no están relacionadas (la reducción de la plasticidad no está relacionada a la adición de PET triturado).

H₁: Los datos de la variable plasticidad están relacionadas (la reducción de la plasticidad está relacionada a la adición de PET triturado).

2. Nivel de significancia: $\alpha = 5\% = 0.05$

3. Elección de prueba estadística: coeficiente de correlación “r” de Pearson, para variables cuantitativas.

Tabla 15. Correlaciones de la variable plasticidad.

		Correlaciones		
		Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)	Adición de PET triturado (%)
Límite Líquido (%)	Correlación de Pearson	1	.831	-.992**
	Sig. (bilateral)		.081	.001
	N	5	5	5
Índice Plástico	Correlación de Pearson	.831	1	-.892*
	Sig. (bilateral)	.081		.042
	N	5	5	5
Adición de PET triturado	Correlación de Pearson	-.992**	-.892*	1
	Sig. (bilateral)	.001	.042	
	N	5	5	5

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

4. Regla de decisión: se rechaza la H₀, si el valor de $p \leq 0.05$.

5. Conclusión: Existe evidencia estadística para un 95% de confianza con la que se rechaza la H₀, es decir se asevera que: la variable Plasticidad está relacionada de manera directa y en forma negativa, por que reduce su valor una correlación de -89.2% la cual se encuentra en el rango de correlación negativa fuerte a perfecta, concluyendo así un rango de precisión alta que la

adición de PET triturado influye en la plasticidad de la subrasante de baja calidad.

Prueba de hipótesis: Hipótesis 02 de investigación.

Prueba de normalidad de la variable:

b) Formulación de la Hipótesis Nula (H_0) y Alternativa (H_1)

H_0 : La distribución de la variable óptimo contenido de humedad no difiere de la distribución normal.

H_0 : $p \geq 0.050$

H_1 : La distribución de la variable óptimo contenido de humedad difiere de la distribución normal.

H_1 : $p \leq 0.050$

c) Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5 %)

d) $n=5$ muestras, por lo tanto, usaremos la elección de Prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 16. Prueba de normalidad de la variable óptimo contenido de humedad.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Óptimo Contenido de Humedad (%)	.340	5	.060	.848	5	.187

a. Corrección de significación de Lilliefors

e) Regla de decisión: $P\text{-valor} = 0.187 > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

f) Conclusión: Se observa que el valor de significancia obtenida es 0.187 es mayor al nivel de significación ($\alpha=0.05$) entonces se acepta la H_0 , es decir que: La distribución de la variable óptimo contenido de humedad no difiere de la distribución normal, por lo que se debe utilizar una prueba paramétrica en la comprobación de hipótesis.

Grado de Asociación por coeficiente de correlación “r” de Pearson

1. Planteamiento del problema:

H₀: Los datos de la variable óptimo contenido de humedad no están relacionadas (la reducción del O.C.H. no está relacionada a la adición de PET triturado).

H₁: Los datos de la variable óptimo contenido de humedad están relacionadas (la reducción del O.C.H. está relacionada a la adición de PET triturado).

2. Nivel de significancia: $\alpha = 5\% = 0.05$
3. Elección de prueba estadística: coeficiente de correlación “r” de Pearson, para variables cuantitativas.

Tabla 17. *Correlaciones de la variable óptimo contenido de humedad.*

		Correlaciones	
		Óptimo Contenido de Humedad (%)	Adición de PET triturado (%)
Óptimo Contenido de Humedad (%)	Correlación de Pearson	1	-.792
	Sig. (bilateral)		.110
	N	5	5
Adición de PET triturado (%)	Correlación de Pearson	-.792	1
	Sig. (bilateral)	.110	
	N	5	5

4. Regla de decisión: se acepta la H₀, si el valor de $p \geq 0.05$.
5. Conclusión: Existe evidencia estadística para un 95% de confianza con la que se acepta la H₀, es decir se asevera que: la variable Óptimo Contenido de Humedad no está relacionada de manera directa, porque se dice que los grupos de evaluación presentan homogeneidad de varianzas, a una correlación de -79.2% la cual se encuentra en el rango de correlación negativa fuerte, concluyendo así un rango de precisión alta que la adición de PET triturado influye en el O.C.H. de manera indirecta en la subrasante de baja calidad.

Prueba de hipótesis: Hipótesis 03 de investigación.

Prueba de normalidad de la variable:

a) Formulación de la Hipótesis Nula (H_0) y Alternativa (H_1)

H_0 : La distribución de la variable máxima densidad seca no difiere de la distribución normal.

H_0 : $p \geq 0.050$

H_1 : La distribución de la variable máxima densidad seca difiere de la distribución normal.

H_1 : $p \leq 0.050$

b) Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5 %)

c) $n=5$ muestras, por lo tanto, usaremos la elección de Prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 18. Prueba de normalidad de la variable máxima densidad seca.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	.236	5	.200*	.915	5	.498

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

d) Regla de decisión: $P\text{-valor} = 0.498 > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

e) Conclusión: Como el valor de significancia obtenida es 0.498 es mayor al nivel de significación ($\alpha=0.05$) entonces se acepta la H_0 , es decir que: La distribución de la variable máxima densidad seca no difiere de la distribución normal, por lo que se debe utilizar una prueba paramétrica en la comprobación de hipótesis.

Grado de Asociación por coeficiente de correlación "r" de Pearson

1. Planteamiento del problema

H₀: Los datos de la variable máxima densidad seca no están relacionadas (el aumento de la M.D.S. no está relacionada a la adición de PET triturado).

H₁: Los datos de la variable máxima densidad seca están relacionadas (el aumento de la M.D.S. está relacionada a la adición de PET triturado).

2. Nivel de significancia: $\alpha = 5\% = 0.05$
3. Elección de prueba estadística: coeficiente de correlación “r” de Pearson, para variables cuantitativas.

Tabla 19. *Correlaciones de la variable máxima densidad seca.*

		Correlaciones	
		Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	Adición de PET triturado (%)
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	Correlación de Pearson	1	.843
	Sig. (bilateral)		.073
	N	5	5
Adición de PET triturado (%)	Correlación de Pearson	.843	1
	Sig. (bilateral)	.073	
	N	5	5

4. Regla de decisión: se acepta la H₀, si el valor de $p \geq 0.05$.
5. Conclusión: Existe evidencia estadística para un 95% de confianza con la que se acepta la H₀, es decir se asevera que: la variable Máxima Densidad Seca no está relacionada de manera directa, porque se dice que los grupos de evaluación presentan homogeneidad de varianzas, a una correlación de positiva de 84.3% la cual se encuentra en el rango de correlación positiva fuerte, concluyendo así un rango de precisión alta que la adición de PET triturado influye en la M.D.S. de manera indirecta en la subrasante de baja calidad.

Prueba de hipótesis: Hipótesis 04 de investigación.

Prueba de normalidad de la variable:

a) Formulación de la Hipótesis Nula (H_0) y Alternativa (H_1)

H_0 : La distribución de la variable capacidad de soporte CBR no difiere de la distribución normal.

H_0 : $p \geq 0.050$

H_1 : La distribución de la variable capacidad de soporte CBR difiere de la distribución normal.

H_1 : $p \leq 0.050$

b) Nivel de significancia: $\alpha=0.05$ (5 %)

c) $n=5$ muestras, por lo tanto, usaremos la elección de Prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 20. Prueba de normalidad de la variable capacidad de soporte CBR.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de Soporte CBR al 100% MDS (%)	.148	5	.200*	.997	5	.997
Capacidad de Soporte CBR al 95% MDS (%)	.135	5	.200*	.989	5	.976

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

d) Regla de decisión: $P\text{-valor} = 0.976 > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

e) Conclusión: Como el valor de significancia obtenida es 0.976 es mayor al nivel de significación ($\alpha=0.05$) entonces se acepta la H_0 , es decir que: La distribución de la variable capacidad de soporte CBR no difiere de la distribución normal, por lo que se debe utilizar una prueba paramétrica en la comprobación de hipótesis.

Grado de Asociación por coeficiente de correlación "r" de Pearson

1. Planteamiento del problema

H₀: Los datos de la variable capacidad de soporte CBR no están relacionadas (el aumento del CBR no está relacionada a la adición de PET triturado).

H₁: Los datos de la variable capacidad de soporte CBR están relacionadas (el aumento del CBR está relacionada a la adición de PET triturado).

2. Nivel de significancia: $\alpha = 5\% = 0.05$

3. Elección de prueba estadística: coeficiente de correlación “r” de Pearson, para variables cuantitativas.

Tabla 21. Correlaciones de la variable capacidad de soporte CBR.

		Correlaciones		
		Capacidad de Soporte CBR al 100% MDS (%)	Capacidad de Soporte CBR al 95% MDS (%)	Adición de P triturado (%)
Capacidad de Soporte CBR al 100% MDS (%)	Correlación de Pearson	1	.989**	.961**
	Sig. (bilateral)		.001	.009
	N	5	5	5
Capacidad de Soporte CBR al 95% MDS (%)	Correlación de Pearson	.989**	1	.933*
	Sig. (bilateral)	.001		.021
	N	5	5	5
Adición de PET triturado	Correlación de Pearson	.961**	.933*	1
	Sig. (bilateral)	.009	.021	
	N	5	5	5

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

4. Regla de decisión: se rechaza la H₀, si el valor de $p \leq 0.05$.

5. Conclusión: Existe evidencia estadística para un 95% de confianza con la que se rechaza la H₀, es decir se asevera que: la variable Capacidad de Soporte CBR está relacionada de manera directa y positiva, a una correlación de +93.3%, concluyendo así un rango de precisión alta que la adición de PET triturado influye en la capacidad de soporte CBR de la subrasante de baja calidad.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1: En esta investigación se determinó que los valores de límites de consistencia, siendo del LL e IP con la adición de PET triturado en porcentajes de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0%, de la cual se tiene la característica del PET triturado mediante el ensayo de granulometría pasante de la malla N°4 y retenida en la malla N°8, la cual fue aplicado a un suelo ML – Limo arenoso según SUCS, donde se observó que la adición óptima es del 10.0% de PET triturado, reduciendo su límite líquido de 35.6% hasta 29.6%, con lo que no concuerdo con la investigación de Mishra y Kumar (2018), donde las dosificaciones aplicadas de fibras PET fueron en 0.4%, 0.8%, 1.2% y 1.6%, la aplicación de fibra PET en conjunto con las cenizas volantes, aumenta el valor del límite líquido que varía desde un 52.8% hasta 62.0%, caracterizando al suelo que contiene alta plasticidad la cual es perjudicial para una subrasante al momento de diseñar una estructura de pavimento. De la misma manera el índice plástico se redujo de 10.9% hasta un 9.4%, manteniendo al material de la subrasante como un suelo de mediana plasticidad, asimismo, en esta parte la otra investigación muestra valores pasando de media-alta plasticidad a mediana plasticidad, donde el comportamiento del suelo será mejor. Por lo tanto, la aplicación de PET dependerá de que característica comprenda esta, ya que en la plasticidad de los suelos de subrasante se verá reflejada de acuerdo con la clasificación y tipo de suelo al que se desea añadir, del cual dependerá que los valores a obtener tendrán mejor resultado.

Tabla 22. Valores de límites de consistencia en comparación con la investigación de Mishra y Kumar (2018).

Identificación	Límites de Consistencia		Identificación	Límites de Consistencia	
	LL %	IP %		Muestra (Mishra y Kumar)	LL %
Calicata					
Suelo Natural	35.6	10.9	Suelo Natural	52.8	21.6
Suelo Natural + 1.0 % PET Triturado	35.1	10.6	0.4% PET + FLY ASH 5%	54.6	16.0
Suelo Natural + 3.0 % PET Triturado	34.0	10.4	0.8% PET + FLY ASH 10%	55.4	12.8
Suelo Natural + 5.0 % PET Triturado	32.0	10.7	1.2% PET + FLY ASH 15%	59.2	15.0
Suelo Natural+ 10.0 % PET Triturado	29.6	9.4	1.6% PET + FLY ASH 20%	62.2	16.4

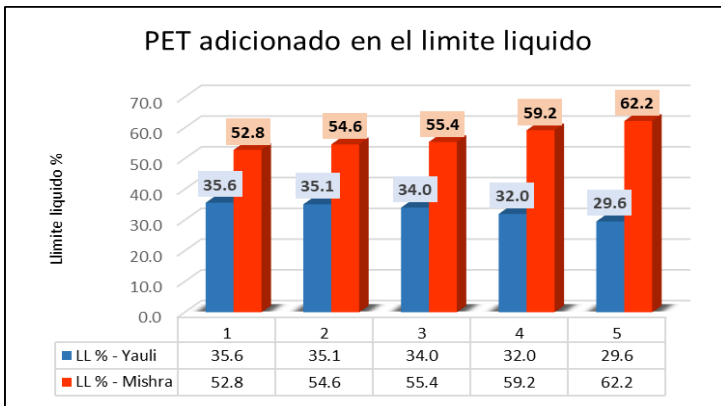


Figura 33. Valores de límites liquido vs Mishra y Kumar.

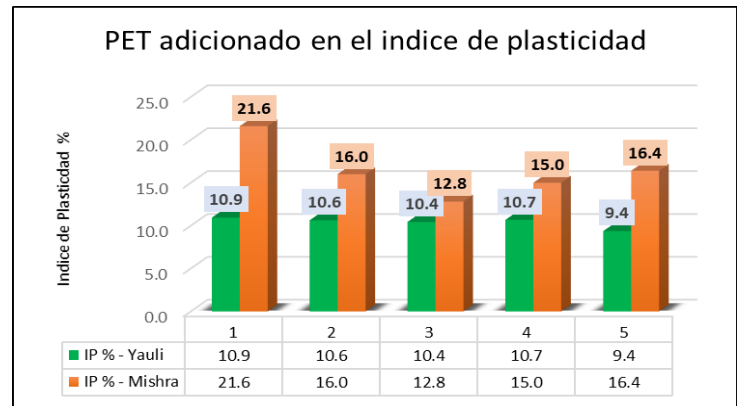


Figura 34. Valores de índice de plasticidad vs Mishra y Kumar.

Discusión 2: Asimismo en la presente investigación se determinó que los valores del OCH con la adición de PET triturado, donde se alcanza a reducir desde un 29.9% a 21.3% con el 10.0% de adición de PET triturado al suelo en estado natural, de esta manera discrepo con la investigación de Zenteno (2010), se puede llegar a observar el ligero incremento del O.C.H. que va desde un 14.5% hasta un 16.10% con 10.0% de adición, para este caso la característica del PET comprende pasante la malla N°4 y retenida en la N°10, aplicada a un tipo de suelo Arena Arcillosa – SC (SUCS), donde se obtuvo que el tipo de suelo contiene mucha cantidad de Arena (47.78%). Al añadir el PET triturado de similar característica no absorbe el contenido de agua esperado y asimismo poseer más superficie lisa en contacto no se adhiere al suelo como se desee.

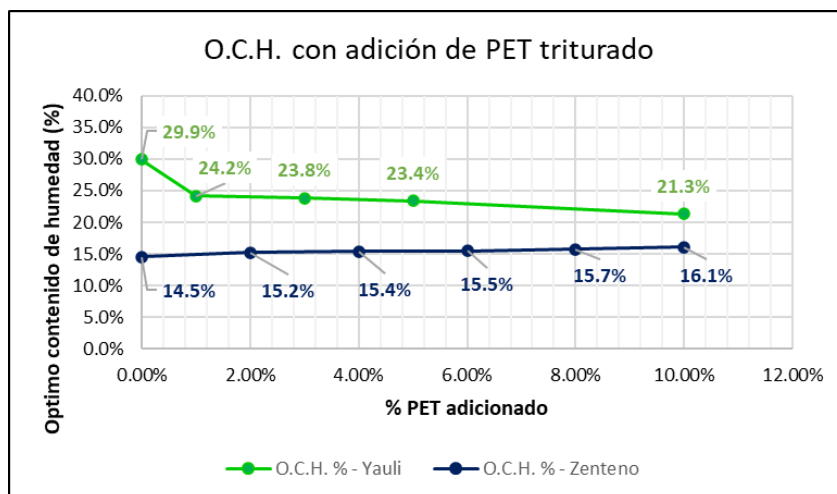


Figura 35. Valores de O.C.H. vs Zenteno.

Discusión 3: De igual manera en la presente investigación se determinó que los valores de la MDS con la adición de PET triturado, donde se puede apreciar el incremento del valor con el 10.0% de adición de 1.502 gr/cm³ a 1.705 gr/cm³, el aumento progresivo se debe al tipo de suelo en análisis que se clasifica como Limo Arenoso (ML) de mediana plasticidad, que de alguna u otra manera presenta mejor comportamiento al momento de compactar con un tipo de suelo, por lo que no concuerda con la investigación de Celi (2021), donde se puede apreciar el ligero descenso de los valores de la M.D.S. a medida que los porcentajes de adición se va aumentando (3.0%, 6.0%, 9.0%, 12.0% y 15.0%), esto sucede por la adición de finos de polímeros PET estuvo acompañada de polipropileno (PP) y polietileno (PE) tuvo como dimensiones pasante el tamiz N°8 y retenido en el tamiz N°30, aplicada a suelos clasifica como una Arena Limosa (SM) de plasticidad casi nula, con lo que la retención de humedad y la relación de vacíos mediante la compactación no se puede dar de mejor manera. La plasticidad y las características del suelo son esenciales al momento de realizar el ensayo de compactación, debido a que la reducción de vacíos y mejorar la densidad varía de acuerdo con el tipo de suelo analizado. En la presente investigación se ve el aumento progresivo ya que el tipo de suelo en análisis es un Limo Arenoso de mediana plasticidad, que de alguna u otra manera presenta mejor comportamiento al momento de compactar con un tipo de suelo Arena Limosa de casi nula plasticidad.

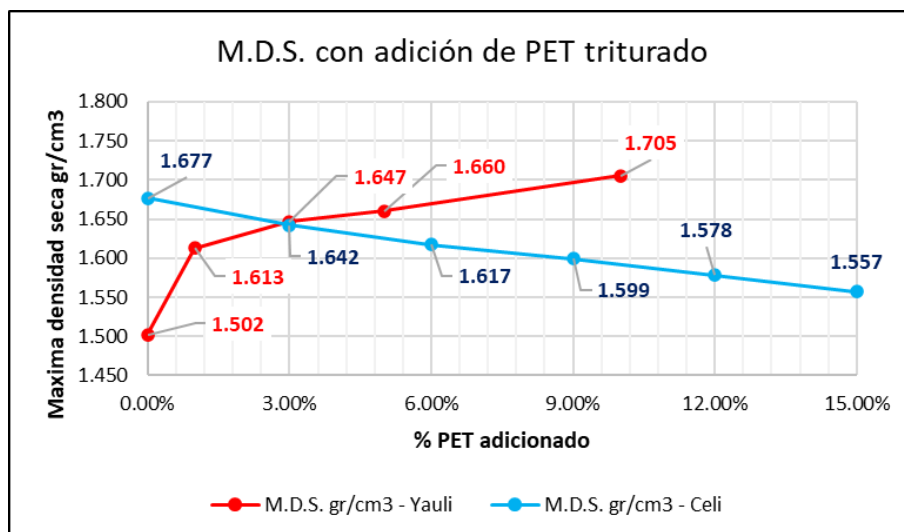


Figura 36. Valores de M.D.S. vs Celi.

Discusión 4: Asimismo en la presente investigación se determinó los valores de resistencia mediante el ensayo de C.B.R. incrementa con el 10.0% de adición de PET triturado al 95.0% de la M.D.S. que va desde 2.8% hasta 6.3%, caracterizándolo de un suelo de sub rasante de calidad baja a regular, viendo así su incremento en el valor de soporte de resistencia de acuerdo al tipo de suelo analizado, con lo que concuerdo con la investigación realizada por Capia (2020), donde los porcentajes de adición aplicada fueron 1.0%, 3.0% y 5.0%, de la cual la dosificación con mejor resultado y comportamiento fue del 3.0% de PET triturado, dando así valores satisfactorios de acuerdo a los tipos de suelo en las que se aplica la adición, que va desde 5.8% hasta 6.75% valor C.B.R, es así que también a este tipo de suelo se le caracteriza como un subrasante regular. Los valores de resistencia mediante el ensayo C.B.R. muestra el incremento en medida de que características tiene el PET triturado al momento de la adición, ya que al ser un material de agregado tipo fino, no aporta mayor resistencia como si lo hiciera un agregado granular o grueso, el incremento se satisface porque en ambas investigaciones se aplicó a suelos Arcillosos y Limosos las cuales tienen características similares, pero logrando el objetivo de mejorar suelos de subrasantes de calidad baja a regular, el cual ya puede ser aplicada para el diseño de una estructura de pavimento.

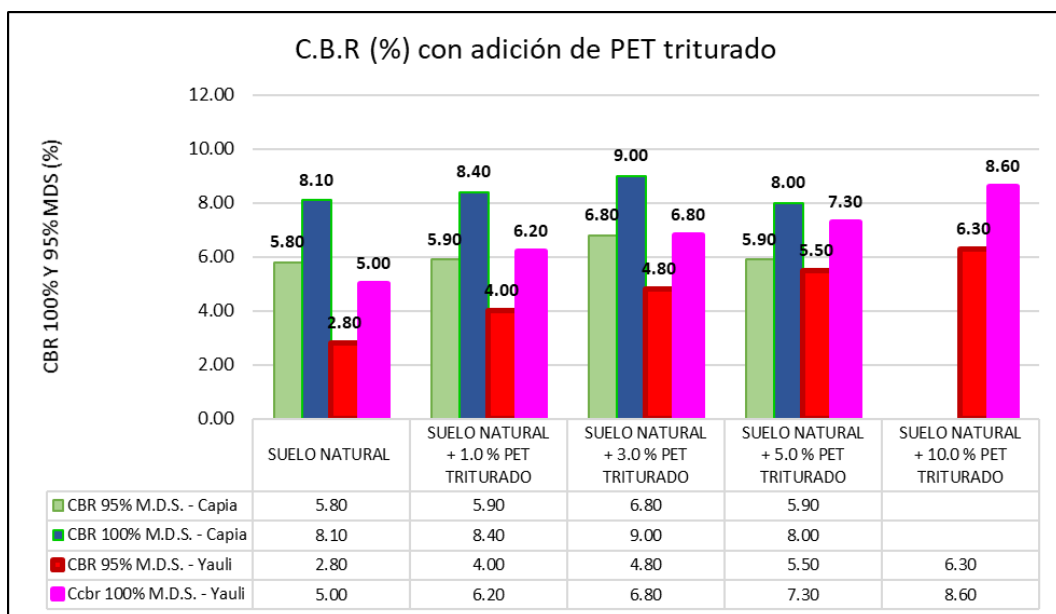


Figura 37. Valores de C.B.R. vs Capia.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: Se precisa que los resultados obtenidos para la adición del PET triturado influyen mejorando las propiedades físicas y mecánicas de calidad del suelo de la subrasante, debido a los porcentajes de adición aplicada las cuales fueron 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% de PET triturado, de la cual se determinó que el porcentaje de adición óptima fue del 10.0%, confirmando así que resulta de manera satisfactoria la estabilización de suelos en subrasantes de baja calidad.

Conclusión 2: Se verifica la influencia de la adición de PET triturado en los valores de plasticidad del suelo de baja calidad de la subrasante, debido a que el PET aplicado posee partículas pasantes de la malla N°40, con la adición del 10.0% el límite líquido se redujo de 35.6% a 29.6% y de la misma manera el índice plástico de 10.9% a 9.4% reflejando así la reducción en un 17.0% y 14.0% respectivamente, caracterizando al material como un suelo de mediana plasticidad.

Conclusión 3: Se confirma la influencia de la adición de PET triturado en porcentajes de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 10.0% reduce el O.C.H., que en estado natural se tiene 29.9% y con la adición del 10.0% se reduce a 21.3% reflejando así la reducción de hasta un 28.8%, con lo que se puede confirmar que una superficie rugosa del PET ayuda a absorber superficialmente el contenido de agua y así dar mejora densidad al suelo de subrasante adicionado.

Conclusión 4: Se determina la influencia de la adición de PET triturado mejora la M.D.S., que en estado natural se tiene un valor de 1.502 gr/cm³ e incrementa con el 10.0% de PET triturado hasta 1.705 gr/cm³ representando así el incremento de hasta un 13.5%, dando un indicativo que el valor de la capacidad de soporte de la subrasante de baja calidad mejora conforme va aumentando su valor de la M.D.S.

Conclusión 5: Se determina la influencia de la adición de PET triturado mejora la resistencia o capacidad de soporte C.B.R. al 95% de la M.D.S y a una penetración de 1" requerido en suelo de subrasante, se obtiene un C.B.R. inicial de 2.8% y un valor de 6.3% con el 10.0% de adición de PET triturado de la cual se puede ver que

el valor aumentar de forma favorable y satisfactoria que se representa en un 125.0%, pasando así de ser un suelo de subrasante de baja calidad (pobre e inadecuada) a una subrasante de calidad regular, según indica la norma de Pavimentos Urbanos CE.010 (2010) del Reglamento Nacional de Edificaciones, con lo que este valor repercutirá al momento de diseñar los diferentes espesores de una estructura de pavimento rígido.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda realizar investigaciones relacionadas a la adición o incorporación de PET triturado a suelos de material granular como son el tipo afirmado, subbase y base, y dar otra alternativa de estabilización en estos materiales.

Recomendación 2: Se recomienda tomar en consideración la adición del PET triturado en porcentajes mayores dependiendo del tipo de suelo a ser adicionado, con la finalidad de determinar el comportamiento en las diferentes propiedades de los suelos a nivel de subrasante.

