

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, Cantera Chuyabamba, Chota, 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Andy Roy Tamay Ravillet**

**ASESOR**

**Angel Alberto Lorren Palomino**

<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>

**Chiclayo, 2022**

**Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular  
tratada con adición de PET reciclado triturado, Cantera  
Chuyabamba, Chota, 2021**

PRESENTADA POR  
**Andy Roy Tamay Ravillet**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Luis Quiroz Quiñones  
PRESIDENTE

Carlos Rafael Tafur Jimenez  
SECRETARIO

Angel Alberto Lorren Palomino  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, sin su guía, su ayuda y su bondad ningún logro sería posible.

A mis familiares, cada uno de ustedes aportan de una u otra manera con mi desarrollo personal y profesional.

## **Agradecimiento**

Al docente asesor Angel Lorren Palomino, por compartir sus conocimientos y dar sugerencias en el desarrollo del presente análisis.

A la recicladora Leo por brindar las facilidades pertinentes para la recolección de la materia no biodegradable, analizada en la presente investigación.

A la “Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo”, alma mater profesional.

A mis familiares, amigos, y personas que de apoyaron al progreso de este estudio.

# INFORME FINAL DE TESIS - TAMAY RAVILLET ANDY ROY

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%

## Índice

Resumen .....	12
Abstract .....	13
I. Introducción .....	14
II. Marco teórico.....	20
2.1. Antecedentes.....	20
2.2. Bases teóricas .....	23
2.2.1. Plástico .....	23
2.2.2. Tereftalato de polietileno (PET).....	24
2.2.3. Reciclado, triturado y reutilización del plástico.....	25
2.2.4. Propiedades de los agregados.....	25
2.2.5. Cantera .....	27
2.2.6. Suelos .....	28
2.2.7. Propiedades físicas de los suelos.....	30
2.2.8. Propiedades mecánicas de los suelos .....	34
2.2.9. Base granular para carreteras .....	34
2.2.10. Base granular tratada con polímeros .....	35
2.2.11. Definición de términos básicos .....	35
III. Metodología .....	37
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	37
3.2. Diseño de investigación.....	37
3.3. Población, muestra, muestreo .....	39
3.3.1. Población.....	39
3.3.2. Muestra de estudio .....	41

3.3.3. Muestreo.....	41
3.4. Criterios de selección.....	42
3.5. Operacionalización de variables.....	42
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44
3.6.1. Métodos.....	44
3.6.2. Técnicas.....	44
3.6.3. Instrumentos.....	45
3.7. Plan de procesamiento y análisis de datos.....	45
3.8. Matriz de consistencia .....	47
3.9. Consideraciones éticas.....	47
IV. Resultados .....	49
4.1. Características granulares del suelo de la cantera Chuyabamba.....	49
4.2. Características de la base granular tratada con PET .....	54
4.3. Uso del plástico PET reciclado triturado.....	62
4.4. Uso de la base granular tratada en la construcción vial .....	64
4.5. Comparación técnica.....	66
V. Resultados .....	68
5.1 Análisis estadístico.....	72
VI. Conclusiones .....	75
VII. Recomendaciones .....	76
VIII. Referencias .....	77
IX. Anexos .....	86
Anexo N° 1. Matriz de consistencia.....	86
Anexo N° 2. Panel fotográfico .....	87

Anexo N° 3. Autorizaciones y permisos .....	94
Anexo N° 4. Resultados de ensayos de laboratorio .....	100

## Lista de Tablas

Tabla 1. Polímeros termoplásticos .....	24
Tabla 2. Propiedades físico-mecánicas del suelo de la cantera Chuyabamba.....	28
Tabla 3. Clasificación según tamaño de partículas .....	32
Tabla 4. Sistema de clasificación SUCS .....	33
Tabla 5. Sistema de clasificación AASHTO .....	33
Tabla 6. Clasificación según equivalente de arena .....	34
Tabla 7. Requisito técnicas del material para base.....	35
Tabla 8. Ensayos físico-mecánicos a las bases granulares de análisis .....	41
Tabla 9. Operacionalización de variables .....	43
Tabla 10. Análisis de varianza (ANVA) .....	47
Tabla 11. Análisis granulométrico del suelo de la cantera Chuyabamba.....	49
Tabla 12. Límites de consistencia, cantera Chuyabamba.....	51
Tabla 13. Proctor modificado, cantera Chuyabamba .....	52
Tabla 14. Capacidad de soporte, cantera Chuyabamba.....	53
Tabla 15. Propiedades físico mecánicas del suelo natural .....	54
Tabla 16. Contenido de humedad, suelo con PET .....	56
Tabla 17. Análisis granulométrico, suelo con PET .....	56
Tabla 18. Límites de consistencia, suelo con PET .....	57
Tabla 19. Equivalente de arena, suelo con PET .....	57
Tabla 20. Porcentaje de desgaste, suelo con PET .....	57
Tabla 21. Proctor modificado, suelo con PET .....	58
Tabla 22. Capacidad de soporte, suelo con PET .....	58