Recomendación 3: Se recomienda realizar variaciones de las características de la adición de productos PET a nivel de subrasante, como por ejemplo en forma de fibra o también en polvos finos, para así lograr una mejora homogeneidad de acuerdo con el tipo de suelo en la que se desea aplicar la adición.

Recomendación 4: Se recomienda realizar como mínimo un estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación, para poder determinar las características fundamentales con las que cuenta un suelo a nivel de subrasante, porque de ello dependerá el porcentaje de adición óptima a usar.

Recomendación 5: Se recomienda continuar investigaciones relacionadas con productos reutilizables similares al PET, consiguiendo así reducir el impacto ambiental y contribuir a mantener el medio ambiente libre de plástico posible, y dar mejora aprovechamiento de estos materiales y que mejor en la estabilización de suelos.

REFERENCIAS

1. PACHECO BUSTOS, Carlos Albeiro et al. *Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión*. 2017, Vol. 35, n. 2. Bogotá: Ingeniería y desarrollo, pp. 533-555. ISSN: 0122-3461. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/852/85252030015.pdf>
2. HALL, M.R., NAJIM, K.B. y KEIKHAEI DEHDEZI P. *Soil stabilization and earth construction: materials, properties, and techniques*. UK: University of Nottingham, 2012. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090263500095?via%3Dihub>
3. ZENTENO ENRIQUEZ, Sidney Joaquin. *Efecto de la estabilización de suelos finos con Tereftalato de Polietileno como material de refuerzo en la estructura de Pavimentos Flexibles del distrito de Puno*. Puno, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8150>
4. CAPIA MAMANI, Cliver. *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca Caminaca*. Juliaca, 2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3156>
5. MARQUEZ MARTINEZ, Diana Karolina. *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón*. Piura, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2241>
6. CELI YANCHAPANTA, Kevin Adrián. *Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de Tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE)*. Ambato, 2021. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32376>

7. RAMIREZ TRIVIÑO, Valentina e HINCAPIE OLANO, Julio Cesar. *Evaluación CBR de sub-base granular mezclada con tereftalato de polietileno (PET); para uso en vías terciarias*. Pereira, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/17063>
8. AAQIB JAVED, Syed y CHAKRABORTY, Sudipta. *Effects of Waste Glass Powder on Subgrade Soil Improvement*. 2020. Dhaka: University of Science and Technology, pp. 30-42. EISSN 2392-2192. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340967394_Effects_of_Waste_Glass_Powder_on_Subgrade_Soil_Improvement
9. MANIKANTA I. Varshik et al. *Sustainable soil stabilization using plastic waste*. 2018, Vol.4. Telangana: Institute of Engineering and Technology, pp. 2062-2066. ISSN: 2454-132X. Disponible en: <https://www.ijariit.com/manuscripts/v4i2/V4I2-1915.pdf>
10. VEER SINGH, Sharan y DIXIT, Mahabir. *Stabilization of Soil by Using Waste Plastic Material: A review*. 2017, Vol. 6. New Delhi: Central Soil and Material Research Station, pp. 2204-2011. ISSN: 2319-8753. Disponible en: <https://docplayer.net/49067892-Stabilization-of-soil-by-using-waste-plastic-material-a-review.html>
11. ARULRAJAH, Arul, Perera, S., CHOY WONG, Yat et al. *Stabilization of PET plastic-demolition waste blends using fly ash and slag-bases geopolymers in light traffic road bases/subbases*. 2021. Melbourne: University of Technology, pp. 1-14. ISSN: 0950-0618. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821005699?via%3Dihub>
12. ZHAO, Zifeng, XIAO, Feipeng y AMIRKHANIAN, Serji. *Recent applications of waste solid materials in pavement engineering*. 2020. Shanghai, pp. 78-105. ISSN: 0956-053X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.024>

13. MISHRA, Brajesh y KUMAR GUPTA, Mohit. *Use of randomly oriented polyethylene terephthalate (PET) fiber in combination with fly ash in subgrade of flexible pavement*. 2018, Uttar Pradesh, pp. 95-107. ISSN: 0950-6018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.074>
14. BELTRAN RICO, Maribel y MARCILLA GOMIS, Antonio. (2018) *Tecnología de polímeros procesado y propiedades*. España: Publicaciones Universidad de Alicante. ISBN: 978-87-8717-232-5. Disponible en: <https://n9.cl/qix2e>
15. CRAWFORD, R., WEBB, H., AMOTT, J. & IVANOVA, E. (2013). *Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly (ethylene terephthalate)*. ISSN: 2073-4360. Disponible en: <https://www.mdpi.com/journal/polymers>
16. *La clasificación de los plásticos* [en línea] [fecha de consulta: 29 noviembre 2021]. Disponible en: <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>
17. *Historia del PET* [en línea] [fecha de consulta: 29 noviembre]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/historia-del-pet-2561181.htm>
18. *¿Qué es Polietileno Tereftalato?* [en línea] [fecha de consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: https://web.archive.org/web/20200125010531/http://sma.edomex.gob.mx/que_es_polietilenotereftalato
19. SHERWELL BETANCOURT, Guillermo Francisco. *Estudio del uso de polietileno tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructura terreas conformadas por suelo fino*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2014. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0708141/0708141.pdf>

20. RAMIREZ JIMENEZ, Lina Marcela. *Pavimentos con polímeros reciclados*. Tesis de pregrado, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Envigado, 2011. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/264>
21. VASUDEVAN, R. et al. *A technique to dispose waste plastics in an ecofriendly way – Application in construction of flexible pavements*. 2012. *Construction and Building Materials*, Vol. 28 (1), pp. 311-320. ISSN: 0950-0618. Disponible en: <https://n9.cl/inxz0>
22. ARTEAGA VILLAMARIN, Jefferson Fernando. *Análisis del comportamiento de la base-cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado*. Tesis de pregrado. Universidad Católica de Colombia, 2018. [Consultado 30 noviembre 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/16406>
23. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Sección: Suelos y Pavimentos, pág. 107.
24. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Norma Técnica C.E. 010 Pavimentos Urbanos*.
25. MONTEJO FONSECA, Alfonso. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras. Cap. 4 “Estabilización de suelos”*, pág. 75.
26. RONDON QUINTANA, Hugo Alexander y REYES LIZCANO, Fredy Alberto. (2015). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. 1ª. Ed., pág. 348.
27. CORONADO ITURBIDE, Jorge. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Cap. 4.
28. MONTEJO FONSECA, Alfonso. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras. Cap. 4 “Estabilización de suelos”*, pág. 9.

29. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Norma Técnica C.E. 010 Pavimentos Urbanos*.
30. INDECOPI, NTP 339.127 (1998). *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*.
31. Manual de Ensayo de Materiales – MTC (2017). *Determinación del contenido de humedad de un suelo – MTC E 108*.
32. TERZAGHI, Karl y PECK, Ralph B. (1973). *Mecánica de Suelos en la ingeniería práctica*. 2da ed., pág. 18.
33. DAS, Braja M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. 4ta ed., pág.33.
34. INDECOPI, NTP 339.128 (1998). *Método de ensayo para el análisis granulométrico*.
35. CRESPO VILLALAZ, Carlos. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed., pág. 69.
36. DAS, Braja M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. 4ta ed., pág.35.
37. TERZAGHI, Karl y PECK, Ralph B. (1973). *Mecánica de Suelos en la ingeniería práctica*. 2da ed., pág. 31.
38. JUAREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. (2005). *Mecánica de suelos*. Tomo 1, pág. 132.
39. DAS, Braja M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. 4ta ed., pág.65.

40. Manual de Ensayo de Materiales – MTC (2017). *Determinación del límite líquido plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) – MTC E 111.*
41. BAÑÓN BLAZQUES, Luis y BEVIA GARCIA, José F. (2010). *Manual de Carreteras Construcción y Mantenimiento*. Vol.2, cap. 15, pág. 20.
42. DAS, Braja M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. 4ta ed., pág.78.
43. CAMPOS RODRIGUEZ, Jorge y GUARDIA NIÑO DE GUZMAN, German Marcelo. (2005). *Apoyo didáctico al aprendizaje de la mecánica de suelos mediante problemas resueltos*. Pág. 90.
44. Manual de Ensayo de Materiales – MTC (2017). *Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado) – MTC E 115.*
45. INDECOPI, NTP 339.141 (1999). *Relación humedad-densidad por método de Proctor modificado.*
46. Manual de Ensayo de Materiales – MTC (2017). *CBR de suelos (laboratorio) – MTC E 132.*
47. INDECOPI, NTP 339.145 (1999). *Determinación del CBR (California Bearing Ratio – valor soporte de California) medido en muestras compactadas en laboratorio.*
48. DIAZ CARRASCO, Sergio. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Edit. San Marcos, pág. 49.
49. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. 6a. ed., pág. 4.

50. VARA HORNA, Arístides Alfredo. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. 3a. ed., pág. 211.
51. BERNAL TORRES, Cesar Augusto. (2010). *Metodología de la investigación*. 3a. ed., pág. 146.
52. DIAZ CARRASCO, Sergio. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Edit. San Marcos, pág. 41.
53. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. 6a. ed., pág. 95.
54. BORJA JUAREZ, Manuel. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Pág. 23.
55. DIAZ CARRASCO, Sergio. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Edit. San Marcos, pág. 226.
56. VARA HORNA, Arístides Alfredo. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. 3a. ed., pág. 221.
57. BERNAL TORRES, Cesar Augusto. (2010). *Metodología de la investigación*. 3a. ed., pág. 161.
58. VARA HORNA, Arístides Alfredo. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. 3a. ed., pág. 225.
59. LANZETTA, Darío y MALEGARIE, Jessica. (2013). *Iniciándonos en el mundo de la investigación*. Cuaderno de catedra N°4, pág. 15.
60. ZORRILLA ARENA, Santiago y TORRES XAMMAR, Miguel. (1992). *Guía para elaborar la tesis*. 2a. ed., pág. 66.

61. BAENA PAZ, Guillermina. (2017). *Metodología de la investigación*. Editorial Patria, 3a. ed., pág. 68.

62. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. 6a. ed., pág. 200.

63. DIAZ CARRASCO, Sergio. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Edit. San Marcos, pág. 339.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

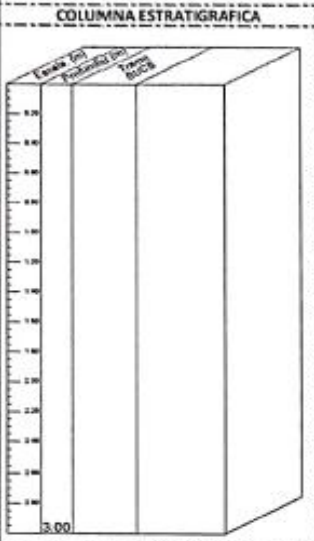
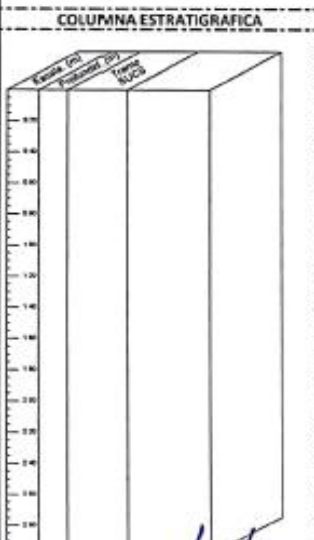
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Variable independiente (x) PET triturado	Está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y el 13% de aire. (Sherwell, 2014, p. 20)	La variable independiente que es el plástico triturado PET, tiene dos dimensiones, tres indicadores y un instrumento con la que será medido.	Dosificación	1%, 3%, 5% y 10% PET	Razón
			Fibra PET	Dimensiones del PET	Razón
Variable dependiente (y) Subrasantes de baja calidad	La subrasante es definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un sistema de pavimento. Estas propiedades de los suelos que constituyen la subrasante son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento. (Coronado, 2002, cap 4 p. 2)	La variable dependiente tiene 3 dimensiones y 4 indicadores los cuales tienen un instrumento con la que serán medidos.	Plasticidad - Límites de consistencia	Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad	Intervalo - Nominal
			Grado de compactación	Óptimo contenido de humedad (OCH)	Razón
				Máxima densidad seca (MDS)	Razón
Resistencia mecánica	Capacidad de soporte del suelo	Intervalo - Nominal			

Anexo 2. Matriz de consistencia.

Problema General	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Metodología
¿En qué medida la adición con PET triturado influye en el mejoramiento de la calidad de las subrasantes en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021?	Evaluar cómo influye la adición con PET triturado en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021.	La adición con PET triturado influye en el mejoramiento de la calidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.	Variable independiente (x) PET triturado	Dosificación	1%, 3%, 5% y 10% PET	Balanza de medición de peso.	Tipo de investigación: Aplicada. Enfoque de investigación: Cuantitativo. El diseño de la investigación: Experimental - Cuasiexperimental. El nivel de la investigación: Descriptiva - Explicativo. Población: Suelos extraído de las 03 calicatas del Jr. Mantaro. Muestra: 1 calicata con presencia de subrasante de baja calidad. Muestreo: No probabilístico intencional.
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis Específicas:		Dimensiones	Indicadores	Instrumento	
¿Cómo influye la adición de PET triturado en la plasticidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021?	Determinar la influencia de la adición con PET triturado en la plasticidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.	El PET triturado en la plasticidad de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.		Variable dependiente (y) Subrasantes de baja calidad	Plasticidad - Límites de consistencia	Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad	
¿Cómo influye la adición de PET triturado en el óptimo contenido de humedad en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021?	Determinar la influencia de la adición con PET triturado en el óptimo contenido de humedad en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.	El plástico PET triturado en el óptimo contenido de humedad en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.	Grado de compactación		Óptimo contenido de humedad (OCH)	Ensayo Proctor modificado ficha técnica	
¿Cómo influye la adición de PET triturado en la máxima densidad seca en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021?	Determinar la influencia de la adición con PET triturado en la máxima densidad seca en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.	El plástico PET triturado en la máxima densidad seca en las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.			Máxima densidad seca (MDS)		
¿Cómo influye la dosificación de adición con PET triturado en las propiedades de resistencia de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021?	Analizar la influencia de la dosificación con PET triturado en las propiedades de resistencia de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.	La dosificación con PET triturado en las propiedades de resistencia de las subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari – Cusco, 2021.	Resistencia mecánica		Capacidad de soporte del suelo	Ensayo CBR en laboratorio ficha técnica	

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos.

1. Ficha de inspección de campo.

DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELOS PROCEDIMIENTO VISUAL - MANUAL (NTP 339.150)			
PROYECTO LUGAR FECHA TIPO DE OBRA <input type="checkbox"/> EDIFICACION <input type="checkbox"/> VIALES <input type="checkbox"/> SANEAMIENTO O RIEGO	Realizado por: Revisado V"B*		
PARTE DE LA EXPLORACIÓN			
<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> COLUMNA ESTRATIGRAFICA  </div>	COORDENADAS UTM WGS 84 NORTE (m) : ESTE (m) : COTA (m) :		
ESTRATO ESPESOR (M) COLOR TIPO características: _____ _____ _____			
ESTRATO ESPESOR (M) COLOR TIPO características: _____ _____ _____			
ESTRATO ESPESOR (M) COLOR TIPO características: _____ _____ _____			
Napa freatica: Otros: _____ _____ _____		CODIGO DE EXPLORACIÓN: _____	
TOTAL DE MUESTRAS : _____ ALTURA TOTAL DE LA EXPLORACIÓN (m): _____			
PARTE DE LA EXPLORACIÓN			
<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> COLUMNA ESTRATIGRAFICA  </div>	COORDENADAS UTM WGS 84 NORTE (m) : ESTE (m) : COTA (m) :		
ESTRATO ESPESOR (M) COLOR TIPO características: _____ _____ _____			
ESTRATO ESPESOR (M) COLOR TIPO características: _____ _____ _____			
ESTRATO ESPESOR (M) COLOR TIPO características: _____ _____ _____			
Napa freatica: Otros: _____ _____ _____		CODIGO DE EXPLORACIÓN: _____	
TOTAL DE MUESTRAS : _____ ALTURA TOTAL DE LA EXPLORACIÓN (m): _____			



 Reddy Ayala Ramos
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 254589


 ASRI CONSTRUCTORA E INVERSIONES S.A.C.
 SERGIO LUIS CALDERON BERROSPÍ
 C.I.P. N° 149061
 AREA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS


 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 O.P. N° 131454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

2. Ficha de dosificación del PET en laboratorio.

DOSIFICACIÓN DE LA ADICIÓN DEL PET (%)											
Proyecto :											
Solicitante :		Region :									
Calicata :		Provincia :									
Estrato :		Distrito :									
Fecha :		Lugar :									
CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127, ASTM D-2216)											
UBICACIÓN											
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD											
	RECIPIENTE	Nº			OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL PROCTOR						
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr									
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr									
3	PESO RECIPIENTE	gr									
4	PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr									
5	PESO SECO DE LA MUESTRA	gr									
6	CONTENIDO DE HUMEDAD	%									
7	CONTENIDO DE HUMEDAD	%									
<p>Peso seco = Peso humedo / (1+ w%)</p> <p>Para una bandeja de ensayo proctor = g</p> <p>Peso seco= peso x ensayo (04 puntos)</p> <p>1% PET = =</p> <p>3% PET= =</p> <p>5% PET= =</p> <p>10% PET= =</p> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 80%;">total de PET para Ensayo de Proctor Modificado</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">g</td> </tr> </table> <p>Para una bandeja de ensayo CBR = g</p> <p>Peso seco= peso x ensayo (03 puntos)</p> <p>1% PET = =</p> <p>3% PET= =</p> <p>5% PET= =</p> <p>10% PET= =</p> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 80%;">total de PET para Ensayo de CBR en laboratorio</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">g</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 80%;">Total de PET a usar en la dosificación</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">g</td> </tr> </table>						total de PET para Ensayo de Proctor Modificado	g	total de PET para Ensayo de CBR en laboratorio	g	Total de PET a usar en la dosificación	g
total de PET para Ensayo de Proctor Modificado	g										
total de PET para Ensayo de CBR en laboratorio	g										
Total de PET a usar en la dosificación	g										



Freddy Ayala Ramos
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 254589



ASIRI CONSTRUCTORA E INVERSIONES S.A.C.
SERGIO LUIS CALDERON BERROSPI
 C.I.F. N° 149051
 AREA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



Ing. Maxvil Anthony Morote Arias
 CIP N° 132654
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

3. Ficha de ensayo limite líquido y limite plástico en laboratorio.

	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)	CC.LAB-01-F2 Revisión: 1 Fecha: 28/10/2021 Página: 1 de 2
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		
Proyecto :		
Solicitante :		Region :
Calicata :		Provincia :
Estrato :		Distrito :
Fecha :		Lugar :
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)		
LATA		
PESO DE LATA grs		
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)		
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)		
PESO DEL AGUA (gr)		
PESO DEL SUELO SECO (gr)		
% DE HUMEDAD		
NUMERO DE GOLPES		
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)		
LATA		
PESO DE LATA grs		
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)		
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)		
PESO DEL AGUA (gr)		
PESO DEL SUELO SECO (gr)		
% DE HUMEDAD		
% PROMEDIO		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LL (%) =		
LP (%) =		
IP = LL-LP (%) =		
*LL = Límite líquido *LP = Límite Plástico *IP = Índice de Plasticidad *NP = No plástico		
DIAGRAMA DE FLUIDEZ	CARTA DE PLASTICIDAD	

4. Ficha de ensayo de granulometría por tamizado en laboratorio.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 102, MTC E 204) ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (HIP 139.134, ASTM D 422)		CC.IAS.01-P2 Versión: 1 Fecha: 28/10/2023 Página: 2 de 2					
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO : _____							
CLIENTE : _____ Calle: _____ Estrato: _____ Fecha: _____	Región: _____ Provincia: _____ Distrito: _____ Lugar: _____						
DATOS DE LA MUESTRA							
Peso seco Inicial (gr)	Peso Inicial Seco:	Pérdida por lavado (gr)					
ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254)							
TAMIZ ASTM	MTC E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETIENIDO AJUSTADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
4"						Ensayos de Plasticidad Límite Líquido (LL) Límite Plástico (LP) Índice Plástico (IP) Ensayos Estándar Porcentaje de Gravas % Porcentaje de Arenas % Porcentaje de Fina % Coeficientes de Uniformidad y Curvatura Cu(mm) Cc(mm) Cu(mm) Cc(mm) Cu(mm) Cc(mm) Cc Cu(mm) Cc(mm) Cc Clasificación de Suelos AASHTO SUCS	
2"	76.200						
2 10"	63.500						
2"	55.800						
1 10"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						
Nº 6	2.360						
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425						
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150						
Nº 200	0.075						
CURVA GRANULOMÉTRICA							
 Freddy Ayala Ramos INGENIERO CIVIL CIP N° 254583		 ASRI CONSTRUCTORA E INGENIERIA S.A.C. SERGIO LUIS CALDERON BERROSPI C.I.P N° 149061 AREA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		 INGENIERIA MAX Ing. Maxwell Anthony Morote Arias CIP N° 115244 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS			

5. Ficha de ensayo de Proctor modificado en laboratorio.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO		CC.LAB.01-F3				
		Revisión: 1	Fecha: 07/12/2021			
MTC E115 - ASTM D1557 - AASHTO T180		Página: 1 de 1				
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS						
PROYECTO:						
CLIENTE:		Región:				
Calicata:		Provincia:				
Estrato:		Distrito:				
Fecha:		Lugar:				
DATOS DE LA MUESTRA						
Molde Numero.	Volumen Molde	cm3.	Numero de capas			
Metodo de Compactación	Peso Molde	gr	Numero de golpes			
Equipo de compactación : Manual		Ø del Molde				
NUMERO DE ENSAYOS						
		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr					
Peso Suelo Humedo Compactado	gr					
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm3					
Recipiente Numero						
Peso Suelo Humedo + Tara	gr					
Peso Suelo Seco + Tara	gr					
Peso de la Tara	gr					
Peso del agua	gr					
Peso del suelo seco	gr					
Contenido de agua	%					
Densidad Seca	gr/cm3					
RESULTADOS						
Densidad Máxima Seca		gr/cc.	Humedad óptima			%
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA						
 Freddy Ayala Ramos INGENIERO CIVIL CIP N° 254589		 SERGIO LUIS CALDERON BERROSPI C.I.P N° 149051 AREA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
 ASRI CONSTRUCTORA INVERSIONES S.A.C.		 Ing. Maxwil Anthony Morije Arias CIP N° 12245 ESPECIALISTA EN RESISTENCIA DE CONCRETO Y PAVIMENTOS				

Anexo 4. Validez

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del especialista: Maxwell Anthony Morote Arias
 Centro de labores: INGENIERIA GEOTECNIA ALIADADO
 Especialidad: GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Instrumento de evaluación: Contenido de humedad natural, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo de Proctor modificado y ensayo de CBR en laboratorio.
 Autor (s) del instrumento (s): Yauli Cardenas, Roy Nelson

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)


CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems se mencionan con lenguaje técnico apropiado y libre de ambigüedades en concordancia con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Los ítems del instrumento y sus indicaciones permiten recoger la información objetiva sobre la variable: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD" en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	Los instrumentos demuestran vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD"					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems de los instrumentos muestran organización lógica, definición conceptual y operacional respecto a las variables, de modo que permiten hacer inferencias en las hipótesis, problemas y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems de los instrumentos son idóneos en cantidad y calidad de acuerdo con las variables, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems de los instrumentos son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información recolectada a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD".					X
METODOLOGÍA	La relación entre las técnicas y los instrumentos propuestos cumplen con la objetividad la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Ayacucho, 08 de diciembre de 2021



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
 CPN N° 120354
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del especialista: CALDERON BERROSPÍ, SERGIO LUIS
 Centro de labores: AGIRI CONSTRUCTORA E INVERSIONES S.A.C.
 Especialidad: ESPECIALISTA EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Instrumento de evaluación: Contenido de humedad natural, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo de Proctor modificado y ensayo de CBR en laboratorio.
 Autor (s) del instrumento (s): Yauli Cardenas, Roy Nelson

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems se mencionan con lenguaje técnico apropiado y libre de ambigüedades en concordancia con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Los ítems del instrumento y sus indicaciones permiten recoger la información objetiva sobre la variable: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD" en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	Los instrumentos demuestran vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD"				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems de los instrumentos muestran organización lógica, definición conceptual y operacional respecto a las variables, de modo que permiten hacer inferencias en las hipótesis, problemas y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems de los instrumentos son idóneos en cantidad y calidad de acuerdo con las variables, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems de los instrumentos son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información recolectada a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD".				X	
METODOLOGÍA	La relación entre las técnicas y los instrumentos propuestos cumplen con la objetividad la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 43

Ayacucho, 02HO de NOVIEMBRE de 2021

 ASIR CONSTRUCTORA E INVERSIONES S.A.C.
 SERGIO LUIS CALDERON BERROSPÍ
 C.I.P. N° 149061
 AREA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del especialista: AYALA RAMOS, FREDDY
 Centro de labores: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACAYCASA
 Especialidad: RESIDENTE DE OBRA

Instrumento de evaluación: Contenido de humedad natural, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo de Proctor modificado y ensayo de CBR en laboratorio.

Autor (s) del instrumento (s): Yauli Cardenas, Roy Nelson

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)


CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems se mencionan con lenguaje técnico apropiado y libre de ambigüedades en concordancia con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Los ítems del instrumento y sus indicaciones permiten recoger la información objetiva sobre la variable: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD" en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	Los instrumentos demuestran vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD"					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems de los instrumentos muestran organización lógica, definición conceptual y operacional respecto a las variables, de modo que permiten hacer inferencias en las hipótesis, problemas y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems de los instrumentos son idóneos en cantidad y calidad de acuerdo con las variables, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems de los instrumentos son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información recolectada a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: "PET" y "SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD".					X
METODOLOGÍA	La relación entre las técnicas y los instrumentos propuestos cumplen con la objetividad la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

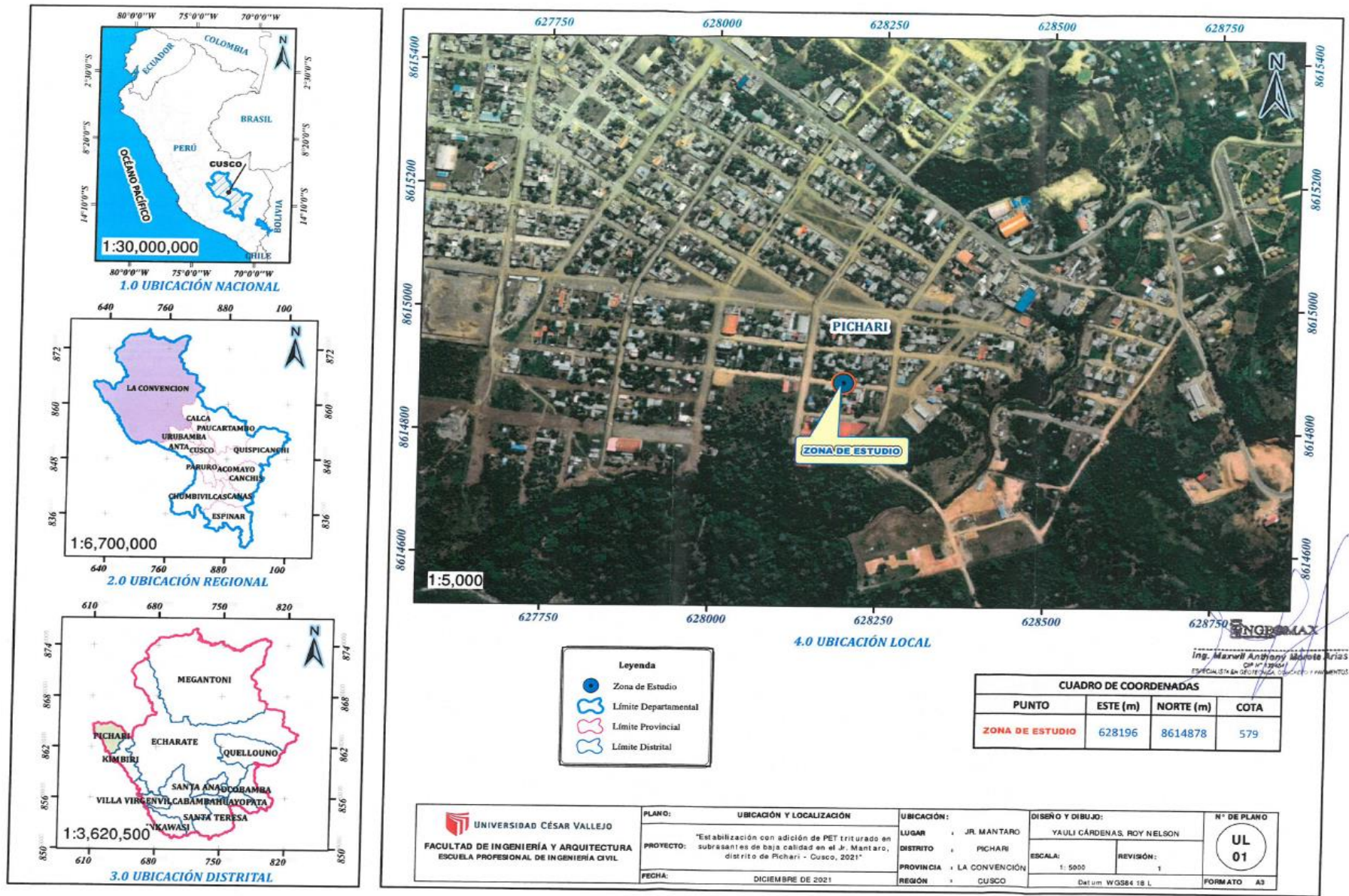
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 44

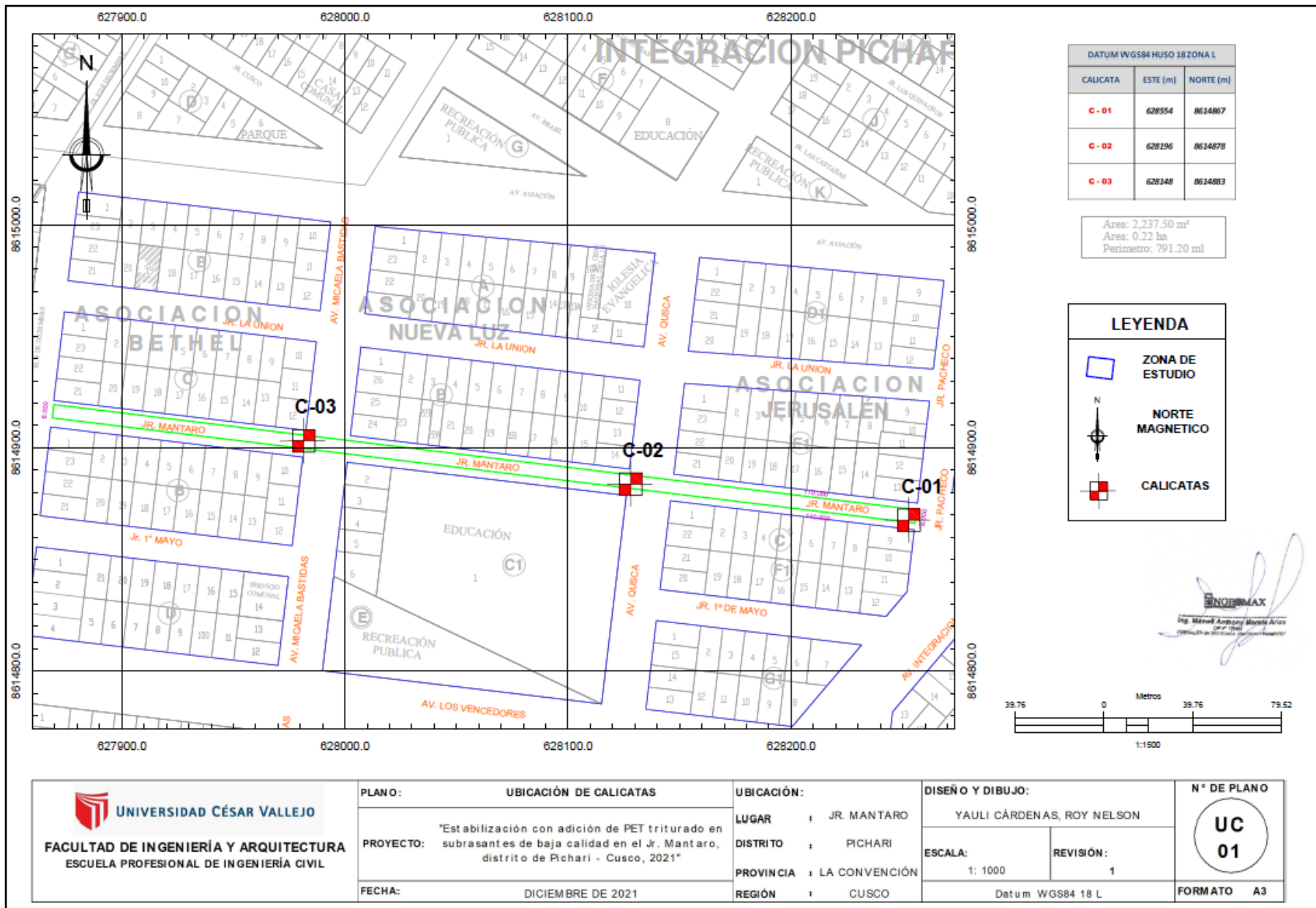
Ayacucho, 09 de diciembre de 2021


 Freddy Ayala Ramos
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 254589

Anexo 5. Mapas y Planos

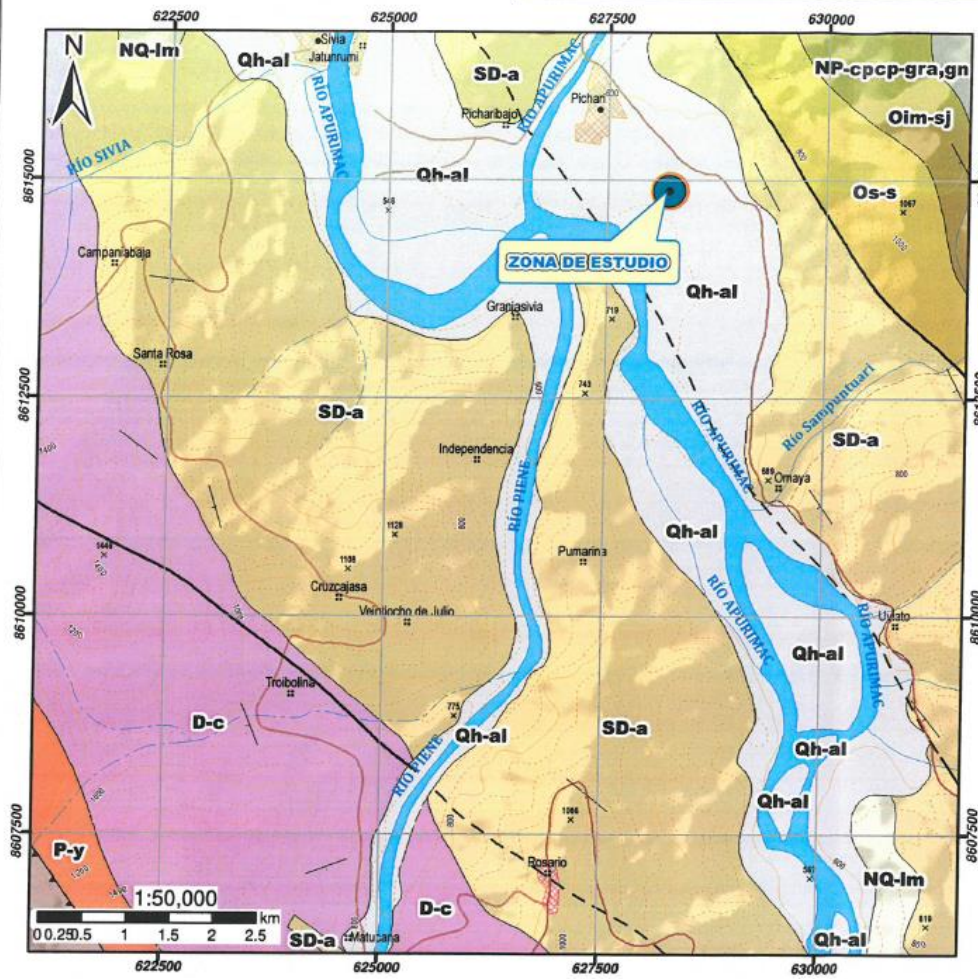


Plano de ubicación y localización de la zona de estudio.



Plano de ubicación de calicatas de exploración.

MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO



ERA		PERIODO		EPOCA		SUBEPOCA		ETAPA	
CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito aluvial	Qh-al	Fragmentos peltolíticos, heterométricos en matriz arenolítica					
CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Fonación La Merced	NQ4m	Conglomerados peltolíticos heterométricos, arenolíticos					
		ROCIENO	Formación Yahuanga	Py	Areniscas y lutitas rojas con niveles de biolitas algarcasas				
CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Formación Toltas	Ppat	Areniscas gruesas con laminación ondulada intercalada con arenas y lutitas rojas					
		MESOCENO	TRIASICO	Grupo Mito	PE5m	Areniscas macizas, conglomeradas, lutas y lavas andesíticas			
MESOCENO	CRETACEO	Formación Casapalana	PE4c	Areniscas cuarcosas intercaladas con calizas y calizas marlicas					
		PALEOCENO	Formación Casapalana	PE4c	Lutitas intercaladas con areniscas oscuras de grano medio en capas gruesas y areniscas calizas				
MESOCENO	CRETACEO	Grupo Ambo	Cma	Areniscas cuarcosas intercaladas con niveles de limonitas					
		PALEOCENO	Formación Casapalana	D-c	Areniscas cuarcosas intercaladas con limonitas gris oscuras con presencia de folios				
MESOCENO	CRETACEO	Formación Ananea	SD-a	Pírcas, litas intercaladas con capas delgadas de cuarcas gris oscuras					
		PALEOCENO	Formación Senda	Os-s	Areniscas cuarcosas y cuarcas limosas con laminación ondulada paralela a la superficie y ripple marks				
MESOCENO	CRETACEO	Grupo San José	Oim-sj	Limonitas rojizas intercaladas con areniscas de grano fino a medio y limonitas con presencia de folios					
		PALEOCENO	Formación Casapalana	NP-cm-flasq	Folios, Esquistos				
MESOCENO	CRETACEO	Formación Casapalana	NP-cm-qil	Arbolitos					
		PALEOCENO	Formación Casapalana	NP-cpcp-gra,gn	Grudulas, Gries				

SIMBOLOGÍA	
	Zona de Estudio
	Curva maestra
	Curva secundaria
	Falla
	Eje de anticlinal
	Eje de sinclinal
	Rfb y Bz de estratos
	DRENAJE
	Río principal
	Quebrada

INGEOMAX
 Ing. Mervell Anthony Monzó Arias
 DGP N° 172454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA CONSULTOR Y PROYECTISTA

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PLANO: GEOLOGÍA REGIONAL - CUADRÁNGULO 26 N
 PROYECTO: "Estabilización con adición de PET triturado en subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021"
 FECHA: DICIEMBRE DE 2021

UBICACIÓN:
 LUGAR : JR. MANTARO
 DISTRITO : PICHARI
 PROVINCIA : LA CONVENCIÓN
 REGIÓN : CUSCO

DISEÑO Y DIBUJO:
 YAU LI CÁRDENAS, ROY NELSON
 ESCALA: 1:50 000
 REVISIÓN: 1
 Datum WGS84 18 L

N° DE PLANO
GEO 01
 FORMATO A3

Plano geológico regional de la zona de estudio.

Anexo 6. Panel fotográfico



Imagen 1. Vista de la calicata C-01.



Imagen 2. Vista del material extraído de la calicata C-01.

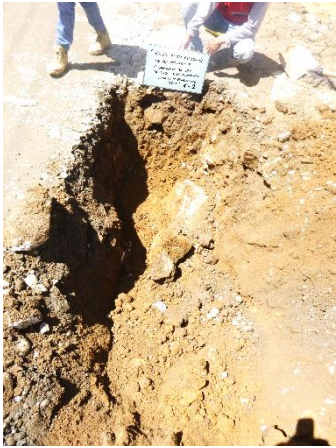


Imagen 3. Vista de la calicata C-02.



Imagen 4. Vista del material extraído de la calicata C-02.



Imagen 5. Vista de la calicata C-03.



Imagen 6. Vista del material extraído de la calicata C-03.



Imagen 7. Vista panorámica de la calicata C-01.



Imagen 8. Vista panorámica de la calicata C-02.



Imagen 9. Vista panorámica de la calicata C-03.



Imagen 10. Vista panorámica del Jr. Mantaro.



Imagen 11. Vista panorámica del Jr. Mantaro.



Imagen 12. Vista panorámica del Jr. Mantaro.



Imagen 13. Vista de recolección de botellas PET en el distrito de Pichari.



Imagen 14. Vista de recolección de botellas PET en el distrito de Pichari.



Imagen 15. Vista de recolección de botellas PET en el distrito de Pichari.



Imagen 16. Vista de recolección de muestras.



Imagen 17. Vista de recolección de muestras.



Imagen 18. Vista de recolección de muestras.



Imagen 19. Vista de cuarteo de la calicata C-01.



Imagen 20. Vista del ensayo de granulometría por tamizado de la calicata C-01.



Imagen 21. Vista del ensayo de limite liquido de la calicata C-01.



Imagen 22. Vista de cuarteo de la calicata C-02.



Imagen 23. Vista del ensayo de granulometría por tamizado de la calicata C-02.



Imagen 24. Vista del ensayo de limite liquido de la calicata C-02.



Imagen 25. Vista de cuarteo de la calicata C-03.



Imagen 26. Vista del ensayo de granulometría por tamizado de la calicata C-03.



Imagen 27. Vista del ensayo de limite liquido de la calicata C-03.



Imagen 28. Vista del ensayo de Proctor modificado en suelo natural de la calicata C-02.



Imagen 29. Vista del ensayo de C.B.R. en suelo natural de la calicata C-02.

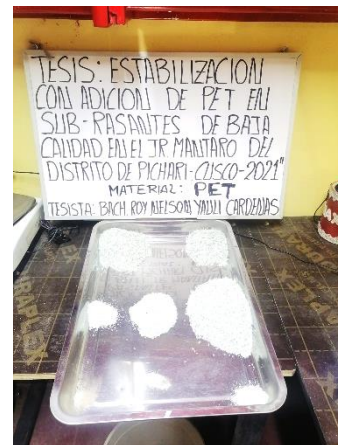


Imagen 30. Vista del ensayo de granulometría por tamizado de PET triturado.



Imagen 31. Vista del ensayo de limite liquido con adición de 1.0% de PET triturado.



Imagen 32. Vista del ensayo de limite liquido con adición de 3.0% de PET triturado.



Imagen 33. Vista del ensayo de limite liquido con adición de 5.0% de PET triturado.

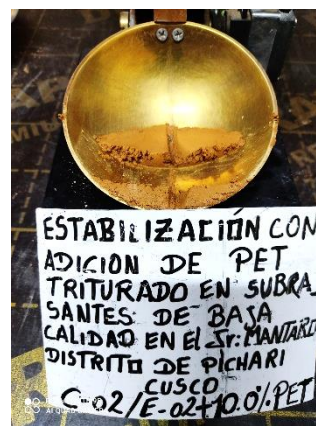


Imagen 34. Vista del ensayo de limite liquido con adición de 5.0% de PET triturado.



Imagen 35. Vista del ensayo de Proctor modificado con adición de 1.0% de PET triturado.



Imagen 36. Vista del ensayo de Proctor modificado con adición de 3.0% de PET triturado.



Imagen 37. Vista del ensayo de Proctor modificado con adición de 5.0% de PET triturado.



Imagen 38. Vista del ensayo de Proctor modificado con adición de 10.0% de PET triturado.



Imagen 39. Vista del ensayo de C.B.R. con adición de 1.0% de PET triturado.



Imagen 40. Vista del ensayo de C.B.R. con adición de 3.0% de PET triturado.



Imagen 41. Vista del ensayo de C.B.R. con adición de 5.0% de PET triturado.



Imagen 42. Vista del ensayo de C.B.R. con adición de 10.0% de PET triturado.



Imagen 43. Vista de juego de tamices en laboratorio INGEOMAX S.A.C.



Imagen 44. Vista del ensayo de C.B.R. en laboratorio INGEOMAX S.A.C..



Imagen 45. Vista del ensayo de C.B.R. en laboratorio INGEOMAX S.A.C.

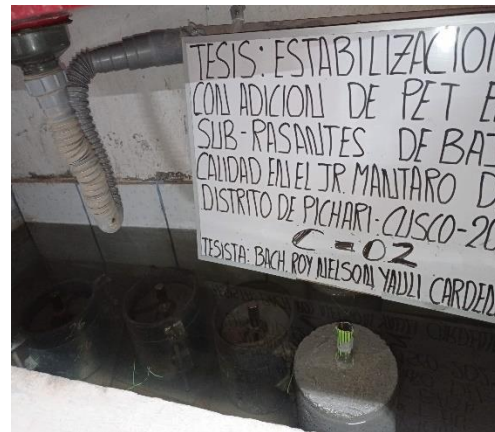


Imagen 46. Vista de moldes de C.B.R. sumergido en agua.



Imagen 47. Vista de las muestras después del ensayo de C.B.R. en laboratorio INGEOMAX S.A.C.



Imagen 48. Vista de las muestras para ensayo de Proctor modificado en laboratorio INGEOMAX S.A.C.

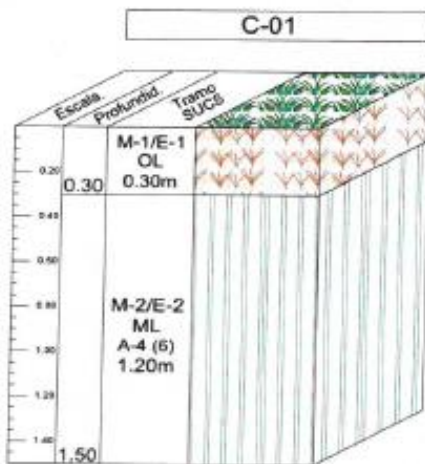
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

Solicitante:	TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS	Profundidad de exploración:	0.00m - 1.50m
Calicata:	C - 01	Nivel de exploración	Sub rasante Natural
Estrato:	Sub rasante Natural	Nivel freático:	No se encontró a la excavación.
Fecha:	DICIEMBRE DE 2021	Realizado por:	ROY N. YAULI CARDENAS
Ubicación:	JR MANTARO / PICHARI / LA CONVENCION / CUSCO	Revisado por:	Ing. Maxwil A. Morote Arias

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS - EXPLORACIÓN

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COORDENADAS : DATUM WGS84 HUSO 18 ZONA 1 E=628554m N=8614867m



DESCRIPCION: De 0.00m a 0.30m
Depósito conformado por arcillas orgánicas, color marrón gris con bastante arena y pequeña cantidad de grava, con presencia de raíces insipientes, material suelto, estrato que se recomienda eliminar.

De 0.30m a 1.50m

Depósitos aluviales, Terreno de color beige, conformados por un LIMO ARENOSO que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un ML y el sistema de clasificación del AASHTO como un A-4 (6), presenta de poca a pequeña cantidad de grava 7.56%, pequeña cantidad de arena 24.14%, y bastante cantidad de finos 68.28% la fracción que pasa la malla N°40 es de mediana plasticidad (presenta límite líquido de 35.9%, índice de plástico 9.6%, lo que indica que la fracción fina es arcillosa), húmedo sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión media, la consistencia en el momento de auscultación es blanda (LP_{ow})

Material como subrasante: Pobre

FOTO DE CAMPO



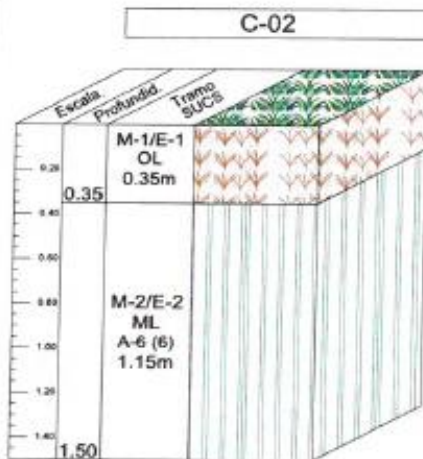
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

Solicitante:	TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS	Profundidad de exploración:	0.00m - 1.50m
Calicata:	C-02	Nivel de exploración	Sub rasante Natural
Estrato:	Sub rasante Natural	Nivel freático:	No se encontró a la excavación.
Fecha:	DICIEMBRE DE 2021	Realizado por:	ROY N. YAULI CARDENAS
Ubicación:	JR MANTARO / PICHARI / LA CONVENCION / CUSCO	Revisado por:	Ing. Maxwil A. Morote Arias

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS - EXPLORACIÓN

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COORDENADAS : DATUM WGS84 HUSO 18 ZONA 1 E=628196m N=8614878m



DESCRIPCION: De 0.00m a 0.35m
Depósito conformado por arcillas orgánicas, color marrón gris con bastante arena y pequeña cantidad de grava, con presencia de raíces insipientes, material suelta, estrato que se recomienda eliminar.

De 0.35m a 1.50m

Depósitos aluviales, Terreno de color beige, conformados por un LIMO ARENOSO que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un ML y el sistema de clasificación del AASHTO como un A-6 (6), presenta poca cantidad de grava 7.51%, de pequeña a mucha cantidad de arena 27.42%, y bastante cantidad de finos 68.29% la fracción que pasa la malla N°40 es de mediana plasticidad (presenta limite liquido de 35.6%, indice de plastico 10.9%, lo que indica que la fracción fina es arcillosa), húmedo sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión media, la consistencia en el momento de auscultación es blanda (LP<w)

Material como subrasante: Pobre

FOTO DE CAMPO



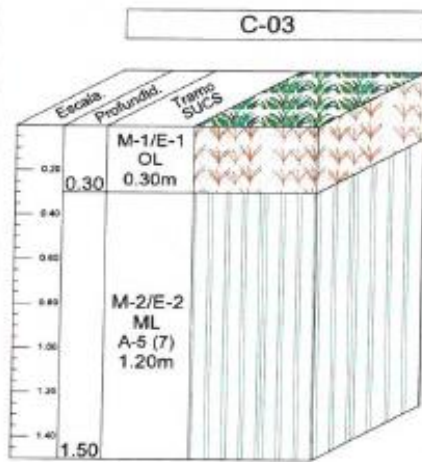
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

Solicitante:	TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS	Profundidad de exploración:	0.00m - 1.50m
Calicata:	C-03	Nivel de exploración	Sub rasante Natural
Estrato:	Sub rasante Natural	Nivel freático:	No se encontró a la excavación.
Fecha:	DICIEMBRE DE 2021	Realizado por:	ROY N. YAULI CARDENAS
Ubicación:	JR MANTARO / PICHARI / LA CONVENCION / CUSCO	Revisado por:	Ing. Maxwell A. Morote Arias

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATAS - EXPLORACIÓN

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COORDENADAS : DATUM WGS84 HUSO 18 ZONA L E=628148m N=8614883m



DESCRIPCION: De 0.00m a 0.30m
Depósito conformado por arcillas orgánicas, color marrón gris con bastante arena y pequeña cantidad de grava, con presencia de raíces insipientes, material suelto, estrato que se recomienda eliminar.