Tabla 23. Propiedades físico mecánicas del suelo con 10% de PET .....	60
Tabla 24. Propiedades físico mecánicas del suelo con 20% de PET .....	61
Tabla 25. Propiedades físico mecánicas del suelo con 20% de PET .....	61
Tabla 26. Botaderos en la ciudad de Chota .....	62
Tabla 27. Plástico PET en la ciudad de Chota .....	63
Tabla 28. Precio del PET triturado por proceso industrial .....	63
Tabla 29. Precio del PET triturado por proceso artesanal .....	64
Tabla 30. Base granular tratada con adición de 20% de PET reciclado triturado .....	65
Tabla 31. Cantidad de PET para 1 m <sup>3</sup> de suelo granular .....	66
Tabla 32. Volumen de material para cubrir una ruta de 1.5 km x 7.20 m.....	66
Tabla 33. Comparación de las propiedades de una base natural y una base tratada con PET, cantera Chuyabamba .....	67
Tabla 34. Resumen de las propiedades físico-mecánicas del suelo de la cantera Chuyabamba con adición de PET reciclado triturado .....	71
Tabla 35. Datos para el análisis estadístico ANOVA .....	73
Tabla 36. Resumen análisis de varianza en software Minitab 18 .....	73
Tabla 37. Análisis de Varianza del CBR base natural y base tratada .....	74

## Lista de Figuras

Figura 1. Canteras cercanas a la ciudad de Chota .....	15
Figura 2. Tipos de canteras .....	27
Figura 3. Exploración, muestreo y muestra en canteras.....	28
Figura 4. Distribución volumétrica del suelo .....	29
Figura 5. Proceso de formación de suelos.....	29
Figura 6. Tipos de suelos según SUCS .....	30
Figura 7. Tipos de suelos según AASHTO .....	30
Figura 8. Curva granulométrica del suelo .....	31
Figura 9. Diseño de investigación experimental .....	38
Figura 10. Ubicación de la cantera Chuyabamba.....	39
Figura 11. Ruta a la cantera Chuyabamba.....	40
Figura 12. Dimensiones aproximadas de la cantera Chuyabamba.....	40
Figura 13. Curva de distribución granulométrica, cantera Chuyabamba.....	50
Figura 14. Curva de fluidez, cantera Chuyabamba .....	50
Figura 15. Clasificación AAHSTO, cantera Chuyabamba .....	51
Figura 16. Clasificación SUCS, cantera Chuyabamba.....	51
Figura 17. Curva de compactación del suelo, cantera Chuyabamba.....	52
Figura 18. CBR a los 56, 25 y 12 golpes, cantera Chuyabamba .....	52
Figura 19. Curva CBR, cantera Chuyabamba .....	53
Figura 20. Curva granulométrica, suelo con PET .....	56
Figura 21. Curva de fluidez, suelo con PET .....	57
Figura 22. Curva de compactación, suelo con PET .....	58

Figura 23. Curva CBR, suelo con 10% PET .....	59
Figura 24. Curva CBR, suelo con 20% PET .....	59
Figura 25. Curva CBR, suelo con 30% PET .....	60
Figura 26. Gráfica de residuos para CBR base natural y base tratada .....	74