De 0.30m a 1.50m

Depósitos aluviales, Terreno de color beige, conformados por un LIMO Y TIPO GRAVA CON ARENA que se clasifica en el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS como un ML y el sistema de clasificación del AASHTO como un A-5 (7), presenta pequeña cantidad de grava 19.22%, de poca a pequeña cantidad de arena 11.52%, y bastante cantidad de finos 69.27% la fracción que pasa la malla N°40 es de mediana plasticidad (presenta limite líquido de 42.7%, índice de plastico 9.4%, lo que indica que la fracción fina es arcillosa), húmeda sin presencia visible de agua, con una cementación nula y cohesión media, la consistencia en el momento de avicultación es blanda (LPw)

Material como subrasante: Pobre

FOTO DE CAMPO





INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

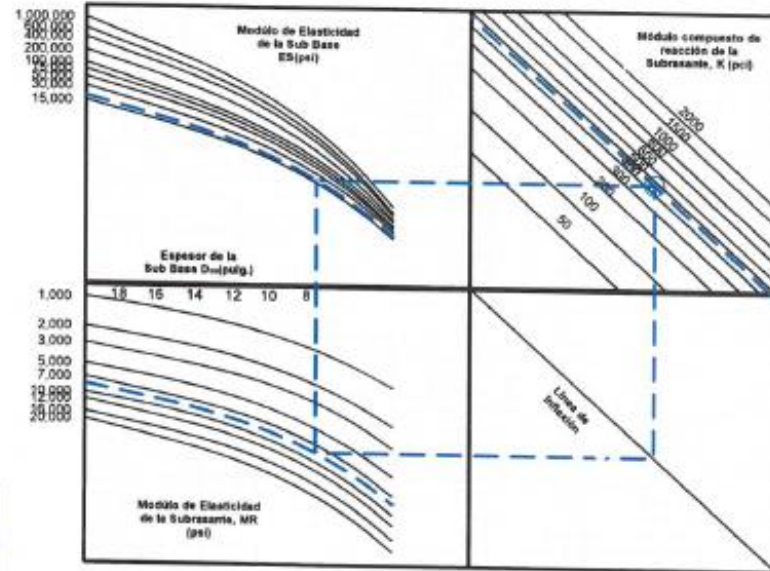
CALCULO DEL MODULO EFECTIVO DE REACCION DE LA SUB RASANTE, K
"ESTABILIZACION CON ADICION DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

M_R SB	18,500
Espesor	8.00
M_R Suelo	8,298
K	461
Y	6.049
X	9.571
Cont A	Cont B
-5.90	3.51
Cont A	Cont B
a ₁	0.17
b ₁	-8.02
c ₁	155
d ₁	-103
Cont A	Cont B
a ₂	-0.20
b ₂	9.71
c ₂	-185
d ₂	3741

-8
-9.571

K	Y	X
50	7.83	0
100	10.25	0
200	12.692	0
300	14.184	0
400	15.133	0
500	15.808	0
600	16	0.549
800	16	1.509
1000	16	2.34
1500	16	3.78
2000	16	4.77

-4	-12.472	2.929
-8	-9.571	6.049
-12	-7.759	8.133
-16	-6.612	9.580
-20	-5.707	10.787
p1	15.820	0.000



NOMOGRAMA PARA DETERMINAR EL MODULO DE REACCION COMPUESTO

	15,000	30,000	50,000	75,000	100,000	200,000	400,000	600,000	1,000,000
-4	2.772	3.125	3.593	3.882	3.772	2.878	4.108	3.247	4.345
-6	4.507	4.891	5.238	5.475	5.881	3.885	5.398	4.522	5.072
-8	5.508	6.033	6.183	6.393	7.253	4.729	6.228	5.533	6.308
-10	7.000	7.630	8.031	8.289	8.847	5.125	8.294	10.057	10.456
-12	7.857	8.678	9.047	9.341	9.609	5.277	11.881	11.894	11.708
-14	8.721	9.283	9.885	10.218	10.385	11.318	11.941	12.235	12.726
-16	9.585	10.081	10.813	11.353	11.278	12.020	12.883	13.208	13.838
-18	9.448	10.126	11.273	11.857	11.888	12.345	11.428	13.910	14.470
-20	10.838	11.339	12.810	13.331	13.728	13.458	14.098	14.705	15.326

	1,000	2,000	3,000	5,000	7,000	10,000	12,000	16,000	20,000
-4	-5.770	-8.078	-9.274	-10.883	-11.894	-11.973	-11.881	-14.498	-15.179
-6	-4.832	-6.738	-7.716	-8.285	-10.364	-11.420	-11.987	-12.289	-13.443
-8	-3.893	-5.683	-6.692	-6.780	-8.083	-10.093	-10.588	-11.382	-11.036
-10	-2.948	-4.789	-5.808	-7.201	-8.089	-9.032	-9.534	-10.289	-10.947
-12	-2.293	-4.117	-5.137	-6.431	-7.312	-8.188	-8.743	-9.444	-10.072
-14	-1.754	-3.571	-4.611	-5.820	-6.720	-7.335	-8.068	-8.775	-9.388
-16	-1.388	-3.126	-4.171	-5.338	-6.222	-6.912	-7.638	-8.238	-8.779
-18	-1.011	-2.747	-3.860	-4.919	-5.788	-6.478	-7.088	-7.747	-8.247
-20	-0.634	-2.399	-3.510	-4.530	-5.391	-6.189	-6.874	-7.374	-7.774

Modulo compuesto de reaccion de la Subrasante, K (pci)

Kc= 461 PCI

Modulo efectivo de reaccion de la Subrasante, K (pci)
(Corregido para la perdida potencial de apoyo)

Kc= 151 PCI

INGEOMAX

Ing. Maxwell Anthony Morúa Arias
CIP N° 13144
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, OBRAS DE PAVIMENTOS

INFORME N° 640-2021-LABINGEOMAX

**ANÁLISIS DE
MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO DE TESIS:
**"ESTABILIZACIÓN CON
ADICIÓN DE PET
TRITURADO EN
SUBRASANTES DE BAJA
CALIDAD EN EL JR.
MANTARO, DISTRITO
DE PICHARI – CUSCO,
2021"**

UBICACIÓN:
PICHARI / CONVENCION / CUSCO

DICIEMBRE DE 2021

SOLICITANTE:
TESISTA: BACH. ROY NELSON YAULI CÁRDENAS

INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Marín Arias
CIP 171204
Calle 27 de Julio 3045 - Pichari - Cusco

INGEOMAX
S.A.C.

INGENIERIA GEOTECNICA AL MÁXIMO SAC
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

INDICE

1. **GENERALIDADES**
 - 1.1 Objeto del Estudio
 - 1.2 Ubicación del área en Estudio
 - 1.2.1 Ubicación Política
 - 1.3 Características del Proyecto
2. **GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD**
 - 2.1 Geomorfología
 - 2.2 Geología
 - 2.2.1 Geología Regional
 - 2.2.2 Geología Local
3. **INVESTIGACIÓN GEOTECNICAS**
 - 3.1 Calicatas de exploración
 - 3.2 Toma de Muestras y obtención de datos.
4. **ENSAYOS DE LABORATORIO**
 - 4.1 Ensayos Estándares.
 - 4.2 Ensayos Especiales
5. **ANÁLISIS DE LA INFORMACION**
 - 5.1 Análisis de la subrasante en campo
 - 5.2 Capacidad de soporte de la Subrasante (k).
6. **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
7. **REFERENCIAS**

1. GENERALIDADES

1.1 Objeto del Estudio

El objetivo del presente Informe Técnico es exponer los resultados del Análisis de Mecánica de Suelos con fines de investigación realizado para el proyecto de tesis: "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021", encargado por el bachiller Roy Nelson Yauli Cárdenas.

1.2 Ubicación del área en Estudio

1.2.1 Ubicación Política

Políticamente el área de estudio se encuentra ubicada:

- DEPARTAMENTO : Cusco.
- PROVINCIA : La Convención.
- DISTRITO : Pichari.
- LUGAR : Jr. Mantaro.

1.3 Características del Proyecto

El presente informe servirá para el Proyecto de tesis arriba mencionado, específicamente para la evaluación de la estabilización de suelos a nivel de subrasante con adición de PET triturado.

Se verificará la capacidad de soporte de la subrasante representado en el módulo de reacción del suelo K en función a los diferentes porcentajes de adición con PET triturado, y así determinar la proporción óptima de acuerdo con el tipo de suelo analizado.

2. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD

2.1 Geomorfología

El área en estudio se encuentra en las coordenadas DATUM WGS 84 ZONA 18 HUSO L, coordenada Este = 628196m y coordenada Norte = 8614878m.

La zona de estudio se encuentra entre las unidades geomorfológicas denominadas Vertiente o piedemonte aluvial-torrencial (P-at), presenta pendientes Moderadamente inclinadas, con presencia de asentamientos humanos a los alrededores.

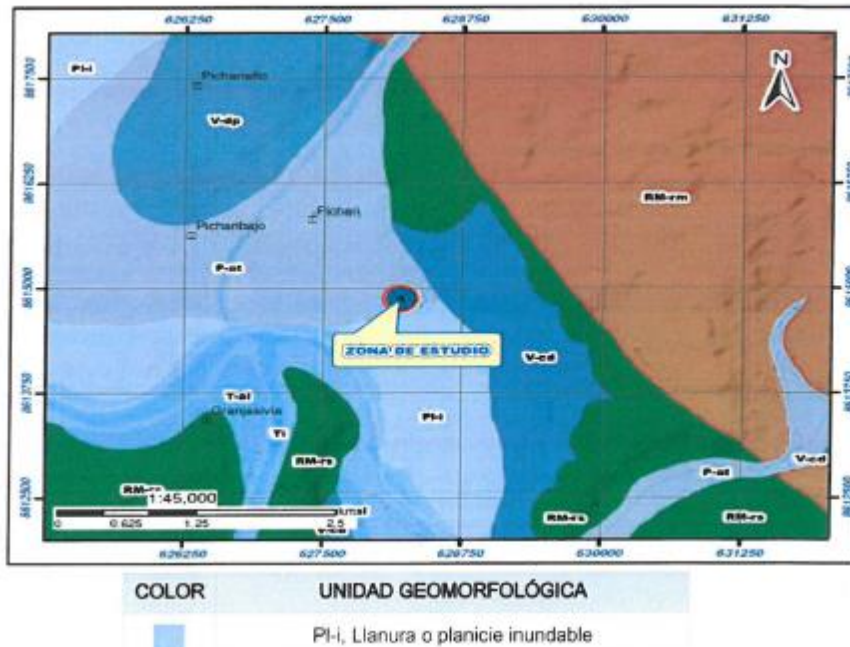


Figura 1: Vista de la geomorfología de la zona de estudio
 Fuente: INGEMMET - GEOCATMIN.

2.2 Geología

2.2.1 Geología Regional

Las características geológicas regionales y sus alrededores se presentan en la figura geológica adjunta, la cual ha sido tomada de la carta geológica N.º 26-o del INGEMMET.

A nivel regional y basado en la información geológica existente, en el área de estudio se han reconocido unidades litoestratigráficas que son:

Depósitos Aluviales (Qh-al)

Estos depósitos predominan principalmente a lo largo del lecho de los ríos Apurímac, Mantaro, Ene, Picha y Quimbiri, etc, los materiales que lo constituyen son de composición heterogénea, constituido por bloques, guijas, gravas, arenas, limos y arcillas.

Todos estos depósitos se vienen acumulando con diferente intensidad desde el Holoceno hasta los tiempos actuales, tapizando las depresiones morfológicas. Junto con los depósitos aluviales se han cartografiado los depósitos de escombros de talud, que generalmente cubren parcialmente los flancos escarpados de las elevaciones y valles.

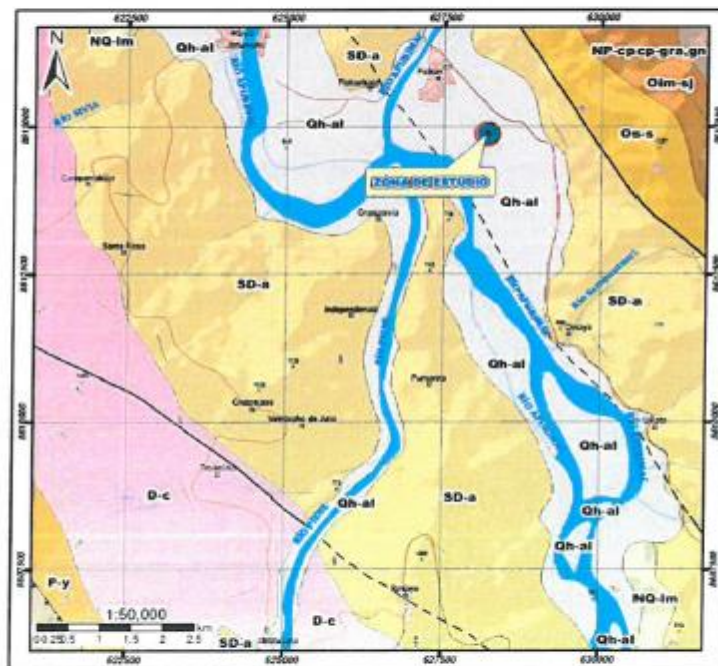


Figura 2: Geología Regional.

Fuente Ingemet.

2.2.2 Geología Local

En el presente ítem se describen los principales afloramientos rocosos y depósitos, circundantes en un área de influencia del área de estudio. La descripción se efectúa en base a la información obtenida a partir de mapas regionales a escala 1:100 000 y 1:50 000 del INGEMMET y mapeo geológico local para describir las secuencias estratigráficas donde está proyectado la construcción.

La zona de estudio está constituida por depósitos aluviales que son producto del transporte y depósito de detritos por medio de la acción del agua. Los elementos que lo conforman comprenden arcillas, arenas, gránulos, gujarros, cantos y bloques de formas muy variables desde angulosas a redondeadas lo que se evidencio en todas las calicatas de exploración.



*Figura 3: Vista de los depósitos aluviales, hacia la C-02
Fuente: Proporcionado por el solicitante.*

3. INVESTIGACIÓN GEOTECNICAS

La investigación se ha efectuado de acuerdo con la Normas existentes. Los trabajos efectuados sirven para determinar las características físicas mecánicas del suelo, así como su estructura actual y comportamiento ante cargas externas.



3.1 Calicatas de exploración

Se realizó la excavación de 03 calicatas de exploración a cielo abierto de tal manera que se cubriera el área de influencia en investigación. Extrayéndose muestras en cantidad suficiente que nos ha permitido inferir características del terreno.

Se ha encontrado al terreno húmedo sin presencia visible de agua. Se indica que la fecha de visita de campo, reelección y traslado de los materiales estuvo a cargo del solicitante y fue realizada en el mes de diciembre de 2021.

3.2 Toma de Muestras y obtención de datos.

Las muestras obtenidas en la cantidad suficiente son alteradas del tipo Mab (Muestra alterada en bolsa de polietileno) y del tipo Mah (Muestra alterada en recipientes herméticamente cerrados), los cuales fueron identificadas conveniente y debidamente protegidas para ser remitidas al laboratorio para la realización de los ensayos estándares y especiales.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1 Ensayos Estándares.

Se efectuaron ensayos estándar en laboratorio para la clasificación de suelos y determinar las propiedades físicas, siguiendo las Normas establecidas por la American Society for Testing Materials (ASTM) de los Estados Unidos de Norte América y las Normas Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- Obtención de muestras representativas cuarteo (ASTM C 702, MTC E 105)
- Contenido de humedad del suelo (ASTM D 2216, MTC E 108)
- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D 422, MTC E 107)
- Determinación del Limite Líquido de los suelos (ASTM D 4318, MTC E 110)
- Determinación del Limite Plástico de los suelos (ASTM D 4318, MTC E 111)

El registro de los ensayos se presenta en el Anexo – Ensayos de laboratorio.

4.2 Ensayos Especiales

Se efectuaron ensayos especiales de Laboratorio, con fines de estabilización en sub rasante, para poder determinar las propiedades resistentes y poder correlacionarlos con los parámetros geotécnicos de diseño como son el Módulo de Reacción del suelo y el Módulo Resiliente de la Sub Rasante, siguiendo las Normas establecidas por la American Society for Testing Materials (ASTM) de los Estados Unidos de Norte América y las Normas del MTC - Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Siendo estos:

- Proctor Modificado (ASTM D 1557, MTC E 115)
- CBR de suelos (laboratorio) (ASTM D 1883, MTC E 132)

Proctor Modificado (Densidad Máxima Seca y Óptimo Contenido de Humedad):

Se efectuó el ensayo de Proctor Modificado, esto de acuerdo con el tipo de adición en % de PET triturado, en general la compactación es la densificación del suelo por remoción del aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, esta actúa como un agente ablandador de las partículas del suelo, que hacen que se deslicen entre sí y se muevan a una posición de empaque más denso. Más allá de un cierto contenido de agua, cualquier incremento en el contenido de agua tiende a reducir el peso específico seco, debido a que el agua toma espacios que podrían ser ocupados por las partículas sólidas.

El registro de los ensayos se presenta en el Anexo – Ensayos de laboratorio.

Capacidad de Soporte de California (CBR):

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE. UU. - 1929) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo



para subrasante en pavimentos y carreteras. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte.

El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado. La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

La cantidad de ensayos CBR se realizó en función a las recomendaciones de la norma técnica peruana C.E. 010 Pavimentos Urbanos, del reglamento nacional de edificaciones.

El registro de los ensayos se presenta en el Anexo – Ensayos de laboratorio.

5. ANÁLISIS DE LA INFORMACION

5.1 Análisis de la subrasante en campo

Es necesario conocer la estructura del estado inicial del suelo, donde se apoyará la estructura. Se identifican las siguientes categorías de subrasante en función del CBR de Diseño:

Cuadro 1: Categorías de Subrasante en función al CBR – CE.010 Pavimentos Urbanos.

Categoría de Subrasante	CBR
Subrasante Excelente	De CBR >17%
Subrasante buena	De CBR >= 8% a CBR < 17%
Subrasante Regular	De CBR >= 3% a CBR < 8%
Subrasante Pobre	CBR < 3%

Fuente: Elaboración Propia.



Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con $\geq 3\%$ (Norma de Pavimentos Urbanos CE.010). En caso de ser menor, se procederá a eliminar esa capa de material inadecuado o emplear la **estabilización del suelo para obtener valores de CBR mayor o igual a 3%**.

5.2 Capacidad de soporte de la Subrasante (k).

La capacidad de soporte es el módulo de reacción k de la cama de apoyo de un pavimento de concreto, el valor de k para el proyecto será estimado con correlaciones existentes con el CBR, siendo diferente para el diseño de espesores de pavimento rígido usando el método del AASHTO.

Soporte de la subrasante (K) para ser usado por el Método del AASHTO.

El módulo resiliente de la subrasante se puede obtener a través de la correlación de la guía AASHTO 2004 (Lister 1987): $Mr = 2555 \text{ CBR}^{0.64}$ (psi), **Mr = 8298psi**.

El módulo resiliente de la subbase se puede obtener a través de la correlación sugerida en la guía AASHTO 93: **MrSB = 18500 psi**.

Del nomograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante, superando una profundidad infinita, para una subbase de 8", se tiene: el valor compuesto del módulo de reacción: **K = 461 pci**.

Tomando en cuenta el Factor de Perdida de Soporte $L_s=1.00$.

En el nomograma para corregir el módulo de reacción efectivo por pérdida potencial de soporte de la subbase se tiene un K de: **K = 151 pci**.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (capacidad soporte del suelo), se procedió a obtener el valor de CBR de diseño.

Para la zona en estudio y en función de las características del terreno de fundación, con las muestras observadas en los perfiles estratigráficos y con los análisis estándares y especiales en laboratorio, teniendo en cuenta con la estabilización con adición del 10.0% de PET triturado, se estableció un CBR óptimo de diseño **6.3% al 95% de la M.D.S.**

2. La capacidad de soporte es el módulo de reacción k de la cama de apoyo de un pavimento de concreto, el valor de K fue estimado con correlaciones existentes con el CBR de diseño, siendo diferente cuando se va a diseñar pavimentos rígidos usando el método del AASHTO.

El Soporte de la subrasante (K) para ser usado por el Método del AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), hallado es de **$K = 151pci$** .

3. Las conclusiones y recomendaciones incluidas en este informe, así como la descripción generalizada del perfil del suelo que presenta, están basados en el programa de exploración de campo descrito en la sección respectiva.

De acuerdo con la práctica usual de la Ingeniería de Suelos, dicho programa se considera adecuado, para el terreno estudiado, su extensión y el tipo de estructura de la que se trata.

Los resultados de la presente investigación solo son válidos para la zona de estudio investigada.

7. REFERENCIAS

- 1.- Menéndez Acurio J.R. (2013), "Ingeniería de Pavimentos" – 4ta Edición, ICG Lima.
- 2.- Alva Hurtado J., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú".
- 3.- Lambe T.W. y Whitman R.V. (1969), "Soil Mechanics", John Wiley, New York.
- 4.- Terzaghi K. y Peck R.B. (1967), "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley, New York.
- 5.- Norma de Suelos y Cimentaciones E.050, Reglamento Nacional de Edificaciones.
- 6.- Norma Pavimentos Urbanos CE.010, Reglamento Nacional de Edificaciones.
- 7.- M. T. C. (2013), "Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras" EG-2013.



INGEOMAX
S.A.C.

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ANEXO
LABORATORIO**

INGEOMAX

Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP N° 72668

PROFESIONAL EN LOS ÁMBITOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021"

Solicitante : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Region : CUSCO

Calicata : C - 01

Provincia : LA CONVENCION

Estrato : E - 02

Distrito : PICHARI

Fecha : DICIEMBRE DE 2021

Lugar : JR. MANTARO

LÍMITES DE CONSISTENCIA

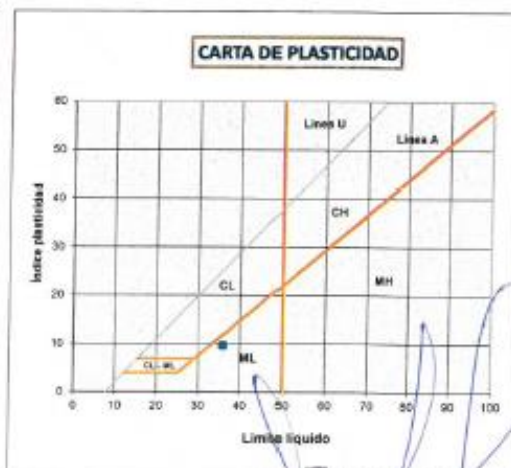
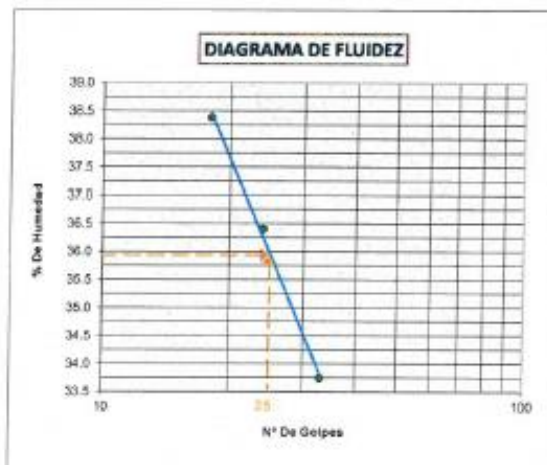
Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	43	46	5
PESO DE LATA grs	19.68	22.67	26.50
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	45.71	48.30	49.33
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	38.49	41.46	43.57
PESO DEL AGUA (gr)	7.22	6.84	5.76
PESO DEL SUELO SECO (gr)	18.81	18.79	17.07
% DE HUMEDAD	38.4	36.4	33.7
NUMERO DE GOLPES	18	24	33

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	35.9
LP (%) =	26.3
IP = LL-LP (%) =	9.6

*LL = Límite líquido
*LP = Límite plástico
*IP = Índice de Plasticidad
*NP = No plástico

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	67	95	
PESO DE LATA grs	53.53	58.68	
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	59.64	64.73	
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	58.38	63.46	
PESO DEL AGUA (gr)	1.26	1.27	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.85	4.78	
% DE HUMEDAD	26.0	26.6	
% PROMEDIO		26.3	



INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP N° 13154
ESPECIALISTA EN MEJORA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(MTC E 107, MTC E 204)
ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS
(NTP 339.134, ASTM D 422)

CC.GF.01-F2
Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 2 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : *ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021*

CLIENTE	TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS	Región:	CUSCO
Calicote:	C - 01	Provincia:	LA CONVENCIÓN
Estrato:	E - 02	Distrito:	PICHARI
Fecha:	DICEMBRE DE 2021	Lugar:	JR. MANTARO

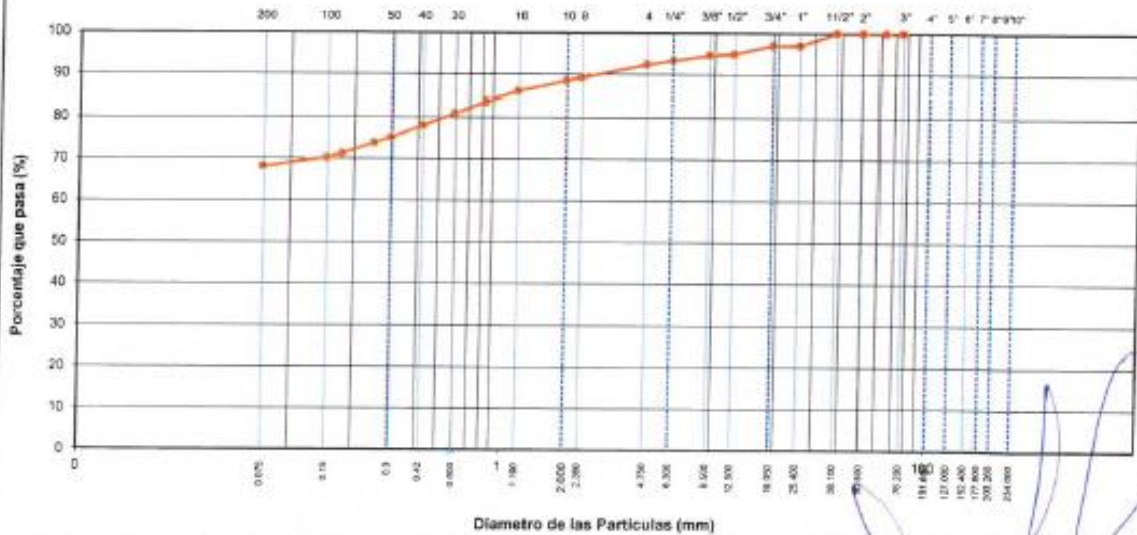
DATOS DE LA MUESTRA

Peso seco inicial (gr) 1442.3 **Peso Inicial Seco:** 457.4 **Perdida por lavado (gr)** 984.90

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254)

TAMIZ	MTC E204	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
4"						Ensayos de Plasticidad Límite Líquido (LL) : 35.8 Límite Plástico (LP) : 26.3 Índice Plástico (PI) : 9.8 Ensayos Estándar Porcentaje de Gravas % : 7.56 Porcentaje de Arenas % : 24.15 Porcentaje de Fines % : 68.29 Coefficientes de Uniformidad y Curvatura D15(mm) : 0.811 D30(mm) : 0.833 D60(mm) : 0.988 Cu : 6.90 D15(mm) : 0.02 D50(mm) : 0.05 D85(mm) : 1.03 Cc : 1.58 Clasificación de Suelos AASHTO : A-4 (6) SUCS : ML LIMO ARENOSO
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				100.0	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.0	
1"	25.400	43.60	3.02	3.0	97.0	
3/4"	19.000	0.00	0.00	3.0	97.0	
1/2"	12.500	28.80	2.00	3.0	95.0	
3/8"	9.500	4.70	0.33	3.3	94.7	
1/4"	6.350	17.70	1.23	6.6	93.4	
Nº 4	4.750	14.30	0.99	7.6	92.4	
Nº 8	2.360	45.90	3.18	10.7	89.3	
Nº 10	2.000	11.00	0.76	11.5	88.5	
Nº 15	1.180	34.60	2.41	13.9	86.1	
Nº 20	0.840	34.30	2.38	16.3	83.7	
Nº 30	0.600	36.50	2.67	19.0	81.0	
Nº 40	0.425	41.70	2.90	21.9	78.1	
Nº 50	0.300	42.70	2.96	24.6	75.2	
Nº 60	0.250	16.00	1.32	26.1	73.9	
Nº 80	0.177	36.10	2.52	28.6	71.4	
Nº 100	0.150	15.40	1.07	29.7	70.3	
Nº 200	0.075	28.90	2.00	31.7	68.3	
< Nº 200 Fondo		985	68.3	100.0	0.0	

CURVA GRANULOMETRICA



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
DIP Nº 19148
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, OBRAS DE PAVIMENTOS



LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)

CC.GF.01-F1

Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021"

Solicitante : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Region : CUSCO

Calicata : C - 02

Provincia : LA CONVENCION

Estrato : E - 02

Distrito : PICHARI

Fecha : DICIEMBRE DE 2021

Lugar : JR. MANTARO

LIMITES DE CONSISTENCIA

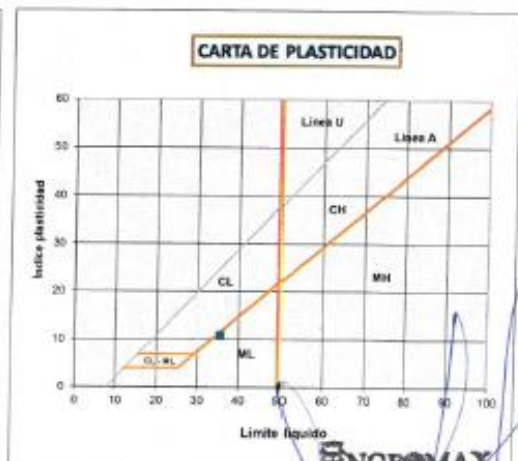
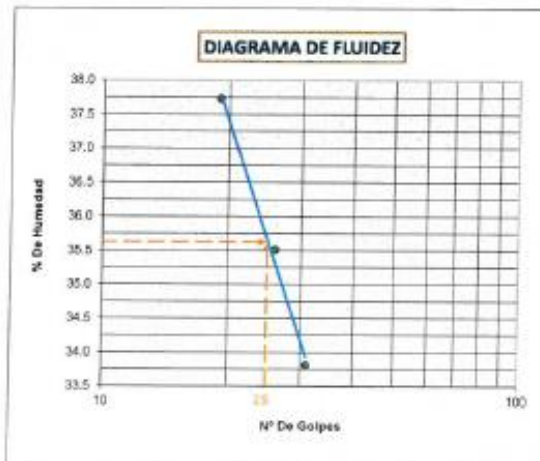
Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	9	35	48
PESO DE LATA grs	27.59	28.88	17.83
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	49.53	56.66	43.20
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	43.52	49.38	36.79
PESO DEL AGUA (gr)	6.01	7.28	6.41
PESO DEL SUELO SECO (gr)	15.93	20.50	18.96
% DE HUMEDAD	37.7	35.5	33.8
NUMERO DE GOLPES	19	26	31

LIMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	35.6
LP (%) =	24.7
IP= LL-LP (%) =	10.9

*LL = Limite líquido
*LP = Limite Plástico
*IP = Indice de Plasticidad
*NP = No plástico

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)		
LATA	53	62
PESO DE LATA grs	53.52	52.82
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	59.54	58.86
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	58.35	57.66
PESO DEL AGUA (gr)	1.19	1.20
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.83	4.84
% DE HUMEDAD	24.6	24.8
% PROMEDIO	24.7	



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP Nº 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E 107, MTC E 204)
ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(NTP 339.134, ASTM D 422)

CC.GF.01-F1
Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 2 de 2

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS **Region:** CUSCO
Calicata: C - 02 **Provincia:** LA CONVENCION
Estrato: E - 02 **Distrito:** PICHARI
Fecha: DICIEMBRE DE 2021 **Lugar:** JR. MANTARO

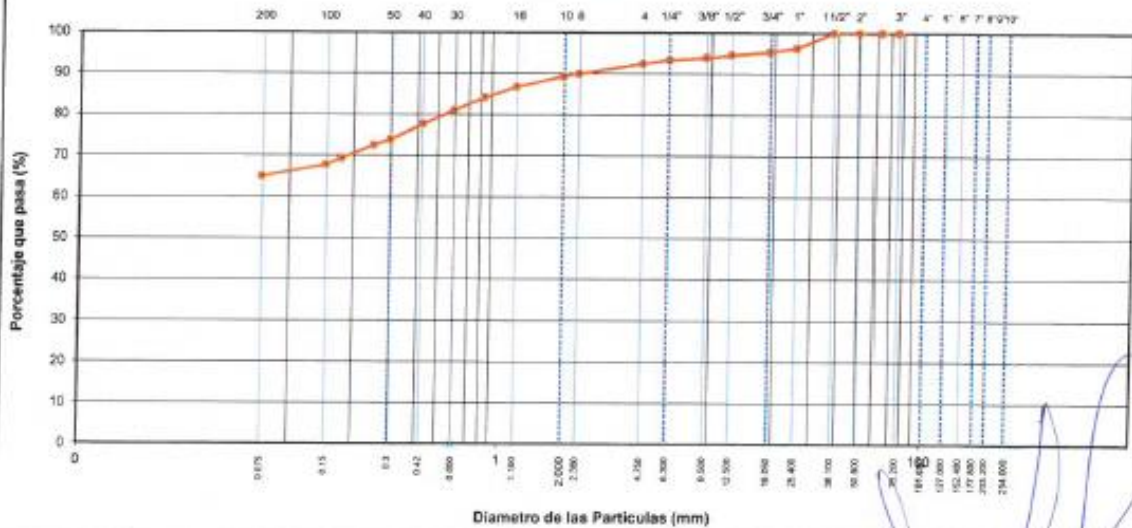
DATOS DE LA MUESTRA

Peso seco inicial (gr) 1036.3 **Peso Inicial Seco:** 361.7 **Pérdida por lavado (gr)** 673.60

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254)

TAMIZ	MTC E204	RESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
4"						Ensayos de Plasticidad Límite Líquido (LL) : 35.6 Límite Plástico (LP) : 24.7 Índice Plástico (PI) : 10.9 Ensayos Estándar Porcentaje de Gravas % : 7.51 Porcentaje de Arenas % : 27.42 Porcentaje de Fines % : 65.00 Coefficientes de Uniformidad y Curvatura D10(mm) : 0.075 D30(mm) : 0.075 D60(mm) : 0.075 Cu : 0.00 D15(mm) : 0.075 D50(mm) : 0.075 D85(mm) : 0.075 G _s : 1.56 Clasificación de Suelos: AASHTO A-6 (6) SUCS ML LIMO ARENOSO
3"	76.200	0	0.00	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.0	100.0	
2"	50.800	0	0.00	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.0	
1"	25.400	36.66	3.77	3.8	96.2	
3/4"	19.000	9.40	0.91	4.7	95.3	
1/2"	12.500	7.80	0.72	5.4	94.6	
3/8"	9.500	6.68	0.64	6.0	94.0	
1/4"	6.350	6.08	0.58	6.6	93.4	
Nº 4	4.750	3.30	0.30	7.5	92.5	
Nº 8	2.360	25.90	2.50	10.0	90.0	
Nº 10	2.000	6.86	0.67	10.7	89.3	
Nº 15	1.190	25.70	2.48	13.2	86.8	
Nº 20	0.850	28.90	2.80	15.8	84.2	
Nº 30	0.600	32.60	3.09	18.9	81.1	
Nº 40	0.425	36.96	3.47	22.3	77.7	
Nº 50	0.300	38.68	3.72	26.0	74.0	
Nº 60	0.250	35.40	3.49	27.5	72.5	
Nº 80	0.177	32.20	3.11	30.6	69.4	
Nº 100	0.150	15.60	1.51	32.1	67.9	
Nº 200	0.075	28.80	2.79	34.9	65.1	
< Nº 200 Fondo		674	65.1	100.0	0.0	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP Nº 132654
"SPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS"



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
(MTC E 111-2016, ASTM D-4319)

CC.GF.01-F1

Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : *ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021

Solicitante : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Region : CUSCO

Calicata : C - 03

Provincia : LA CONVENCION

Estrato : E - 02

Distrito : PICHARI

Fecha : DICIEMBRE DE 2021

Lugar : JR. MANTARO

LÍMITES DE CONSISTENCIA

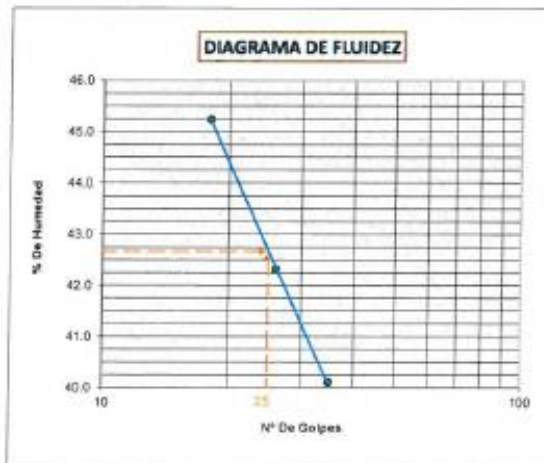
Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	10	15	4
PESO DE LATA grs	27.73	25.75	18.22
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	53.06	48.99	42.22
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	45.17	42.08	35.35
PESO DEL AGUA (gr)	7.89	6.91	6.87
PESO DEL SUELO SECO (gr)	17.44	16.33	17.13
% DE HUMEDAD	45.2	42.3	40.1
NUMERO DE GOLPES	18	26	35

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	42.7
LP (%) =	33.3
IP = LL-LP (%) =	9.4

*LL = Límite líquido
*LP = Límite Plástico
*IP = Índice de Plasticidad
*NP = No plástico

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)		
LATA	77	124
PESO DE LATA grs	56.48	56.94
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	62.49	62.97
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	60.99	61.46
PESO DEL AGUA (gr)	1.50	1.51
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.51	4.52
% DE HUMEDAD	33.3	33.4
% PROMEDIO		33.3



Ing. Maxell Anthony Marote Arias
Ingeniero Civil
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E 107, MTC E 204)
ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(NTP 339.134, ASTM D 422)

CC.GF.01-F1
Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 2 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARÓ, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS **Region:** CUSCO
Calicata: C - 03 **Provincia:** LA CONVENCION
Estrato: E - 02 **Distrito:** PICHARI
Fecha: DICIEMBRE DE 2021 **Lugar:** JR. MANTARO

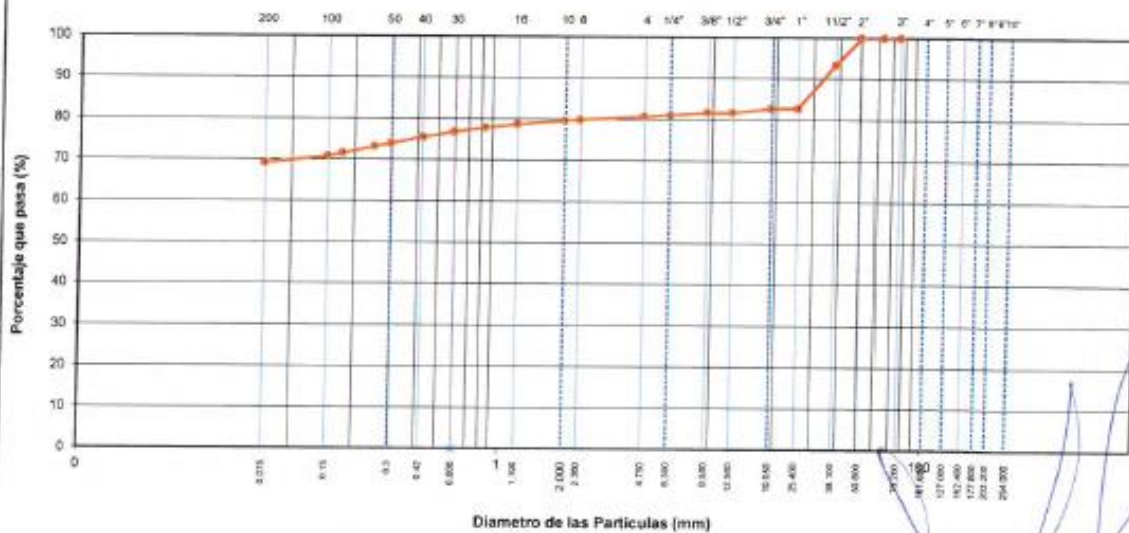
DATOS DE LA MUESTRA

Peso seco inicial (gr) 1503.2 **Peso Inicial Seco:** 462 **Pérdida por lavado (gr)** 1041.20

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254)

TAMIZO	MTC E204	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
4"						Ensayos de Plasticidad Límite Líquido (LL): 42.7 Límite Plástico (LP): 33.3 Índice Plástico (PI): 9.4 Ensayos Estándar Porcentaje de Gravas %: 19.22 Porcentaje de Arenas %: 11.62 Porcentaje de Finos %: 68.27 Coefficientes de Uniformidad y Curvatura D15(mm): 0.011 D30(mm): 0.032 D60(mm): 0.065 Cu: 0.06 D15(mm): 0.02 U50(mm): 0.05 D85(mm): 20.67 Cc: 1.50 Clasificación de Suelos AASHTO A-5 (7) SUCS ML LIMO Y TIPO GRAVA CON ARENA
3"	76.200	8	0.00	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	8	0.00	0.0	100.0	
2"	50.800	8	0.00	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	100	0.63	0.6	99.4	
1"	25.400	150.20	10.59	17.2	82.8	
3/4"	19.000	8.00	0.00	17.2	82.8	
1/2"	12.500	15.20	1.01	18.2	81.8	
3/8"	9.500	0.00	0.00	18.2	81.8	
1/4"	6.350	5.56	0.63	18.9	81.1	
Nº 4	4.750	5.38	0.35	19.2	80.8	
Nº 8	2.300	13.40	0.89	20.1	79.9	
Nº 10	2.000	3.80	0.25	20.4	79.6	
Nº 15	1.180	14.10	0.94	21.3	78.7	
Nº 20	0.840	12.10	0.80	22.1	77.9	
Nº 30	0.600	15.70	1.04	23.2	76.8	
Nº 40	0.425	19.20	1.28	24.4	75.6	
Nº 50	0.300	24.16	1.60	26.0	74.0	
Nº 60	0.250	11.88	0.77	26.8	73.2	
Nº 80	0.177	23.78	1.58	28.4	71.6	
Nº 100	0.150	11.80	0.78	29.2	70.8	
Nº 200	0.075	23.80	1.57	30.7	69.3	
+ Nº 200 Fardo		1941	99.3	100.0	0.0	

CURVA GRANULOMETRICA





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E 107, MTC E 204)
ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(NTP 339.134, ASTM D 422)

CC.GF.01-F2
Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 2 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE	TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS	Region:	CUSCO
Material	PET TRITURADO	Provincia:	LA CONVENCION
Entrato:	PET TRITURADO	Distribo:	PICHARI
Fecha:	DICIEMBRE DE 2021	Lugar:	JR. MANTARO

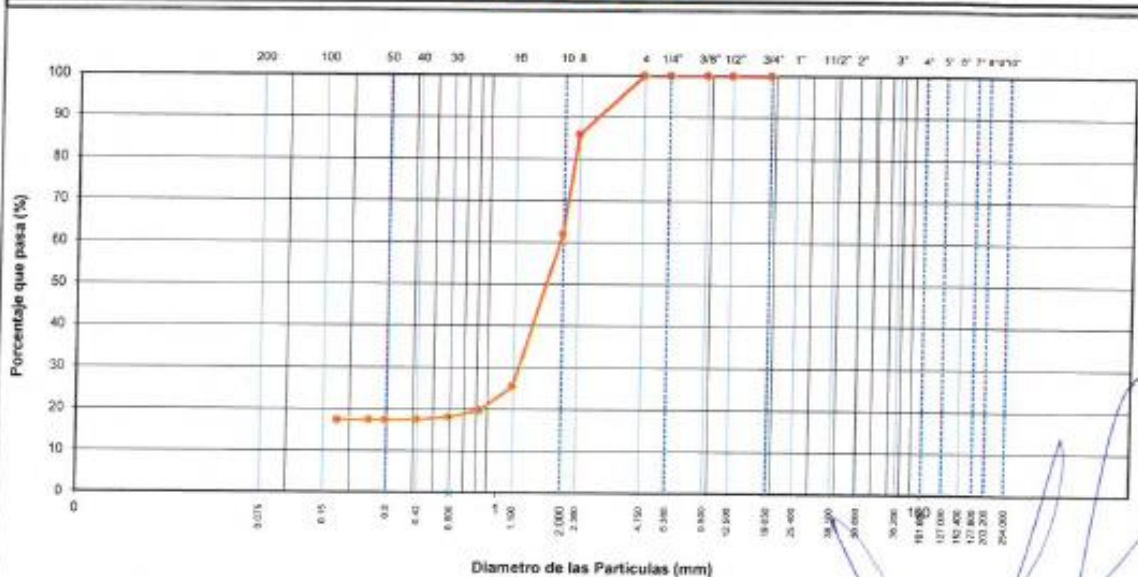
DATOS DE LA MUESTRA

Peso seco inicial (gr) 449.9 **Peso Inicial Seco:** 371.4 **Perdida por lavado (gr)** 78.50

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254)

TAMIZO	MTC E204	PESEO	PORCENTAJE	RETENIDO	FORCENTAJE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
4"						Ensayos de Plasticidad Límite Líquido (LL): NP Límite Plástico (LP): NP Índice Plástico (IP): NP Ensayos Estándar Porcentaje de Gravas %: 0.66 Porcentaje de Arenas %: 82.55 Porcentaje de Fines %: 17.45 Coefficientes de Uniformidad y Curvatura D10(mm): 0.043 D30(mm): 1.280 D60(mm): 1.054 Cu: 45.47 D15(mm): 0.06 D50(mm): 1.73 D85(mm): 2.35 Cc: 19.79 Clasificación de Suelos AASHTO: - SUCS: -
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				100.0	
1 1/2"	38.100	6.99	0.00	0.0	100.0	
1"	25.400	6.00	0.00	0.0	100.0	
3/4"	19.000	6.00	0.00	0.0	100.0	
1/2"	12.500	6.96	0.00	0.0	100.0	
3/8"	9.500	6.99	0.00	0.0	100.0	
1/4"	6.350	6.00	0.00	0.0	100.0	
Nº 4	4.750	6.00	0.00	0.0	100.0	
Nº 6	2.500	63.59	14.11	14.1	85.9	
Nº 10	2.000	107.26	23.83	37.9	62.1	
Nº 16	1.190	164.48	36.54	74.5	25.5	
Nº 20	0.840	25.76	5.71	80.2	19.8	
Nº 30	0.600	7.56	1.97	81.9	18.1	
Nº 40	0.425	2.48	0.53	82.4	17.6	
Nº 50	0.300	0.88	0.11	82.5	17.5	
Nº 60	0.250	0.18	0.02	82.5	17.5	
Nº 80	0.177	0.10	0.02	82.6	17.4	
Nº 100	0.150	0.00	0.00	82.6	17.4	
Nº 200	0.075	6.66	0.00	82.6	17.4	
< Nº 200 Fondo		79	17.4	100.0	0.0	

CURVA GRANULOMETRICA



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP Nº 12944
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

CC-LAB.01-F3

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 1

MTC E115 - ASTM D1557 - AASHTO T180

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS **Región:** CUSCO
Calicata: C - 02 **Provincia:** LA CONVENCIÓN
Estrato: E - 02 **Distrito:** PICHARI
Fecha: DICIEMBRE DE 2021 **Lugar:** JR. MANTARO

DATOS DE LA MUESTRA

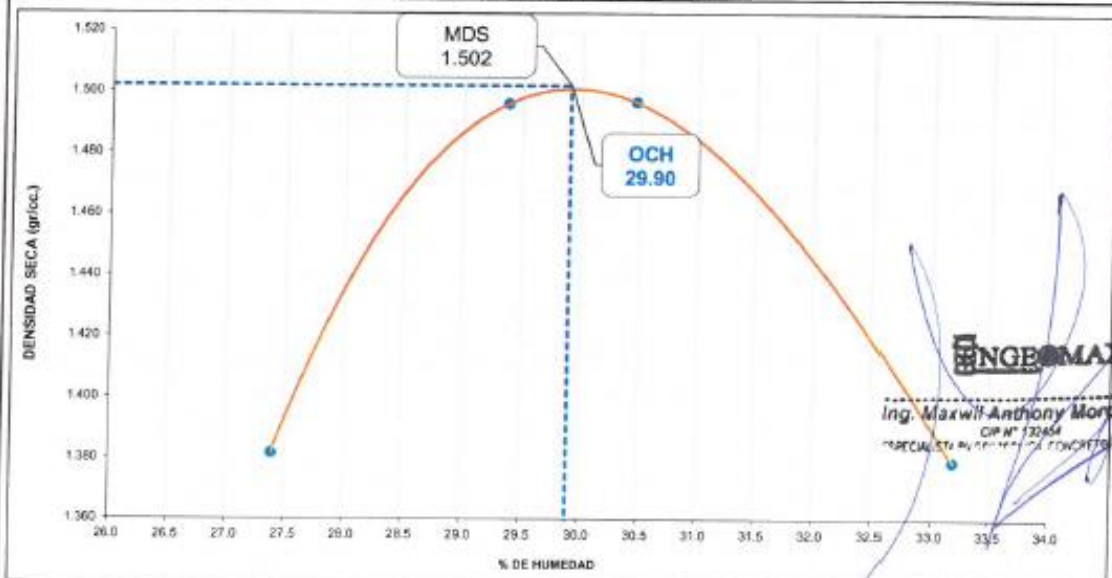
Molde Numero.	3	Volumen Molde	941	cm3.	Numero de capas	5
Metodo de Compactación	"A"	Peso Molde	3695	gr	Numero de golpes	25
Equipo de compactación : Manual			Ø del Molde		4"	