## Resumen

Las canteras que se usan para la construcción vial en Chota, no cumplen con la gradación, plasticidad y resistencia, por lo que son mezcladas, para cumplir con los estándares de afirmado, subbase o base, siendo así, buscando darle un aporte ambiental el estudio tuvo como fin “Analizar las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, cantera Chuyabamba, Chota, 2021”. El estudio experimental tuvo como muestra a la base granular natural con suelo de la cantera Chuyabamba y la base granular tratada con adición de PET reciclado triturado. Como parte del estudio se recolectaron botellas plásticas de los botaderos de la ciudad de Chota, luego pasaron por un proceso de lavado, secado y triturado con diámetro de 2.00 mm, para ser mezclado en porcentajes de 0, 10, 20 y 30% respecto al peso del suelo natural. Se verificó que el suelo de la cantera Chuyabamba, no cumple con los requisitos técnicos del MTC (2014) para una base granular, no obstante, al utilizar PET al 10, 20 y 30%, la mezcla granular mejora sus características, pero a pesar de aumentar el CBR al 100% de la M.D.S. hasta 76.80, 78.20 y 77.60%, sigue estando por debajo del mínimo especificado por el MTC (2014), no obstante, la diferencia es de tan solo 1.80%. Finalmente, al comparar técnicamente las propiedades de la “base granular tratada con adición de 20% de PET reciclado triturado” y la base granular natural, se demostró que la base tratada presenta mejores características que el suelo natural, además de que permite reducir en un 90% la cantidad de residuos plásticos en los botaderos y calles de la ciudad, siendo beneficioso su usanza en la construcción de carreteras o reparación de pavimentos de vías chotanas.

**Palabras clave:** Material granular, gradación, CBR, proporción, comparación, suelo, mejoramiento, estabilización, plástico.

## Abstract

The quarries used for road construction in Chota do not comply with the gradation, plasticity and resistance, so they are mixed to meet the standards for pavement, subbase or base. Thus, in order to make an environmental contribution, the study was aimed at "Analyzing the physical-mechanical properties of a granular base treated with the addition of crushed recycled PET, Chuyabamba quarry, Chota, 2021". The experimental study had as sample the natural granular base with soil from the Chuyabamba quarry and the granular base treated with the addition of shredded recycled PET. As part of the study, plastic bottles were collected from the dumps in the city of Chota, then they went through a process of washing, drying and crushing with a diameter of 2.00 mm, to be mixed in percentages of 0, 10, 20 and 30% with respect to the weight of the natural soil. It was verified that the soil from the Chuyabamba quarry, does not meet the technical requirements of the MTC (2014) for a granular base, however, by using PET at 10, 20 and 30%, the granular mixture improves its characteristics, but despite increasing the CBR at 100% of the M.D.S. to 76.80, 78.20 and 77.60%, it is still below the minimum specified by the MTC (2014), however, the difference is only 1.80%. Finally, when technically comparing the properties of the "treated granular base with the addition of 20% crushed recycled PET" and the natural granular base, it was demonstrated that the treated base presents better characteristics than the natural soil, in addition to the fact that it allows a 90% reduction in the amount of plastic waste in the dumps and streets of the city, being beneficial its use in the construction of roads or repair of pavements of Chotan roads.

**Keywords:** Granular material, gradation, CBR, proportion, comparison, soil, improvement, stabilization, plastic.

## I. Introducción

La superficie granular en la mayoría de caminos se proporciona como la capa base de las carreteras, por lo que está sujeta con frecuencia a daños graves que afectan negativamente la transitabilidad, para evitar fallas prematuras, se deben seleccionar agregados fuertes (Li, et al. 2017), de lo contrario, se producen surcos en las capas del pavimento debido a la acumulación de deformaciones permanentes (Saberian, Li y Setunge 2019). No obstante, los materiales de cantera generalmente no cumplen con las especificaciones para su uso en capas granulares de pavimentos, pero mediante la estabilización su uso es viable (Dipti et al. 2020).

Las adiciones de materiales reciclables mejoran el rendimiento de los suelos granulares utilizados como material de base y subbase de carreteras (Rezaeian, et al. 2019), pero la utilización satisfactoria de cualquier escoria como material agregado requiere una comprensión de las diversas propiedades del producto, y su influencia en los parámetros mecánicos de la base o subbase granular (Kambole et al. 2019).

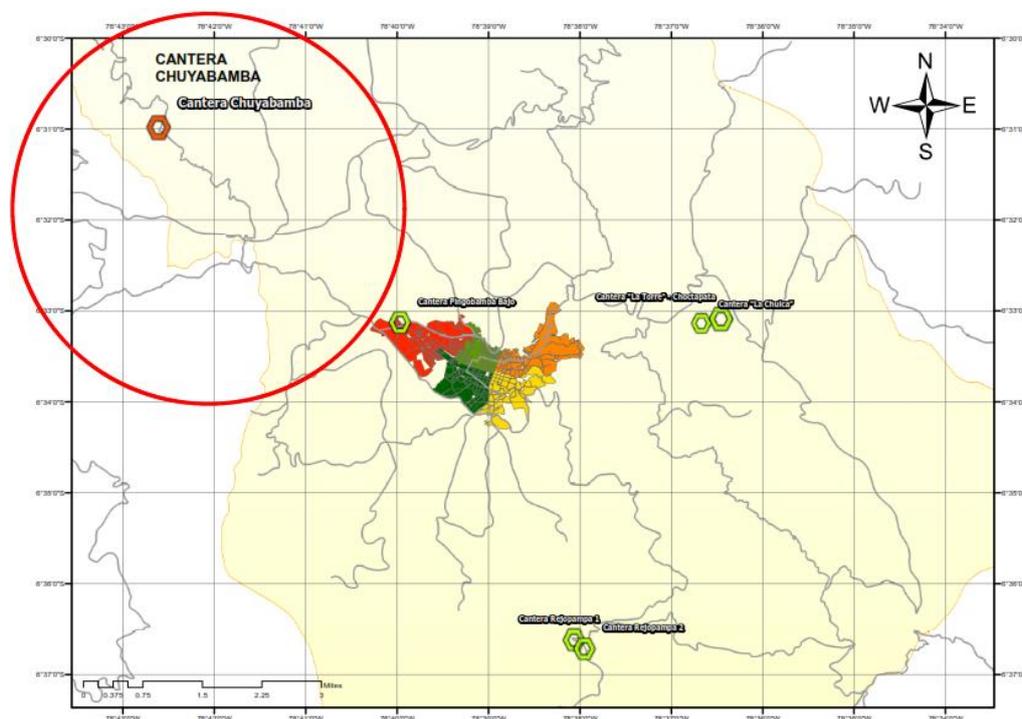
En Perú, los principales costos de mantenimiento de carreteras son el costo agregado y el flete desde las canteras hasta las zonas, en consecuencia, adquirir un material de superficie rentable, de alto rendimiento y ambientalmente sostenible para utilizarlo en carreteras granulares puede ser un desafío. (Satvati, et al. 2020). A esto se suma el aumento del volumen de residuos sólidos, mismo que constituye un desafío ambiental global (Pacheco-Torres y Varela 2019). La producción de desechos ha provocado la falta de sitios adecuados para la eliminación, lo que genera daños medioambientales, principalmente en las zonas urbanas (Mehrijardi et al. 2020) por ello es necesario evaluar su posible uso como base y subbase en la construcción de carreteras en reemplazo de los materiales de construcción tradicionales para disminuir la difusión de gases invernaderos y el uso de recursos naturales (Saberian, et al. 2020).

Una base granular tratada con la adición de materiales reciclados, sirve como medida de mitigación de fallas en carreteras, así como minimizador del polvo en estiaje y lodazal en épocas de lluvia (Bingqian 2019). El plástico de tereftalato de polietileno (PET) es uno de los tipos de plásticos más abundantes que contribuye al flujo de residuos sólidos urbanos (Perera et al. 2020), no obstante, Singh et al. (2019) asevera que las carreteras de plástico son más estables en caliente, así como no permeables a la erosión hídrica en la estación lluviosa. Razón por la que su uso en la construcción de carreteras mediante la sustitución de los materiales de escape convencionales puede ser una buena alternativa ecológica (Dombe, et al. 2019), pero para su aplicación es vital la evaluación de los parámetros geométricos, físico, mecánicos y

ambientales a fin garantizar la confianza en los materiales reciclados como agregado procesado triturado en las capas granulares de un pavimento (Freire, et al. 2019).