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr	5,351	5,516	5,532	5,423	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	1,656	1,821	1,837	1,728	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm3	1.760	1.936	1.953	1.837	
Recipiente Numero		113	122	105	118	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	195	194	194	176	
Peso Suelo Seco + Tara	gr	161	158	157	141	
Peso de la Tara	gr	35.3	34.0	34.5	35.0	
Peso del agua	gr	34.4	36.3	37.3	35.1	
Peso del suelo seco	gr	126	124	122	106	
Contenido de agua	%	27.4	29.4	30.5	33.2	
Densidad Seca	gr/cm3	1.382	1.496	1.497	1.379	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.502	gr/cc.	Humedad óptima	29.9	%
----------------------	-------	--------	----------------	------	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA





**ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)**

MRC E 132 - ASTM D 1585

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESTISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: C - 02

Provincia: LA CONVENCION

Estrato: E - 02

Distrito: PICHARI

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

Lugar: JR. MANTARO

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

Molde	N°	30	26	24
Capas	N°	5		
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	12588	12486	12245
Peso molde	gr	8440	8584	8522
Peso suelo húmedo compactado	gr	4148	3902	3723
Volumen del molde	cm ³	2126.0	2126.0	2132.5
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	1.951	1.835	1.746

HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

Recipiente	N°	17	26	30
Peso del suelo húmedo + tara	gr	56.90	57.69	50.10
Peso del suelo seco + tara	gr	47.96	51.32	45.08
Peso del recipiente	gr	18.08	29.98	28.30
Peso de agua	gr	8.9	6.4	5.0
Peso del suelo seco	gr	29.9	21.3	16.8
Contenido de agua	%	29.9	29.9	29.9
Contenido de agua promedio		29.9		
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.502	1.413	1.344

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE 30			
Fecha	Hora	mm	%
19-nov-21	12:00	116.00	0.00%
20-nov-21	12:00	116.00	0.00%
21-nov-21	12:00	116.01	0.01%
22-nov-21	12:00	116.02	0.02%
23-nov-21	12:00	116.02	0.02%

EXPANSIÓN MOLDE 26			
Fecha	Hora	mm	%
19-nov-21	12:00	117.15	0.00%
20-nov-21	12:00	117.15	0.00%
21-nov-21	12:00	117.16	0.01%
22-nov-21	12:00	117.17	0.02%
23-nov-21	12:00	117.17	0.02%

EXPANSIÓN MOLDE 24			
Fecha	Hora	mm	%
19-nov-21	12:00	117.15	0.00%
20-nov-21	12:00	117.15	0.00%
21-nov-21	12:00	117.16	0.01%
22-nov-21	12:00	117.17	0.02%
23-nov-21	12:00	117.17	0.02%

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		30			26			24		
Penetración (mm)	Carga Estándar (lb)	Carga (Lbs/cm ²)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0	
0.636	0.025	38	2		17	1		7	0	
1.270	0.050	72	4		40	2		14	1	
1.905	0.075	100	5		55	3		20	1	
2.540	0.100	154.32	8	4.99	72	4	2.46	41	2	1.17
3.810	0.150		11		131	7		73	4	
5.080	0.200	231.49	15	6.35	175	9	3.76	125	6	2.59
6.350	0.250		18		220	11		151	6	
7.620	0.300		21		276	14		178	8	



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP N° 175881
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



**ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)**

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 2 de 2

MRC E 132 - ASTM D 1585

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: C - 02

Provincia: LA CONVENCION

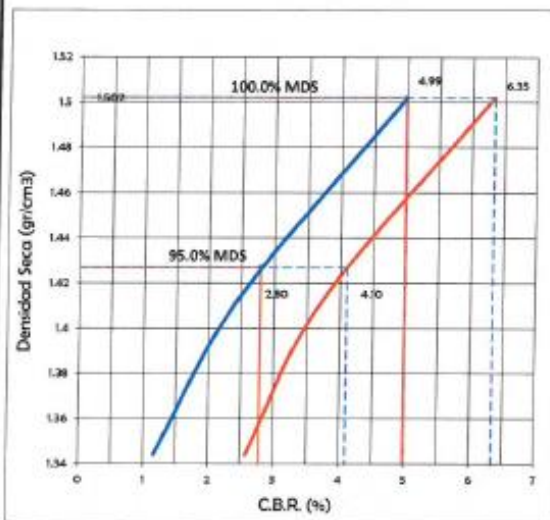
Estrato: E - 02

Distrito: PICHARI

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

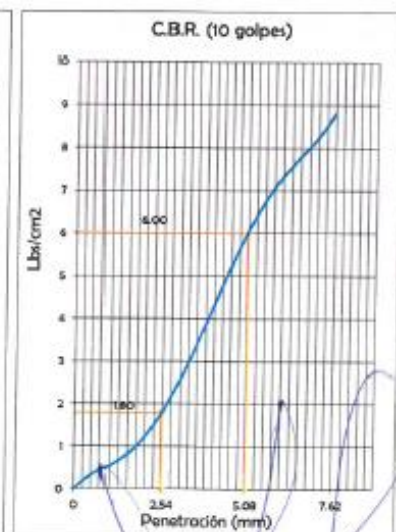
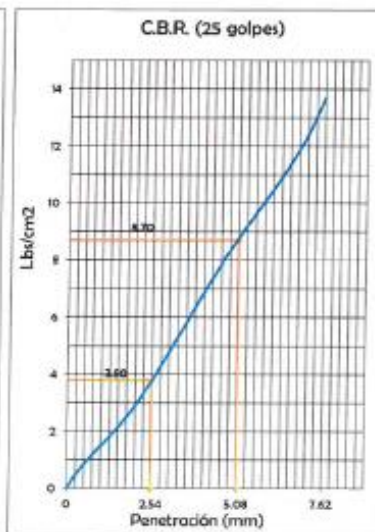
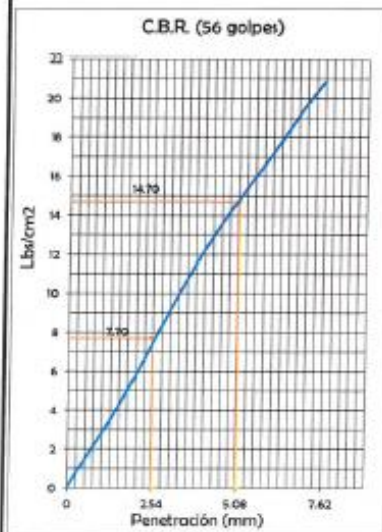
Lugar: JR. MANTARO

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.502
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.90
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.427

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	5.0%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	2.8%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	6.4%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	4.1%
Expansion (%)	0.02%



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
DIP N° 02454
INGENIERIA EN GEOTECNICA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**1%, 3%, 5% Y 10%
PET TRITURADO**

INGEOMAX

Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP N° 128454
Especialista en SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)

CC.GF.01-F2
 Revisión: 1
 Fecha: 28/10/2021
 Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021"

Solicitante : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS
 Calicata : SUELO NATURAL + 1.0 % PET TRITURADO
 Estrato : SUELO ADICIONADO
 Fecha : DICIEMBRE DE 2021

Region : CUSCO
 Provincia : LA CONVENCION
 Distrito : PICHARI
 Lugar : JR. MANTARO

LÍMITES DE CONSISTENCIA

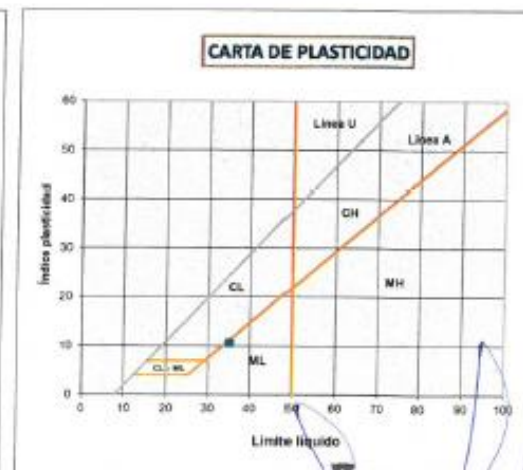
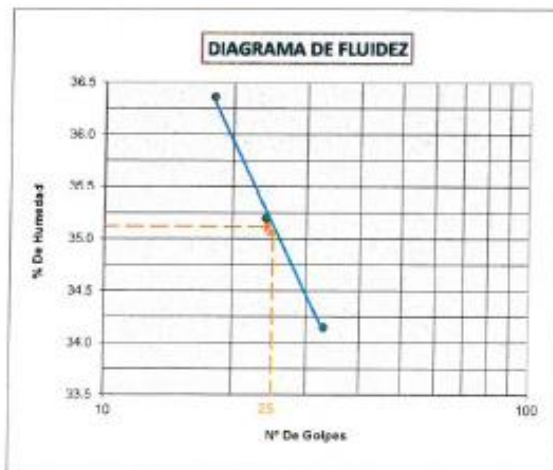
Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	95	16	67
PESO DE LATA grs	58.68	25.36	53.53
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	76.08	45.18	69.99
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	71.44	40.02	65.80
PESO DEL AGUA (gr)	4.64	5.16	4.19
PESO DEL SUELO SECO (gr)	12.76	14.66	12.27
% DE HUMEDAD	36.4	35.2	34.1
NUMERO DE GOLPES	18	24	33

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	35.1
LP (%) =	24.5
IP = LL-LP (%) =	10.6

*LL = Limite liquido
 *LP = Limite Plastico
 *IP = Indice de Plasticidad
 *NP = No plastico

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	82	125	
PESO DE LATA grs	52.82	57.64	
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	58.82	63.64	
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	57.65	62.45	
PESO DEL AGUA (gr)	1.17	1.19	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.83	4.81	
% DE HUMEDAD	24.2	24.7	
% PROMEDIO		24.5	



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
 CP N° 129456
 ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

CC.LAB.01-F3

Revisión: 1

MTC E115 - ASTM D1557 - AASHTO T180

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 1

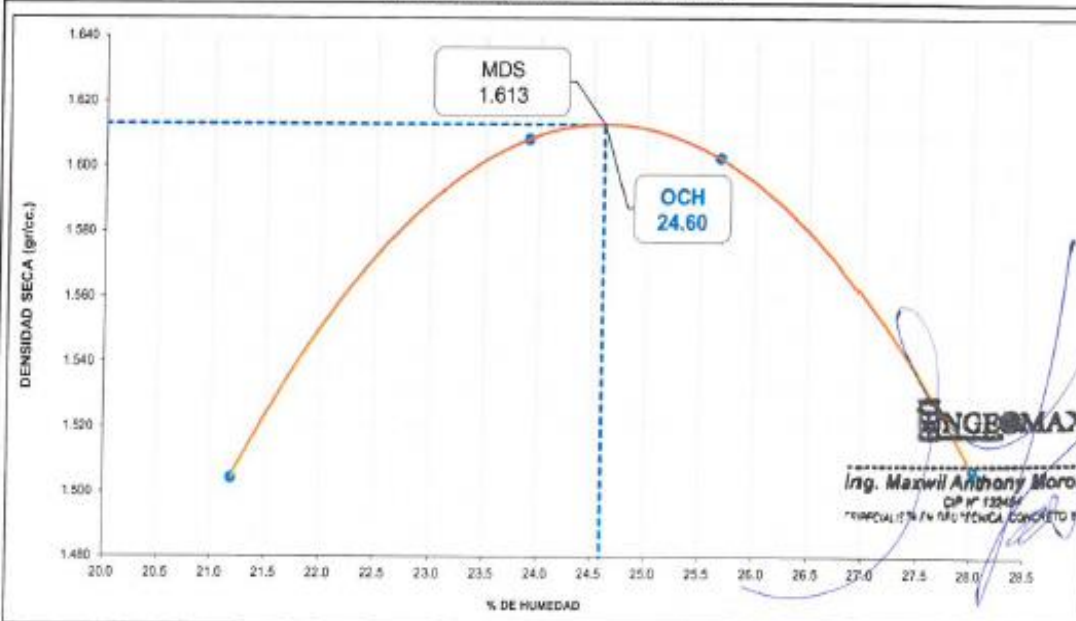
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**PROYECTO:** : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"**CLIENTE:** TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS**Región:** CUSCO**Calicata:** SUELO NATURAL + 1.0 % PET TRITURADO**Provincia:** LA CONVENCIÓN**Estrato:** SUELO ADICIONADO COMPACTADO**Distrito:** PICHARI**Fecha:** DICIEMBRE DE 2021**Lugar:** JR. MANTARO**DATOS DE LA MUESTRA**

Molde Numero.	3	Volumen Molde	941	cm ³	Numero de capas	5
Metodo de Compactación	"A"	Peso Molde	3695	gr	Numero de golpes	25
Equipo de compactación : Manual			Ø del Molde		4"	

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr	5,410	5,570	5,590	5,510	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	1,715	1,875	1,895	1,815	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm ³	1.823	1.993	2.014	1.929	
Recipiente Numero		108	118	106	105	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	223	220	194	208	
Peso Suelo Seco + Tara	gr	190	184	161	170	
Peso de la Tara	gr	34.7	35.0	33.1	34.5	
Peso del agua	gr	32.9	35.7	32.9	38.1	
Peso del suelo seco	gr	155	149	128	136	
Contenido de agua	%	21.2	23.9	25.7	28.0	
Densidad Seca	gr/cm ³	1.504	1.609	1.603	1.507	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.613	gr/cc.	Humedad óptima	24.2	%
----------------------	-------	--------	----------------	------	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)

CC.LAB.01-F4

MRC E 132 - ASTM D 1585

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS **Región:** CUSCO
Calicata: SUELO NATURAL + 1.0 % PET TRITURADO **Provincia:** LA CONVENCION
Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO **Distrito:** PICHARI
Fecha: DICIEMBRE DE 2021 **Lugar:** JR. MANTARO

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

	N°	20	18	13
Molde	N°	20	18	13
Capas	N°		5	
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	12744	11889	11431
Peso molde	gr	8499	7655	7615
Peso suelo húmedo compactado	gr	4245	4034	3816
Volumen del molde	cm ³	2119.4	2116.8	2106.3
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.003	1.906	1.812

HUMEDAD OPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

	N°	14	10	26
Recipiente	N°	14	10	26
Peso del suelo húmedo + tara	gr	55.98	58.90	52.14
Peso del suelo seco + tara	gr	50.51	52.82	47.83
Peso del recipiente	gr	27.87	27.74	29.98
Peso de agua	gr	5.5	6.1	4.3
Peso del suelo seco	gr	22.6	25.1	17.9
Contenido de agua	%	24.2	24.2	24.2
Contenido de agua promedio			24.2	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.613	1.535	1.458

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE 20				EXPANSIÓN MOLDE 18				EXPANSIÓN MOLDE 13			
Fecha	Hora	mm	%	Fecha	Hora	mm	%	Fecha	Hora	mm	%
07-dic-21	11:00	116.00	0.00%	07-dic-21	11:00	117.15	0.00%	07-dic-21	11:00	117.15	0.00%
08-dic-21	11:00	116.00	0.00%	08-dic-21	11:00	117.15	0.00%	08-dic-21	11:00	117.15	0.00%
09-dic-21	11:00	116.01	0.01%	09-dic-21	11:00	117.16	0.01%	09-dic-21	11:00	117.16	0.01%
10-dic-21	11:00	116.02	0.02%	10-dic-21	11:00	117.17	0.02%	10-dic-21	11:00	117.17	0.02%
11-dic-21	11:00	116.02	0.02%	11-dic-21	11:00	117.17	0.02%	11-dic-21	11:00	117.17	0.02%

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		20			18			13			
Penetración (mm)	Carga Fallador (kgf)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/cm ²)	CBR corregido (%)	
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0		
0.635	0.025	51	3		39	2		20	1		
1.270	0.050	88	4		62	3		30	1		
1.905	0.075	150	7		79	4		55	3		
2.540	0.100	154.32	202	10	6.22	140	7	4.08	29	4	2.33
3.810	0.150		261	13		179	9		102	5	
5.080	0.200	231.49	340	17	7.26	255	13	5.36	175	9	3.54
6.350	0.250		399	20		310	15		205	10	
7.620	0.300		468	23		360	18		236	12	

INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
 D.P. N° 13449
 ESPECIALISTA EN OBRAS DE OBRAS Y PAVIMENTOS



ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)

MRC E 132 - ASTM D 1585

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 2 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARJ - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: SUELO NATURAL + 1.0 % PET TRITURADO

Provincia: LA CONVENCION

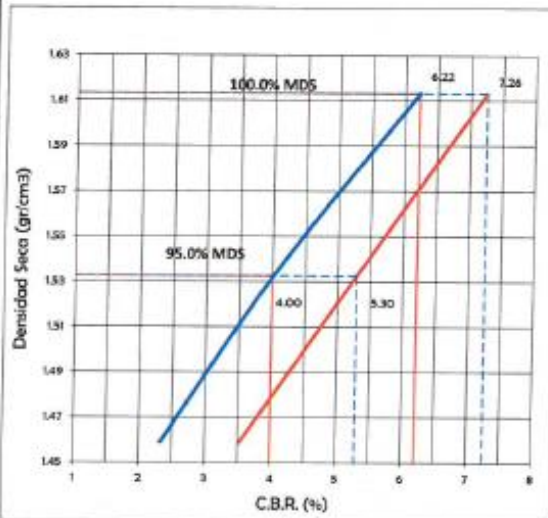
Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO

Distrito: PICHARJ

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

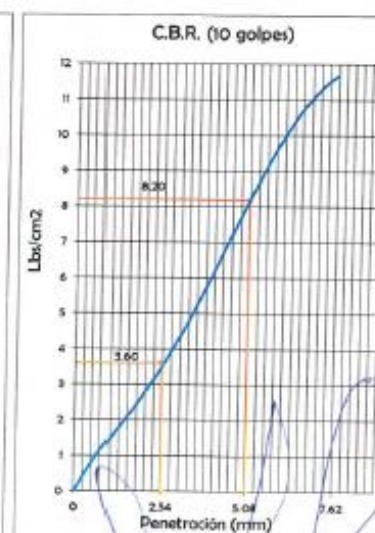
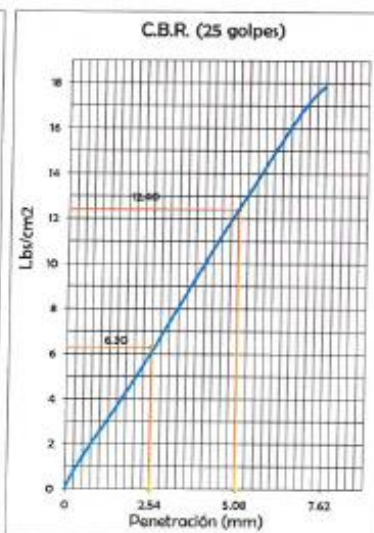
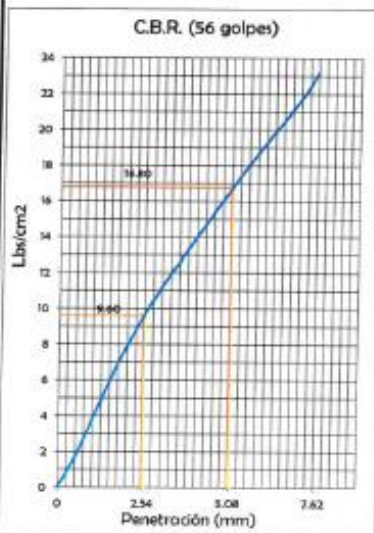
Lugar: JR. MANTARO

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.613
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24.20
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.532

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	6.2%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	4.0%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	7.3%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	5.3%
Expansion (%)	0.02%



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Mirote Arias
CIP N° 12445
Calle 14 de Agosto 1000, Picharj - Cusco



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)

CC.GF.01-F1

Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021"

Solicitante : TESISISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Region : CUSCO

Calicata : SUELO NATURAL + 3.0 % PET TRITURADO

Provincia : LA CONVENCION

Estrato : SUELO ADICIONADO

Distrito : PICHARI

Fecha : DICIEMBRE DE 2021

Lugar : JR. MANTARO

LÍMITES DE CONSISTENCIA

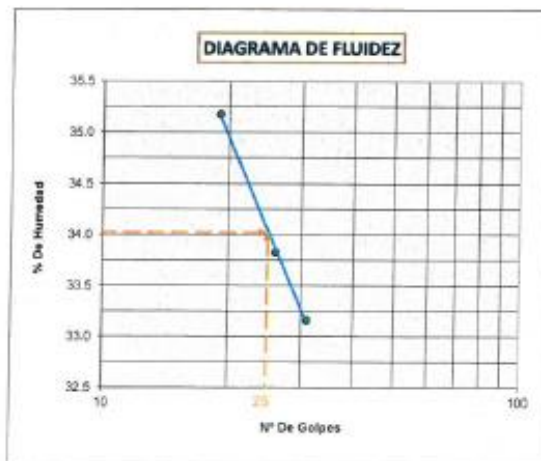
Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	31	17	32
PESO DE LATA grs	27.52	18.09	27.18
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	55.61	46.25	55.57
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	48.30	39.13	48.50
PESO DEL AGUA (gr)	7.31	7.12	7.07
PESO DEL SUELO SECO (gr)	20.78	21.04	21.32
% DE HUMEDAD	35.2	33.8	33.2
NUMERO DE GOLPES	19	26	31

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	34.0
LP (%) =	23.6
IP = LL-LP (%) =	10.4

*LL = Límite líquido
*LP = Límite Plástico
*IP = Índice de Plasticidad
*NP = No plástico

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)		
LATA	87	78
PESO DE LATA grs	57.83	57.09
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	63.89	63.12
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	62.74	61.96
PESO DEL AGUA (gr)	1.15	1.16
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.91	4.87
% DE HUMEDAD	23.4	23.8
% PROMEDIO	23.6	



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
OP N° 121434
ESPECIALIDAD EN DISEÑO DE CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

CC.LAB.01-F3

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 1

MTC E115 - ASTM D1557 - AASHTO T180

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS **Región:** CUSCO
Calicata: SUELO NATURAL + 3.0 % PET TRITURADO **Provincia:** LA CONVENCION
Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO **Distrito:** PICHARI
Fecha: DICIEMBRE DE 2021 **Lugar:** JR. MANTARO

DATOS DE LA MUESTRA

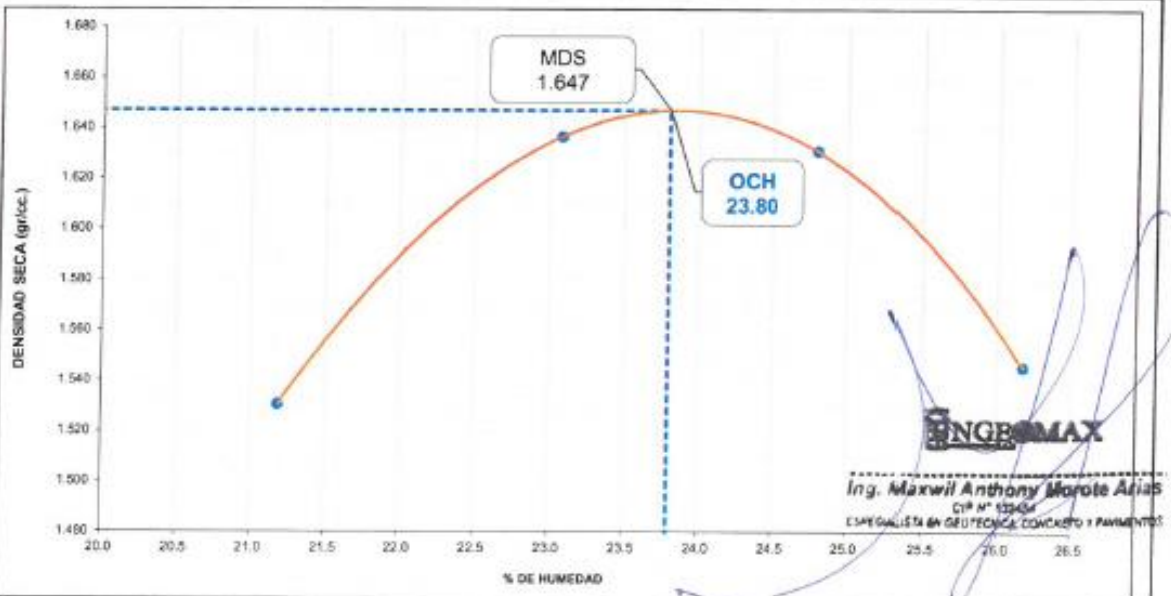
Molde Numero.	3	Volumen Molde	941	cm3.	Numero de capas	5
Metodo de Compactación	"A"	Peso Molde	3695	gr	Numero de golpes	25
Equipo de compactación : Manual			Ø del Molde		4"	

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr	5,440	5,590	5,610	5,530	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	1,745	1,895	1,915	1,835	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm3	1.855	2.014	2.036	1.950	
Recipiente Numero		108	118	106	105	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	223	220	194	208	
Peso Suelo Seco + Tara	gr	190	185	162	172	
Peso de la Tara	gr	34.7	35.0	33.1	34.5	
Peso del agua	gr	32.9	34.7	32.0	36.1	
Peso del suelo seco	gr	155	150	129	138	
Contenido de agua	%	21.2	23.1	24.8	26.2	
Densidad Seca	gr/cm3	1.531	1.637	1.631	1.546	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.647	gr/cc.	Humedad óptima	23.8	%
----------------------	-------	--------	----------------	------	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA





**ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)**

MRC E 132 - ASTM D 1585

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 2 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: SUELO NATURAL + 3.0 % PET TRITURADO