La red vial vecinal cajamarquina en el año 2018, estaba conformada por 4,382.5 km, 1,795.8 km y 5,805.4 km de vía afirmada, sin afirmar y trocha, respectivamente (MTC 2018), un total de 11,983.2 km de carreteras que requieren material granular para la construcción del pavimento, o mantenimiento de la red vial afirmada, no obstante encontrar materiales que cumplan los estándares del MTC (2014) no es una tarea fácil, motivo por el que se termina seleccionando agregados con baja capacidad de soporte, aun cuando existe una diferencia significativa en el costo de construcción de un pavimento con capa granular convencional y un pavimento con capa granular tratada (Bodhgire, Shinde y Kakade 2019).

En Chota, los pavimentos se construyen con suelo granula traído de sectores cercanos a las vías, sin antes pasar por un análisis de canteras, para verificar su calidad en proporción y resistencia, por lo que frecuentemente el material granular de las canteras del distrito de Chota cumple con los estándares del MTC para afirmado, pero no logra tener la gradación, plasticidad y capacidad de soporte de una subbase y base (Ticlla 2021).



**Figura 1. Canteras cercanas, Chota**

Fuente: propia

Cerca de la ciudad de Chota solo se pueden visualizar seis canteras de las cuales dos están ubicadas en Rejopampa Alto, dos en Choctapata, una en Pingobamba Bajo, y la última en Chuyabamba (Ticlla 2021), siendo esta última la única que abastece a la zona Noroeste del distrito de Chota, tal como se puede observar en la Figura 1, así mismo, el suelo granular de la cantera Chuyabamba ha sido manipulado para la conformación de la superficie de rodadura de las carreteras Chota – Campamento, Chota – Chuyabamba, Chota – Llasavilca, entre otras, y como afirmado para algunas calles de la ciudad de Chota (Municipalidad Provincial de Chota 2021, Gonzales 2020).

La cantera Chuyabamba es una de las principales canteras de material de afirmado utilizada para la construcción de la capa de rodadura de las vías aledañas, pero no tiene estudios previos que garantice su cumplimiento con los estándares del MTC (2014), así mismo usar materiales de desecho en lugar de los materiales tradicionales en la construcción de vías permite la elaboración de bases granulares tratadas técnicamente viables (Xiao, et al. 2020), con menores costos, eliminación de desechos materiales que causan la contaminación ambiental y la preservación de los materiales naturales (Saltan e Inkaya, 2020), más aún en ciudades como Chota donde se está incrementando los desechos PET. La recicladora Leo recolecta aproximadamente 25 Tn/año de residuos PET (Anexo 3) y de los residuos de competencia municipal 75 Tn/año son plásticos según Rabanal (2017), por tanto, existiría una disponibilidad de 100 Tn/año de desechos PET, pero su uso debe ser validado mediante herramientas mecánicas, que se pueden usar de manera efectiva para estimar los parámetros críticos de respuesta de las bases granulares (Tingle 2019). La gradación y la capacidad de soporte (CBR) son parámetros para identificar mezclas potenciales de calidad para la producción y construcción de materiales granulares con elementos reciclados para su uso como base y subbase en carreteras (Townsend, et al. 2020), por ello se ha propuesto realizar el “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, cantera Chuyabamba, Chota, 2021”.

### **Formulación del problema**

¿Existirá diferencia significativa en las propiedades físico-mecánicas de una base granular al ser tratada con adición de PET reciclado, para validar que tiene mejores características que el suelo seco de la cantera Chuyabamba, Chota?

## **Formulación de la hipótesis**

H1: Existe diferencia significativa entre las propiedades físico-mecánicas de una base granular al adicionarse 0%, 10%, 20% y 30% de PET reciclado triturado respecto al peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba, Chota.

## **Objetivo general**

Analizar las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, para validar que tiene mejores características que el suelo de la cantera Chuyabamba, Chota.

## **Objetivos específicos**

Verificar las características granulares del suelo de la cantera Chuyabamba, Chota, según los requisitos técnicos del MTC (2014).

Utilizar el PET al 10%, 20% y 30% del peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba para elaborar una base granular tratada.

Reducir el 90% del plástico PET acumulado en botaderos y calles de la ciudad de Chota, para reducir la contaminación ambiental.

Crear un nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” para su uso en la construcción de carreteras o reparación de pavimentos de vías chotanas, según la disponibilidad de los residuos plásticos.

Comparar técnicamente las propiedades físico-mecánicas del nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” y una base granular natural con suelo de la cantera Chuyabamba, para su uso en la ciudad de Chota.

## **Justificación**

El actual crecimiento poblacional ha traído consigo problemas medio ambientales, con el desecho de gran cantidad de material plástico, mismo que particularmente en la ciudad de Chota, no recibe un tratamiento adecuado, debido a la inexistencia de rellenos sanitarios, los residuos sólidos son dispuestos en botaderos a las afueras de la ciudad, convirtiendo esto en un foco de infección, aun cuando estudios internacionales han mostrado su facilidad de uso para la construcción de carreteras (Singh et al. 2019), razón a priori para plantear un estudio que permita medir la influencia de la añadidura de PET reciclado triturado en las peculiaridades

físico-mecánicas de una base granular elaborada con suelo de la cantera Chuyabamba, cantera de gran uso y demanda para la construcción de las calles y carreteras de la zona oeste del distrito de Chota.

*En el aspecto científico*, aunque a nivel internacional se han realizado muchos estudios para explorar la usanza de elementos de desecho en pavimentos viales, sigue siendo necesario plantear nuevos análisis de materiales reciclables para el mejoramiento del material de cantera a fin de que se use como base o subbase granular (Saberian y Li, 2019). En el distrito y provincia de Chota, no existen investigaciones que utilicen plástico reciclado triturado (PET) para tratar el afirmado de la cantera Chuyabamba, a fin de que pueda cumplir con los requisitos técnicos de una base granular, para su uso en la construcción de calles y carreteras de la ciudad. El análisis obtendrá datos científicos de relevancia internacional que pueden ser presentados en revistas indexadas.

*En el aspecto técnico*, el análisis se ha efectuado en base a las normas técnicas peruanas (NTP) para garantizar la confiabilidad de los parámetros del suelo natural de la cantera Chuyabamba, y su efecto al ser tratada con plástico de tereftalato de polietileno (PEAT) reciclado y triturado, para darle la finalidad de base granular. Así mismo, si la base tratada cumple los estándares del MTC (2014) puede ser utilizada para la construcción del pavimento en calles y vías, así mismo, puede representar una propuesta para mejorar el material de afirmado que actualmente se coloca a las vías no pavimentadas, y que sufre un deterioro rápido producto de las fuertes precipitaciones dadas en la región cajamarquina, razones que validan la importancia del proyecto de investigación.

*En el aspecto económico*, una base granular tratada demanda un menor costo de construcción y mantenimiento en carreteras (Li et al. 2017) siempre y cuando esta base cumpla los estándares técnicos para su uso en proyectos viales, por lo que el investigador tiene el mayor interés en el desarrollo del estudio, para lo cual cuenta con los recursos económicos necesarios, mismos que serán autofinanciados.

*En el aspecto social*, la investigación será de gran utilidad para ingenieros civiles, consultores, ejecutores, y demás personas relacionadas con el rubro de la infraestructura vial. Así mismo, será el inicio del desarrollo de investigaciones para la producción de nuevos materiales granulares que puedan ser aplicados en carreteras en el distrito de Chota. Muchas veces se busca mejorar la subrasante de una vía por procesos costosos y que demanda el uso de aditivos químicos, cuando se puede aplicar sobre la capa natural un material granular de mayor

resistencia, tal como se está proponiendo en la presente investigación. Es decir, con la elaboración de una base tratada, de material granular de cantera y residuos plásticos PET, se espera conseguir una base granular con mejores parámetros técnicos, para su uso en carreteras de la ciudad de Chota, garantizando así vías con mejores características de transitabilidad que perduren en el tiempo, además de resistir las inclemencias climatológicas actuales, brindando así una solución social, al mal estado vial actual de las vías afirmadas del distrito de Chota. Así mismo, el uso de este material, incrementará la necesidad de mano de obra, aumentando los puestos de trabajo en el distrito de Chota, para la elaboración de una base tratada.