Provincia: LA CONVENCION

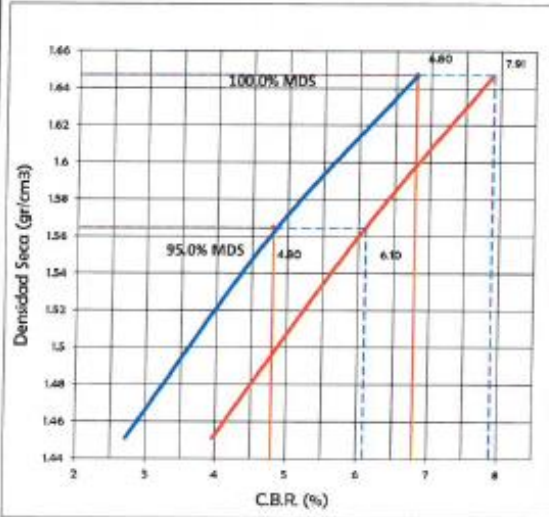
Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO

Distrito: PICHARI

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

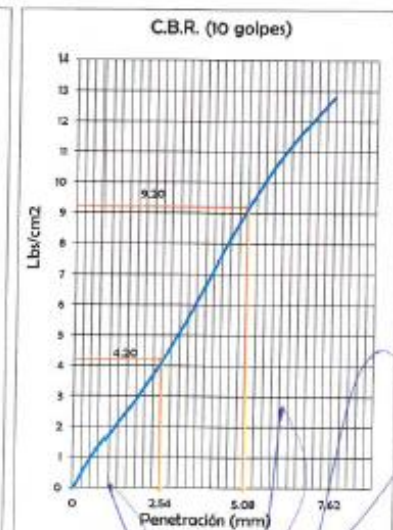
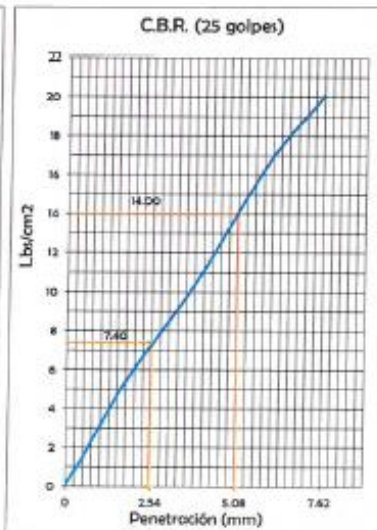
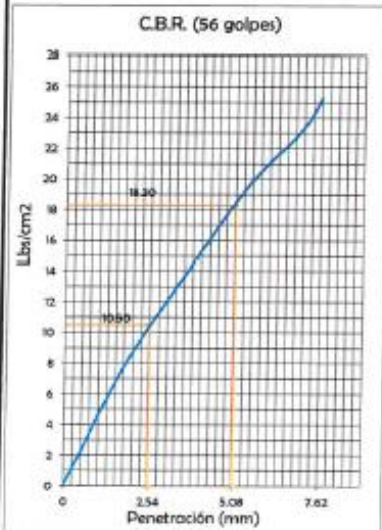
Lugar: JR. MANTARO

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.647
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.80
85% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.565

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	6.8%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	4.6%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	7.9%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	6.1%
Expansión (%)	0.02%



Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CP N° 135654

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)

CC.GF.01-F1
Revisión: 1
Fecha: 28/10/2021
Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021"

Solicitante : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS
Calicata : SUELO NATURAL + 5.0 % PET TRITURADO
Estrato : SUELO ADICIONADO
Fecha : DICIEMBRE DE 2021
Region : CUSCO
Provincia : LA CONVENCION
Distrito : PICHARI
Lugar : JR. MANTARO

LÍMITES DE CONSISTENCIA

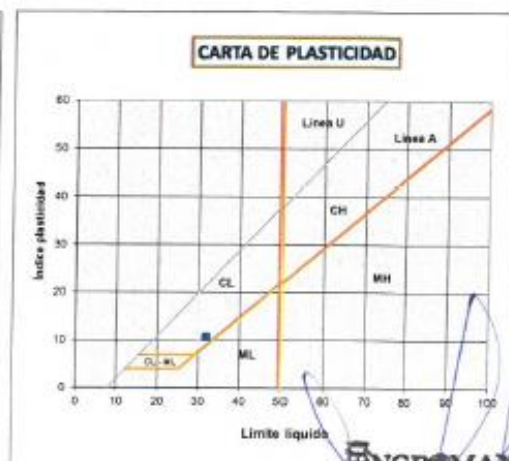
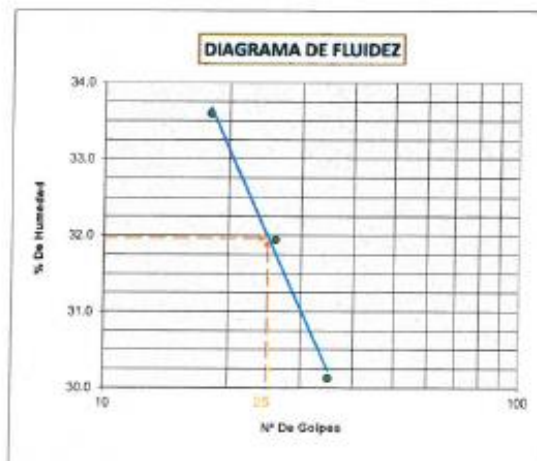
Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	5	6	7
PESO DE LATA grs	26.50	27.43	16.90
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	45.07	44.77	42.99
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	40.40	40.57	38.95
PESO DEL AGUA (gr)	4.67	4.20	6.04
PESO DEL SUELO SECO (gr)	13.90	13.14	20.05
% DE HUMEDAD	33.6	31.9	30.1
NUMERO DE GOLPES	18	26	35

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	32.0
LP (%) =	21.3
IP = LL-LP (%) =	10.7

*LL = Límite líquido
*LP = Límite Plástico
*IP = Índice de Plasticidad
*NP = No plástico

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	15	59	
PESO DE LATA grs	25.75	53.86	
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	48.00	74.53	
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	44.10	70.90	
PESO DEL AGUA (gr)	3.90	3.63	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	18.35	17.04	
% DE HUMEDAD	21.3	21.3	
% PROMEDIO		21.3	



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP N° 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

CC.LAB.01-F3

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 1

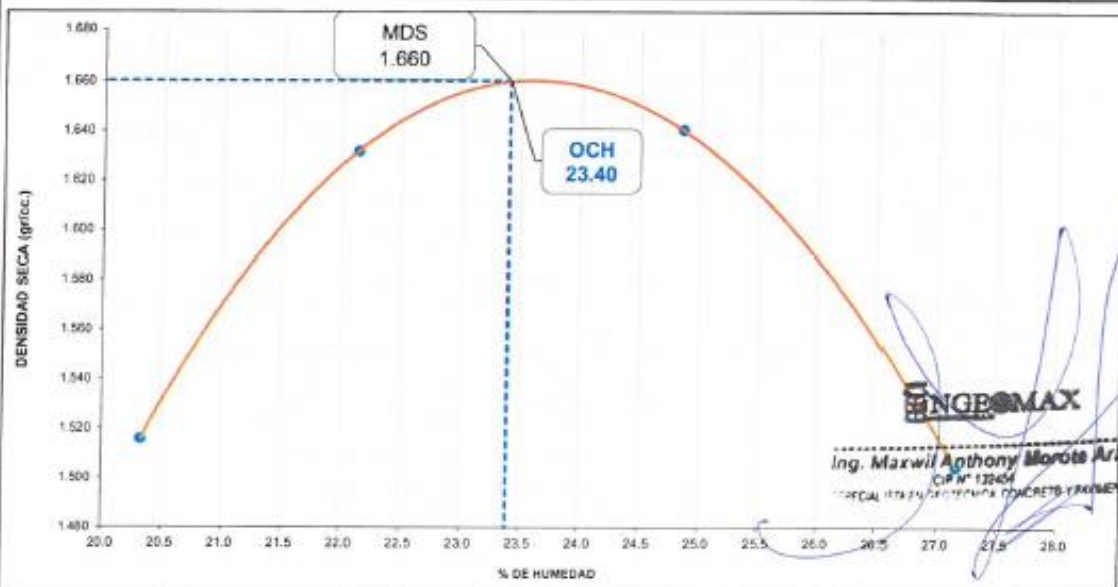
MTC E115 - ASTM D1557 - AASHTO T180**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS****PROYECTO:** : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"**CLIENTE:** TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS**Región:** CUSCO**Calicata:** SUELO NATURAL + 5.0 % PET TRITURADO**Provincia:** LA CONVENCION**Estrato:** SUELO ADICIONADO COMPACTADO**Distrito:** PICHARI**Fecha:** DICIEMBRE DE 2021**Lugar:** JR. MANTARO**DATOS DE LA MUESTRA**

Molde Numero.	3	Volumen Molde	941	cm ³ .	Numero de capas	5
Metodo de Compactación	"A"	Peso Molde	3695	gr	Numero de golpes	25
Equipo de compactación : Manual			Ø del Molde		4"	

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr	5,411	5,570	5,622	5,495	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	1,716	1,875	1,927	1,800	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm ³	1.824	1.993	2.048	1.913	
Recipiente Numero		111	113	117	119	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	216	199	232	187	
Peso Suelo Seco + Tara	gr	185	170	192	154	
Peso de la Tara	gr	34.1	35.3	32.9	34.4	
Peso del agua	gr	30.7	29.7	39.6	32.5	
Peso del suelo seco	gr	151	134	159	120	
Contenido de agua	%	20.3	22.1	24.9	27.2	
Densidad Seca	gr/cm ³	1.516	1.632	1.640	1.505	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.660	gr/cc.	Humedad óptima	23.4	%
----------------------	-------	--------	----------------	------	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)

MRC E 132 - ASTM D 1585

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESTISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: SUELO NATURAL + 5.0 % PET TRITURADO

Provincia: LA CONVENCION

Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO

Distrito: PICHARI

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

Lugar: JR. MANTARO

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

	N°	30	25	14
Molde	N°	30	25	14
Capas	N°		5	
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	12795	12589	11458
Peso molde	gr	8440	8469	7600
Peso suelo húmedo compactado	gr	4355	4120	3858
Volumen del molde	cm ³	2126.0	2126.0	2112.7
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.048	1.938	1.826

HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

	N°	17	31	27
Recipiente	N°	17	31	27
Peso del suelo húmedo + tara	gr	70.58	64.14	68.58
Peso del suelo seco + tara	gr	60.60	57.20	61.06
Peso del recipiente	gr	18.08	27.50	28.91
Peso de agua	gr	10.0	6.9	7.5
Peso del suelo seco	gr	42.5	29.7	32.2
Contenido de agua	%	23.4	23.4	23.4
Contenido de agua promedio			23.4	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.860	1.571	1.480

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE 30			
Fecha	Hora	mm	%
07-dic-21	15:00	116.00	0.00%
08-dic-21	15:00	116.00	0.00%
09-dic-21	15:00	116.01	0.01%
10-dic-21	15:00	116.02	0.02%
11-dic-21	15:00	116.02	0.02%

EXPANSIÓN MOLDE 25			
Fecha	Hora	mm	%
07-dic-21	15:00	117.15	0.00%
08-dic-21	15:00	117.15	0.00%
09-dic-21	15:00	117.16	0.01%
10-dic-21	15:00	117.17	0.02%
11-dic-21	15:00	117.17	0.02%

EXPANSIÓN MOLDE 14			
Fecha	Hora	mm	%
07-dic-21	15:00	117.15	0.00%
08-dic-21	15:00	117.15	0.00%
09-dic-21	15:00	117.16	0.01%
10-dic-21	15:00	117.17	0.02%
11-dic-21	15:00	117.17	0.02%

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		30				25				14			
Penetración	Carga Estándar	Carga	Posición	CBR corregido	Carga	Posición	CBR corregido	Carga	Posición	CBR corregido			
(mm)	(kgf)	(lbs)	(lb/cm ²)	(%)	(lbs)	(lb/cm ²)	(%)	(lbs)	(lb/cm ²)	(%)			
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0				
0.635	0.025	87	4		65	3		37	2				
1.270	0.050	124	6		88	4		50	2				
1.905	0.075	180	9		119	6		83	4				
2.540	0.100	154.32	230	11	7.32	193	10	5.38	115	6	3.50		
3.810	0.150		308	15		216	11		165	8			
5.080	0.200	231.49	406	20	8.64	315	16	6.65	250	11	4.84		
6.350	0.250		471	23		367	18		260	13			
7.620	0.300		532	26		422	21		290	14			



Ing. Maxwell Anthony Monte Arias
CIP N° 170434
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, OBRAS DE PAVIMENTOS



ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

MRC E 132 - ASTM D 1585

Fecha: 07/12/2021

Página: 2 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: SUELO NATURAL + 5.0 % PET TRITURADO

Provincia: LA CONVENCION

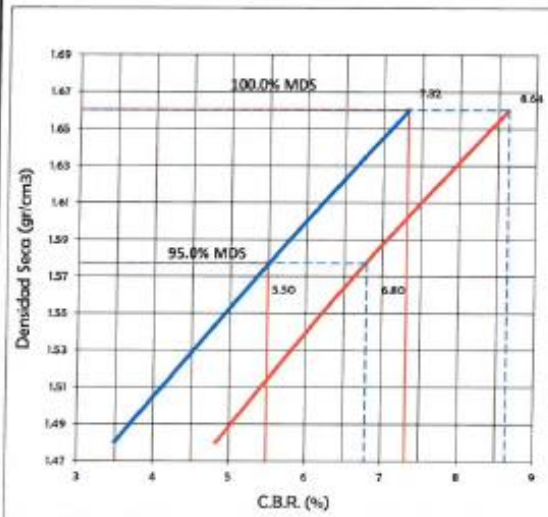
Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO

Distrito: PICHARI

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

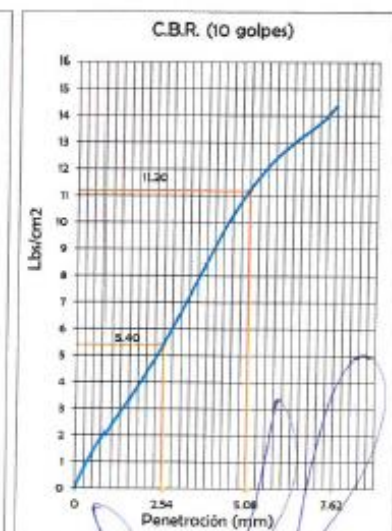
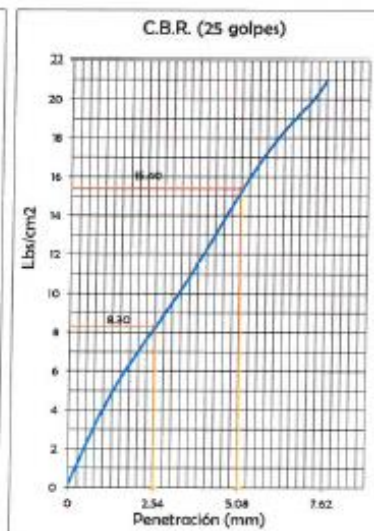
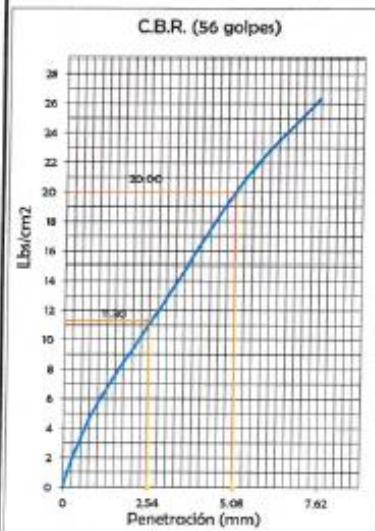
Lugar: JR. MANTARO

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.660
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.40
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.577

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	7.3%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	5.5%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	8.6%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	6.8%
Expansion (%)	0.02%



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Berote Arias
CIP N° 13469
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)

CC.GF.01-F1

Revisión: 1

Fecha: 28/10/2021

Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI – CUSCO, 2021"

Solicitante : TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Region : CUSCO

Calicata : SUELO NATURAL + 10.0 % PET TRITURADO

Provincia : LA CONVENCIÓN

Estrato : SUELO ADICIONADO

Distrito : PICHARI

Fecha : DICIEMBRE DE 2021

Lugar : JR. MANTARO

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO).

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)			
LATA	19	30	29
PESO DE LATA grs	18.11	28.26	28.62
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	43.25	54.58	53.58
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	37.30	48.60	48.10
PESO DEL AGUA (gr)	5.95	5.99	5.48
PESO DEL SUELO SECO (gr)	19.19	20.34	19.48
% DE HUMEDAD	31.0	29.4	28.1
NUMERO DE GOLPES	17	27	35

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
LL (%) =	29.6
LP (%) =	20.2
IP = LL-LP (%) =	9.4

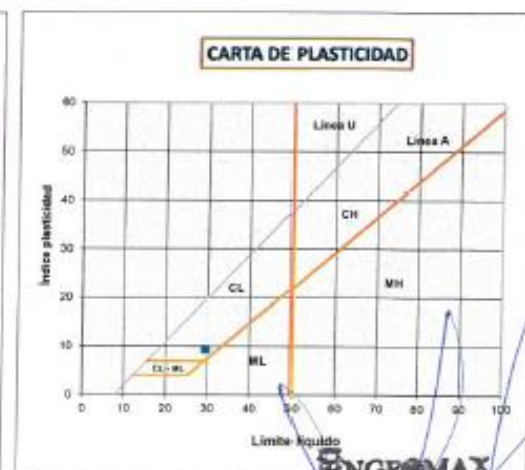
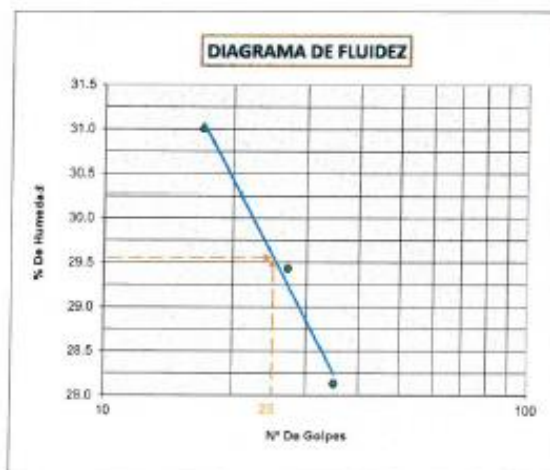
*LL = Límite líquido

*LP = Límite Plástico

*IP = Índice de Plasticidad

*NP = No plástico

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111-2016, ASTM D-4319)		
LATA	62	66
PESO DE LATA grs	52.82	55.00
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA (gr)	58.98	61.03
PESO DEL SUELO SECO + LATA (gr)	57.95	60.01
PESO DEL AGUA (gr)	1.03	1.02
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.13	5.01
% DE HUMEDAD	20.1	20.4
% PROMEDIO	20.2	



Ing. Maxwell Anthony Morúa Arias
CIP N° 12444
Especialista en Mecánica de Suelos y Pavimentos

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

CC.LAB.01-F3

Revisión: 1

MTC E115 - ASTM D1557 - AASHTO T180

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 1

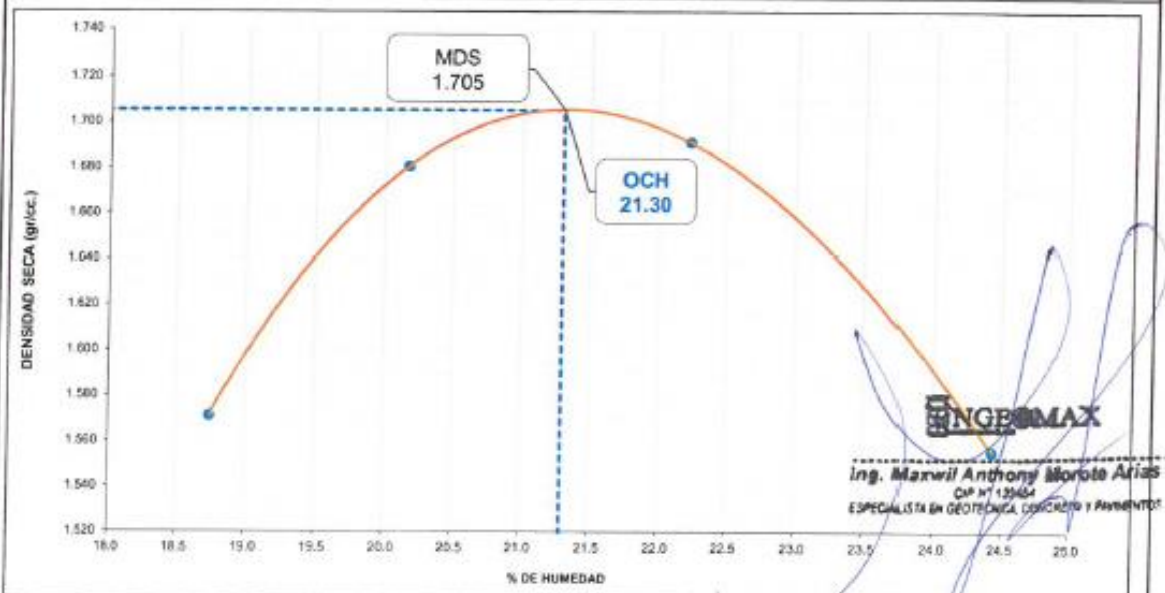
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**PROYECTO:** : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"**CLIENTE:** TESTISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS**Región:** CUSCO**Calicata:** SUELO NATURAL + 10.0 % PET TRITURADO**Provincia:** LA CONVENCION**Estrato:** SUELO ADICIONADO COMPACTADO**Distrito:** PICHARI**Fecha:** DICIEMBRE DE 2021**Lugar:** JR. MANTARO**DATOS DE LA MUESTRA**

Molde Numero.	3	Volumen Molde	941	cm3.	Numero de capas	5
Metodo de Compactación	"A"	Peso Molde	3695	gr	Numero de golpes	25
Equipo de compactación : Manual			Ø del Molde			4"

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr	5,450	5,595	5,640	5,516	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	1,755	1,900	1,945	1,821	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm3	1.865	2.020	2.067	1.936	
Recipiente Numero		114	115	103	107	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	189	187	189	238	
Peso Suelo Seco + Tara	gr	164	161	161	198	
Peso de la Tara	gr	33.5	35.4	33.6	35.8	
Peso del agua	gr	24.5	25.4	28.3	39.6	
Peso del suelo seco	gr	131	126	127	162	
Contenido de agua	%	18.7	20.2	22.2	24.4	
Densidad Seca	gr/cm3	1.571	1.681	1.691	1.556	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.705	gr/cc.	Humedad óptima	21.3	%
----------------------	-------	--------	----------------	------	---

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)

MRC E 132 - ASTM D 1585

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 1 de 2

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: SUELO NATURAL + 10.0 % PET TRITURADO

Provincia: LA CONVENCIÓN

Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO

Distrito: PICHARI

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

Lugar: JR. MANTARO

DATOS DE LA MUESTRA

COMPACTACIÓN DEL SUELO

	N°	18	10	6
Molde	N°	16	10	6
Capas	N°		5	
Golpes / Capa	N°	56	25	10
Peso suelo + molde	gr	12034	11809	11573
Peso molde	gr	7656	7596	7603
Peso suelo húmedo compactado	gr	4378	4211	3970
Volumen del molde	cm ³	2117.5	2119.0	2116.6
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.068	1.987	1.878

HUMEDAD ÓPTIMA DEL SUELO COMPACTADO

	N°	40	11	7
Recipiente	N°	40	11	7
Peso del suelo húmedo + tara	gr	60.69	59.45	60.20
Peso del suelo seco + tara	gr	53.25	52.18	52.60
Peso del recipiente	gr	18.38	17.98	16.91
Peso de agua	gr	7.4	7.3	7.6
Peso del suelo seco	gr	34.9	34.2	35.7
Contenido de agua	%	21.3	21.3	21.3
Contenido de agua promedio			21.3	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.705	1.638	1.547

EXPANSION

EXPANSIÓN MOLDE 18			
Fecha	Hora	mm	%
07-dic-21	17:00	116.00	0.00%
08-dic-21	17:00	116.00	0.00%
09-dic-21	17:00	116.01	0.01%
10-dic-21	17:00	116.02	0.02%
11-dic-21	17:00	116.02	0.02%

EXPANSIÓN MOLDE 10			
Fecha	Hora	mm	%
07-dic-21	17:00	117.15	0.00%
08-dic-21	17:00	117.15	0.00%
09-dic-21	17:00	117.16	0.01%
10-dic-21	17:00	117.17	0.02%
11-dic-21	17:00	117.17	0.02%

EXPANSIÓN MOLDE 6			
Fecha	Hora	mm	%
07-dic-21	17:00	117.15	0.00%
08-dic-21	17:00	117.15	0.00%
09-dic-21	17:00	117.16	0.01%
10-dic-21	17:00	117.17	0.02%
11-dic-21	17:00	117.17	0.02%

PENETRACIÓN

CAPACIDAD: 17984 lbs (Lector Digital)

Molde		18			10			6		
Penetración (mm)	Carga Estática (kg)	Carga (lbs)	Presión (lb/in ²)	CBR corregido (%)	Carga (lbs)	Presión (lb/in ²)	CBR corregido (%)	Carga (Lbs)	Presión (Lbs/in ²)	CBR corregido (%)
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0	
0.635	0.025	102	5		90	4		52	3	
1.270	0.050	162	8		113	6		65	3	
1.905	0.075	195	10		144	7		98	5	
2.540	0.100	270	13	8.55	248	12	6.74	170	8	4.57
3.810	0.150	376	19		260	13		190	9	
5.080	0.200	465	23	9.94	375	19	7.86	280	14	5.75
6.350	0.250	526	26		425	21		299	15	
7.620	0.300	589	29		473	23		348	17	