*En el aspecto ambiental*, el uso de un material de desecho por medio de actividades de reciclaje, garantiza el aspecto ambiental de la investigación, debido a que una base tratada con PET reciclado triturado soluciona el grave problema de la eliminación de residuos de plástico, mediante el uso de desechos como botellas de plástico, polímeros, vasos, etc., pulverizándolos o triturados mezclándolos con suelo de una cantera para su aplicación como base granular (Singh et al. 2019), lo que también garantiza un menor uso de áridos naturales, y por ende mayor cuidado del entorno natural. A través de la ejecución de la investigación, en la ciudad de Chota se disminuirá la cantidad de plástico PET desechado en vertederos y en las calles de la ciudad, disminuyendo la contaminación ambiental, por medio de la aplicación de elementos no degradables como adicinante para la elaboración de una base tratada. En la ciudad de Chota, para el afirmado y pavimentación de calles y avenidas es común el uso de material granular de canteras, pero este recurso natural al no ser un recurso renovable, disminuye su disponibilidad, lo que genera a la larga el cierre y apertura de nuevas canteras, pero este proceso genera la degradación de los ecosistemas y el entorno ambiental, debido a que en las áreas donde se instala una cantera ya no vuelven a su estado natural, destruyendo la vegetación y generando la difusión de polvo en el instante de la explotación, pero al disminuir la necesidad de extracción de material debido al remplazo parcial de este material por plástico PET reciclado, también se está disminuyendo los efectos negativos de la extracción de material granular y manteniendo los efectos positivos que genera la creación de una base granular tratada, como mayor cantidad de trabajo, siendo así el proyecto logra dos beneficios marcados en el aspecto ambiental, el uso de residuos plásticos PET y la disminución en la cantidad de material granular explotado.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes

**Arualrajah, Arul, Sahan Perera, Yat Choy Wong, Suksun Horpibulsuk, y Farshid Maghool. 2020. “Stiffness and flexural strength evaluation of cement stabilized PET blends with demolition wastes”. *Construction and Building Materials*, (april), 239-1.**

Arualrajah et al. (2020) caracterizaron las mezclas de PET al 3% y 5% (en masa) con agregado de concreto reciclado (RCA) y ladrillo triturado (CB) estabilizados con cemento al 3% mediante análisis de capacidad portante, flexión y módulos resilientes. Concluyeron que la mezcla estabilizada con PET al 5%, RCA y CB tienen propiedades físicas y resistentes que cumplen las exigencias de la autoridad vial para su usanza como bases/subbases viales.

**Kuman, Sachin y Magandeeep. 2020. “Effects on Bitumen Mix by Using Wollastonite and Recycled Polyethylene Terephthalate Granules as Fillers”. *Journal of Xidian University*, 14-9.**

Kuman y Magandeeep (2020) determinaron que la adición de PET hasta un 7% genera incremento de las propiedades resistentes y de estabilidad de bases granulares para la elaboración de pavimento flexible.

**Cabrera, M., P. Pérez, J. Rosales y F. Agrela. 2020. “Feasible Use of Cathode Ray Tube Glass (CRT) and Recycled Aggregates as Unbound and Cement-Treated Granular Materials for Road Sub-Bases”. *Materials*, 6 (february), 13-3.**

Cabrera et al. (2020) determinaron la viabilidad para el uso de pantallas de tubo de rayos catódicos (CRT) como áridos reciclados (RA) para su uso como base y subbase vial, mediante el análisis de la capacidad de carga.

**Teijón-López-Zuazo, Evelio, Ángel Vega-Zamanillo, Miguel Ángel Calzada-Pérez y Ángel Robles-Miguel. 2020. “Use of Recycled Aggregates Made from Construction and Demolition Waste in Sustainable Road Base Layers”. *Sustainability*, 18 (august), 12-16.**

Teijón-López-Zuazo, et al. (2020) utilizaron y reciclaron agregados de la trituración exclusiva de despojos de hormigón estructural (CBWRCon) y materiales cerámicos mixtos (CDWRCer) en demoliciones selectivas, para el diseño de mezclas granulares que

cumpliesen con la capacidad portante de una base y subbase para sistemas viales, como vías urbanas y aparcamientos, que tengan baja intensidad de tráfico pesado.

**Molina Vinasco, Gloria Milena, Luisa María Bedoya Blandón, y Mauricio Ocampo Martínez. 2016. “Análisis para el mejoramiento de la resistencia de la sub-base granular al ser mezclada con materiales no biodegradables”. Tesis de grado, Universidad Libre Seccional Pereira.**

Molina, Bedoya y Ocampo (2016) concluyeron que la adición de 70% de subbase y 30% PET logra mejorar la infraestructura vial rígida o flexible, no obstante, se recomienda realizar una investigación más detallada para la mezcla 40% PET y 60% Subbase, por su posible aplicación a vías terciarias, pisos de pasques o plazoletas.