Ing. Maxwell Anthony Marote Arias
CP N° 12345
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



ENSAYO DE C.B.R.
(California Bearing Ratio)

CC.LAB.01-F4

Revisión: 1

Fecha: 07/12/2021

Página: 2 de 2

MRC E 132 - ASTM D 1585

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: : "ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE PET TRITURADO EN SUBRASANTES DE BAJA CALIDAD EN EL JR. MANTARO, DISTRITO DE PICHARI - CUSCO, 2021"

CLIENTE: TESISTA - ROY NELSON YAULI CARDENAS

Región: CUSCO

Calicata: SUELO NATURAL + 10.0 % PET TRITURADO

Provincia: LA CONVENCION

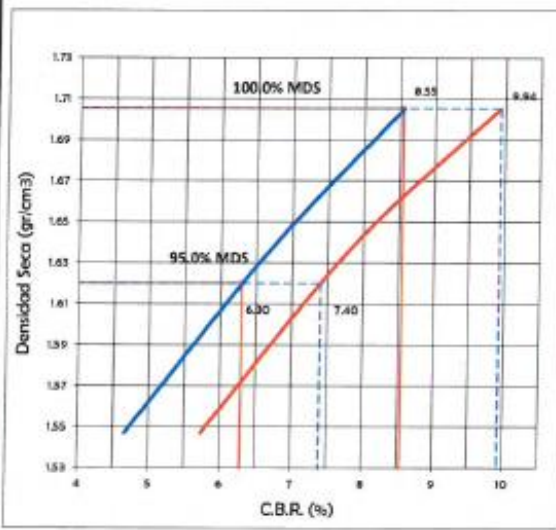
Estrato: SUELO ADICIONADO COMPACTADO

Distrito: PICHARI

Fecha: DICIEMBRE DE 2021

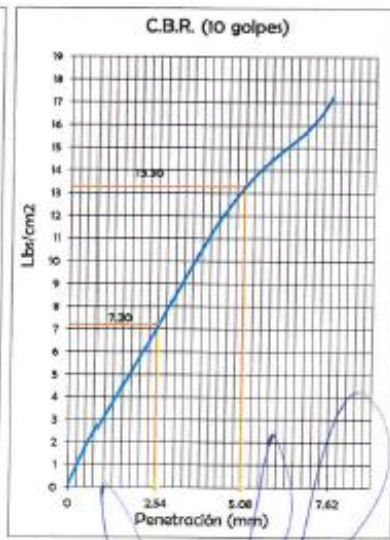
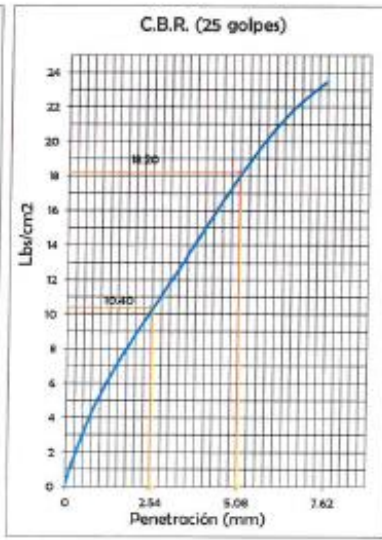
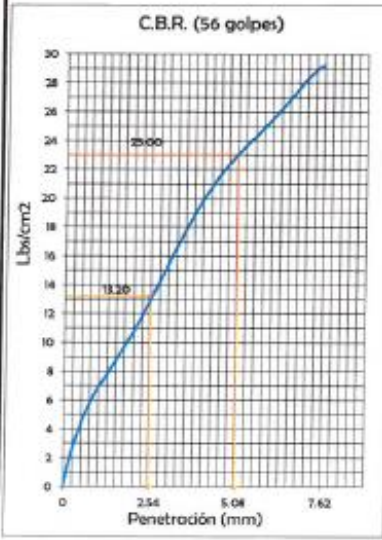
Lugar: JR. MANTARO

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.705
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.30
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.620

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	8.6%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	6.3%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	9.9%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	7.4%
Expansion (%)	0.02%



INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
DIP N° 172454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ANEXO
PANEL
FOTOGRAFICO**

ENGEOMAX

Ing. Marwil Anthony Morote Arias
CIP N° 123456
ESPECIALISTA EN GEOTECNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

VISTAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO



Panel N°01- Reducción de muestra representativa por cuarteo.



Panel N°02- Ensayo de Análisis granulométrico por tamizado.




 Ing. Maxwell Anthony Mores Arias
 CIP N° 11004
 ESPECIALISTA EN CONCRETO, PAVIMENTOS Y PAVIMENTOS



Suelo Natural + 1.0 % PET triturado.	Suelo Natural + 3.0 % PET triturado.	Suelo Natural + 5.0 % PET triturado.	Suelo Natural + 10.0 % PET triturado.
--	--	--	--

Panel N°03- Determinación del Limite Liquido mediante la cuchara de Casa Grande.

VISTAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO



Suelo Natural C-02.



Suelo Natural + 1.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 3.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 5.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 10.0 % PET triturado.

Panel N°04- Ensayo Proctor Modificado
 (Máxima Densidad Seca "MDS" – Optimo Contenido de Humedad "OCH").



Suelo Natural C-02.



Suelo Natural + 1.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 3.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 5.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 10.0 % PET triturado.

Panel N°05- Ensayo CBR (Esfuerzo de corte al suelo).



INGEOMAX
S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

VISTAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS AL MATERIAL EN LABORATORIO



Suelo Natural + 1.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 3.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 5.0 % PET triturado.



Suelo Natural + 10.0 % PET triturado.

Panel N°6- Ensayo CBR (Esfuerzo de corte al suelo).

INGEOMAX
Ing. Maxwell Anthony Morale Arias
CIP N° 121454
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Anexo 9. Certificados de calibración



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 221-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-08-23

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : SCOUT PRO SP602

NÚMERO DE SERIE : B321364212

ALCANCE DE INDICACIÓN : 600 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-08-20

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4ª - ABRIL, 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Gilmer Antonio Huamán Quijima
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19.8 °C	19.9 °C
Humedad Relativa	41 %	41 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 076 - 2020

7. OBSERVACIONES

Para 800 g la balanza indicó 599.9 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

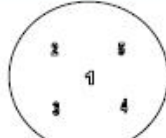
Medición Nº	Carga L1= 300.00 g			Carga L2= 600.00 g		
	I(g)	Δ L (g)	E (g)	I(g)	Δ L (g)	E (g)
1	300.00	0.005	0.000	599.97	0.003	-0.028
2	300.00	0.005	0.000	599.97	0.005	-0.030
3	300.00	0.007	-0.002	599.97	0.005	-0.030
4	300.00	0.003	0.002	599.97	0.005	-0.030
5	300.00	0.007	-0.002	599.97	0.003	-0.028
6	300.00	0.007	-0.002	599.97	0.003	-0.028
7	300.00	0.007	-0.002	599.97	0.005	-0.030
8	300.00	0.004	0.001	599.97	0.004	-0.029
9	300.00	0.005	0.000	599.97	0.004	-0.029
	300.00	0.004	0.001	599.97	0.004	-0.029
Diferencia máxima			0.004	0.002		
Error máximo permitido ±			0.1 g	± 0.2 g		



Teléfono: (01) 622 - 5814
 Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
 servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
 Lima



Vista Frontal

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 221-2021 GLM
Página 3 de 3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19.9	19.9

Posición de la Carga	Determinación de E _g				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (g)	Eo(mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)
1	0.10	0.10	0.004	0.001	200.00	200.00	0.002	0.003	0.002
2		0.10	0.006	-0.001		200.00	0.005	0.000	0.001
3		0.10	0.008	-0.003		200.00	0.006	-0.001	0.002
4		0.10	0.003	0.002		200.00	0.008	-0.003	-0.005
5		0.10	0.004	0.001		200.00	0.004	0.001	0.000

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 100 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19.9	19.9

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	
0.10	0.10	0.005	0.000						0.1
0.50	0.50	0.004	0.001	0.001	0.50	0.007	-0.002	-0.002	0.1
1.00	1.00	0.006	-0.001	-0.001	1.00	0.004	0.001	0.001	0.1
10.00	10.00	0.005	0.000	0.000	10.00	0.006	-0.001	-0.001	0.1
20.00	20.00	0.004	0.001	0.001	20.00	0.005	0.000	0.000	0.1
50.00	50.00	0.004	0.001	0.001	50.00	0.004	0.001	0.001	0.1
100.00	100.00	0.005	0.000	0.000	100.00	0.007	-0.002	-0.002	0.1
200.00	200.00	0.006	-0.003	-0.003	200.00	0.006	-0.001	-0.001	0.1
400.00	400.00	0.006	-0.001	-0.001	400.00	0.004	0.001	0.001	0.1
500.00	500.00	0.005	0.000	0.000	500.00	0.007	-0.002	-0.002	0.1
600.00	599.97	0.002	-0.027	-0.027	599.97	0.002	-0.027	-0.027	0.2

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 2,143\text{E-}08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,968\text{E-}08 \text{ g}^2 + 103\text{E-}12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error en cero E₀: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)



Teléfono: (01) 622 - 5814
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gy@laboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 222-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-08-23

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : PAJ4102

NÚMERO DE SERIE : B635963818

ALCANCE DE INDICACIÓN : 4100 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-08-20

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4ª - ABRIL, 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento; ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19.8 °C	19.8 °C
Humedad Relativa	41 %	41 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 076 - 2020

7. OBSERVACIONES

Para 4100 g la balanza indicó 4099.85 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrología Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1= 2,000.00 g			Carga L2= 4,100.00 g		
	l(g)	Δ L (g)	E (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)
1	2,000.00	0.005	0.000	4,099.97	0.007	-0.032
2	2,000.00	0.007	-0.002	4,099.97	0.006	-0.031
3	2,000.00	0.004	0.001	4,099.97	0.002	-0.027
4	2,000.00	0.005	0.000	4,099.97	0.007	-0.032
5	2,000.00	0.006	-0.001	4,099.97	0.005	-0.030
6	2,000.00	0.004	0.001	4,099.97	0.003	-0.028
7	2,000.00	0.005	0.000	4,099.97	0.003	-0.028
8	2,000.00	0.006	-0.001	4,099.97	0.006	-0.031
9	2,000.00	0.007	-0.002	4,099.97	0.007	-0.032
	2,000.00	0.004	0.001	4,099.97	0.008	-0.033
			0.003			0.006
			0.2 g			0.3 g





ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (g)	Eo(mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)
1	0.10	0.10	0.005	0.000	1,400.00	1,400.00	0.007	-0.002	-0.002
2		0.10	0.007	-0.002		1,400.00	0.004	0.001	0.003
3		0.10	0.003	0.002		1,400.00	0.005	0.000	-0.002
4		0.10	0.008	-0.003		1,400.00	0.004	0.001	0.004
5		0.10	0.005	0.000		1,400.00	0.007	-0.002	-0.002

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200.0 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	Ec (g)	
0.10	0.10	0.006	-0.001	0.000	0.50	0.006	-0.001	0.000	0.100
0.50	0.50	0.006	-0.001	0.000	1.00	0.005	0.000	0.001	0.100
1.00	1.00	0.006	-0.003	-0.002	10.00	0.007	-0.002	-0.001	0.100
10.00	10.00	0.006	-0.001	0.000	100.00	0.006	-0.001	0.000	0.100
100.00	100.00	0.007	-0.002	-0.001	500.00	0.004	0.001	0.002	0.100
500.00	500.00	0.006	-0.001	0.000	800.00	0.005	0.000	0.001	0.200
800.00	800.00	0.007	-0.002	-0.001	1,000.00	0.006	-0.001	0.000	0.200
1,000.00	1,000.00	0.004	0.001	0.002	2,000.00	0.003	0.002	0.003	0.200
2,000.00	2,000.00	0.006	-0.001	0.000	3,000.00	0.005	0.000	0.001	0.300
3,000.00	3,000.00	0.007	-0.002	-0.001	4,100.00	0.008	-0.033	-0.032	0.300
4,100.00	4,099.97	0.008	-0.033	-0.032					

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 317E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{2,168E-08 \text{ g}^2 + 002E-12 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx - 10^{xx} (Ejemplo: E-05 - 10⁻⁵)





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 223-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-08-23

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8335460267

ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-08-20

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3ª - ENERO, 2009.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO



Gilmer Antonio Huamán Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19.8 °C	19.8 °C
Humedad Relativa	42 %	42 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M1 / M2)	LM - C - 076 - 2020 CM - 2104 - 2020 CM - 2105 - 2020 CM - 2106 - 2020

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g. la balanza indicó 29994 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

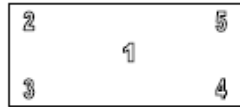
8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15,000 g			Carga L2= 30,000 g		
	I(g)	ΔL(g)	E(g)	I(g)	ΔL(g)	E(g)
1	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
2	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.5	0.0
3	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.5	0.0
4	14,999	0.6	-1.1	30,000	0.5	0.0
5	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.5	0.0
6	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
7	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
8	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
9	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.5	0.0
10	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.5	0.0
Diferencia máxima			0.1	0.1		
Error máximo permitido ±			20 g	± 30 g		





ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C) Inicial Final
 19.8 19.8

Pocisión de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I(g)	ΔL(g)	E ₀ (g)	Carga (g)	I(g)	ΔL(g)	E(g)	E ₀ (g)
1	10	10	0.5	0.0	10,000	10,000	0.5	0.0	0.0
2		10	0.5	0.0		9,999	0.4	-0.9	-0.9
3		10	0.5	0.0		9,999	0.5	-1.0	-1.0
4		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
5		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C) Inicial Final
 19.8 19.8

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	I(g)	ΔL(g)	E(g)	E ₀ (g)	I(g)	ΔL(g)	E(g)	E ₀ (g)	
10	10	0.5	0.0						10
20	20	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
100	100	0.5	0.0	0.0	100	0.5	0.0	0.0	10
500	500	0.6	-0.1	-0.1	500	0.5	0.0	0.0	10
1,000	1,000	0.5	0.0	0.0	1,000	0.6	-0.1	-0.1	10
5,000	5,000	0.6	-0.1	-0.1	5,000	0.5	0.0	0.0	10
10,000	10,000	0.5	0.0	0.0	10,000	0.5	0.0	0.0	20
15,000	15,000	0.5	0.0	0.0	15,000	0.5	0.0	0.0	20
20,000	20,000	0.6	-0.1	-0.1	20,000	0.5	0.0	0.0	20
25,000	25,000	0.6	-0.1	-0.1	25,000	0.6	-0.1	-0.1	30
30,000	30,000	0.7	-0.2	-0.2	30,000	0.7	-0.2	-0.2	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 315E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,702E-04 \text{ g}^2 + 1,036E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error en cero E₀: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx × 10^{xx} (Ejemplo: E-05 × 10⁵)





LABORATORIO DE
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°224-2021 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2021-08-23

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL
MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS
AYACUCHO HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : PINZUAR LTDA.

MODELO : PG - 190

NÚMERO DE SERIE : 228

PROCEDECENCIA : COLOMBIA

IDENTIFICACIÓN : EQ - HN - 01

UBICACIÓN : Laboratorio

Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : Digital

Alcance de Indicación : 5 °C a 200 °C

División de Escala : 0,1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2021-08-20

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	20.0	20.2
Humedad Relativa %HR	42	42

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas	CC - 6319 - 2021

La Incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La Incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la Incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Téc. Gilmer A. Huamán Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología

☎ Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

✉ Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110°C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	113.7	110.4	107.5	107.3	108.1	110.3	110.4	108.4	108.6	110.0	109.5	6.4
02	110.0	114.4	110.7	107.8	107.2	108.3	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3	109.7	7.2
04	109.8	114.6	110.8	107.9	107.4	108.6	110.3	110.3	108.3	108.3	110.0	109.7	7.2
06	110.0	114.2	110.5	107.9	107.3	108.0	110.0	110.3	108.2	108.1	109.5	109.4	6.9
08	109.9	114.2	110.3	107.5	106.9	108.3	110.3	110.2	108.5	108.7	109.7	109.5	7.3
10	110.0	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
12	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
14	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
16	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
18	110.0	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
20	109.8	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
22	110.0	114.0	110.4	107.4	106.8	108.0	110.0	110.0	108.1	107.9	109.3	109.2	7.2
24	109.8	113.4	110.0	107.1	106.6	107.7	109.7	109.8	107.7	107.7	110.0	109.0	6.8
26	110.0	113.7	110.4	107.5	107.3	108.1	110.3	110.4	108.4	108.6	110.0	109.5	6.4
28	110.0	114.4	110.7	107.8	107.2	108.3	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3	109.7	7.2
30	110.0	114.6	110.8	107.9	107.4	108.6	110.3	110.3	108.3	108.3	110.0	109.7	7.2
32	109.9	114.2	110.5	107.9	107.3	108.0	110.0	110.3	108.2	108.1	109.5	109.4	6.9
34	110.0	114.2	110.3	107.5	106.9	108.3	110.3	110.2	108.5	108.7	109.7	109.5	7.3
36	109.9	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
38	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
40	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
42	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
44	110.0	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
46	109.8	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
48	109.8	114.0	110.4	107.4	106.8	108.0	110.0	110.0	108.1	107.9	109.3	109.2	7.2
50	110.0	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
52	110.0	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
54	110.0	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
56	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
58	109.9	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
60	109.9	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
T. PROM.	109.9	114.2	110.6	107.7	107.2	108.2	110.3	110.4	108.4	108.3	109.9	109.5	
T. MAX	110.0	114.6	110.8	107.9	107.5	108.6	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3		
T. MIN	109.8	113.4	110.0	107.1	106.6	107.7	109.7	109.8	107.7	107.7	109.3		
DTT	0.2	1.2	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114.6	0.3
Mínima Temperatura Medida	106.6	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.2	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7.1	0.3
Estabilidad Medida (±)	0.6	0.04
Uniformidad Medida	7.3	0.3

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
T. MAX: Temperatura máxima.
T. MIN: Temperatura mínima.
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenido en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

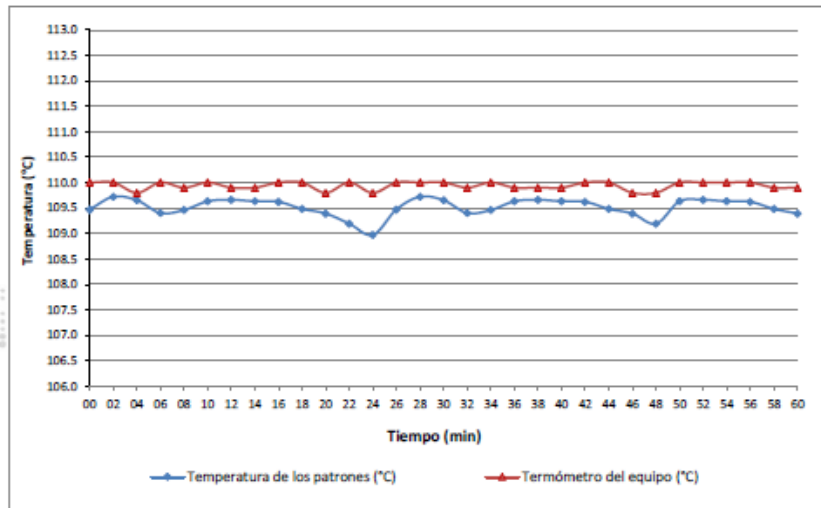
Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

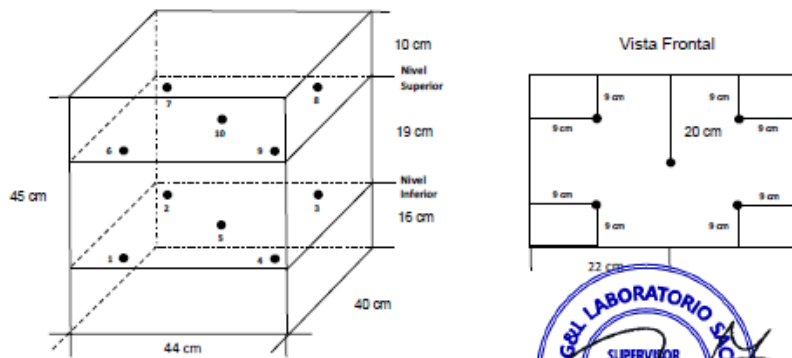


DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO

TEMPERATURA DE TRABAJO 110°C



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.





LABORATORIO DE
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE COPIAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of copies of this certificate and documents attached

FIRMA AUTORIZADA

Authorized signature

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

LABORATORIO

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

50 KN

PINZUAR LTDA.

PA – 9

051

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO

HUAMANGA - JESUS NAZARENO

AYACUCHO

T71P / DEF – A

5000 kgf

OHAUS / KELI

B504530209 / AGB8505

N° CC – 2046 – 2020

0.062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2021 – 08 – 20

2021 – 08 – 23

Pág. 1 de 3

3

Téc. Gilmar A. Huáscar Poduoma
Responsable Laboratorio de Metrología



☎ Teléfono:
(01) 622 – 5814
Cellular:
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

✉ Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

📍 Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de **G&L LABORATORIO S.A.C**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 225-2021 GLF

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA MANUAL PARA ENSAYOS CBR CON INDICADOR DIGITAL

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.002 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
		kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	5.000	5.03	5.10		5.08	
20	10.00	10.01	10.08		10.12	
30	15.00	14.97	14.85		14.89	
40	20.00	19.92	19.87		20.06	
50	25.00	24.82	25.15	No Aplica	25.18	No Aplica
60	30.00	29.70	29.81		29.63	
70	35.00	34.74	35.16		35.07	
80	40.00	39.85	40.08		40.11	
90	45.00	44.99	45.22		45.02	
100	50.00	49.97	49.78		49.84	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	5.000	-1.38	1.38			0.040	0.827
20	10.00	-0.70	1.09			0.020	0.646
30	15.00	0.65	0.81			0.013	0.483
40	20.00	0.25	0.95			0.010	0.578
50	25.00	-0.20	1.44	No Aplica	No Aplica	0.008	0.926
60	30.00	0.96	0.61			0.007	0.366
70	35.00	0.03	1.20			0.006	0.736
80	40.00	-0.03	0.65			0.005	0.422
90	45.00	-0.17	0.51			0.004	0.335
100	50.00	0.27	0.38			0.004	0.245
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 26.4 °C
Temperatura Máxima: 26.7 °C

Humedad Mínima: 35.0 %Hr
Humedad Máxima: 35.0 %Hr



Teléfono: (01) 622 - 5814
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 225-2021 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,96	1,44	No Aplica	No Aplica	0,00	0,020

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 2 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDE-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B504530209 / AGB8505, con incertidumbre del orden de 0,062 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 2046 – 2020.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6.4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta al certificado la estampilla de calibración No. 225-2021 GLF

FIRMA AUTORIZADA


Téo Sibrex A. Huamán
Responsable Laboratorio de Metrología





CERTIFICADO DE INSPECCIÓN N° 230 - 2021 GLW

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2021-08-23

1. SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C

DIRECCIÓN : JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE ELÉCTRICA DIGITAL

MARCA : PINZUAR LTDA. PROCEDENCIA : COLOMBIANA
MODELO : PS - 11A IDENTIFICACIÓN : EQ-CC-02
NUMERO DE SERIE : 132 TIPO : DIGITAL
ALCANCE DE : 0 a 999 VUELTAS UBICACIÓN : LABORATORIO
DIV. DE ESCALA : 1 VUELTAS
FECHA DE INSPECCIÓN : 2021-08-20

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La inspección se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.
JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	23,9	23,9
Humedad Relativa %HR	25	25

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de inspección documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

7. OBSERVACIONES

(*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.
El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERISTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	207,90	g
Espesor de la copa	1,99	mm
Profundidad de la copa	28,51	mm
Altura de la base	51,23	mm
Ancho de la base	124,97	mm
Longitud de la base	151,71	mm


SUPERVISOR
Ing. Guisela Antonia Huaman Poquiroma.
Responsable del Laboratorio de Metrología.
G&L LABORATORIO S.A.C.
TRAZABILIDAD LABORATORIO S.A.C. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección.

(*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C.

Anexo 11. Pantallazo de turnitin.

ROY NELSON YAULI CARDENAS | TESIS BORRADOR 01 REV 06 OK.pdf



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización con adición de PET triturado en subrasantes de baja calidad en el Jr. Mantaro, distrito de Pichari - Cusco, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Yauli Cárdenas, Roy Nelson (<https://orcid.org/0000-0002-8330-643X>)

ASESOR:
Dr. Benites Zuñiga, José Luis (<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de Infraestructura Vial

Resumen de coincidencias

18 %

1	hdl.handle.net	5 %
2	repositorio.ucv.edu.pe	4 %
3	Entregado a Universida...	1 %
4	Entregado a Universida...	1 %
5	repositorio.utea.edu.pe	1 %
6	www.coursehero.com	1 %
7	Entregado a Universida...	1 %
8	repositorio.uss.edu.pe	<1 %
9	repositorio.unjbg.edu.pe	<1 %
10	qdoc.tips	<1 %
11	envasespet.blogspot.c...	<1 %
12	repositorio.upn.edu.pe	<1 %
13	es.scribd.com	<1 %

Versión solo texto del informe | Alta resolución | Activado

Se muestra el porcentaje de similitud a través del turnitin.