**Alvarado Lara, Christian Romel y Holger Jaime Zegarra Bobadilla. 2019. “Estudio comparativo del material granular proveniente de la cantera Sojo-Sullana para subbases de pavimentos flexibles con adición del polímero PET reciclado”. Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.**

Alvarado y Zegarra (2019) utilizaron material de la cantera Sojo combinado con 3%, 2%, 1% y 0.5% de PET reciclado en fibra, para determinar el porcentaje con el que se incrementa el CBR, disminuya el peso y los costos de aplicación. Concluyeron que el costo se puede reducir hasta un 7% y a la vez cuida el medio ambiente.

**Cárdenas Silvera, Diego Antonio. 2018. “Mejoramiento de la base granular adicionando estabilizador químico CON—AID CBR Plus en carretera Juliaca -limite Bolivia. Km 210+750 – 263+000, Departamento de Puno”. Tesis de grado, Universidad César Vallejo.**

Cárdenas (2018) adicionó el estabilizador químico en dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% al suelo granular de una cantera en Juliaca, con lo que concluyó que esta adición mejora sus propiedades mecánicas sin afectar las demás propiedades.

**López Rodríguez, Luis Erick. 2019. “Capacidad de soporte de sub-base granular de pavimentos flexibles con áridos reciclados mixtos seleccionados aplicando 3% de cloruro de magnesio”. Tesis de grado, Universidad San Pedro de Chimbote.**

López (2019) planteó una mezcla de agregados compuestos reciclados y 3% de cloruro de magnesio en remplazo del material de cantera para lograr subbases que cumplan los requisitos técnicos. Concluyó que la adición de cloruro de magnesio y agregados reciclados

al material de afirmado, logra un incremento significativo de hasta 31.76% en el CBR, no obstante, no clasifican como subbase granular según los estándares del MTC.

**Vásquez Valderrama, Félix Juan y Nilger Nicolás Manrique López. 2018. “Sub base y base tratada con incorporación de cemento portland tipo I, en carretera Cálic Luya Lamud, Chachapoyas – Amazonas 2018”. Tesis de grado, Universidad César Vallejo.**

Vásquez y Manrique (2018) elaboró 56 muestras de material granular sin y con adición de cemento, concluyendo que al incorporar cemento el material de cantera necesario para la elaboración de subbase y base para el pavimento de la carretera Cálic Luya Lamud, se reduce en 37.30%.

**Flores León, Paola Imelda. 2019. “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la Clínica USAT, 2018-2019”. Tesis pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.**

Flores (2019) para optimizar los parámetros físico-mecánicos del suelo, obteniendo resultados propicias al sumar 1.15% de fibras plásticas. Este estudio sirve de referente para los análisis físico-mecánicos del suelo, no obstante la aplicación del material PET es diferente, mientras que Flores (2019) lo aplica en forma de fibra, en la presente investigación se propone la trituración del plástico, así mismo, en el antecedente se buscó mejorar la subrasante de una zona específica, mientras que en el estudio propuesto se pretende mejorar el material de afirmado, para que pueda ser aplicado a cualquier carretera o calle del distrito de Chota.

**Vásquez Torres, Jhonny. 2019. “Evaluación de la mezcla de agregados de las canteras El Guitarrero y Piedra Chancada del río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca”. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.**

Vásquez (2019) planteó tres mezclas de análisis con 80% de suelo de la cantera El Guitarrero (fino) y 20% de piedra chancada (grueso), 70% de fino y 30% de grueso, 60% de fino y 40% de grueso. Concluyendo que el porcentaje que cumple los requisitos del MTC (2013) es 60 y 40% del suelo El Guitarrero y grava triturada, respectivamente.

**Chalán Machuca, Edwin Gerald. 2018. “Análisis de la disminución del espesor de un pavimento rígido estabilizando la sub base con cemento”. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.**

Chalán (2018) estabilizó la subbase de la cantera del Río Chonta con cemento al 1.12% del peso de los agregados, para mejorar su capacidad de soporte y disminuir el grosor de la losa rígida para el diseño de la Av. Industrial entre las Av. San Martín y Vía Evitamiento, concluyendo que al estabilizar la base los espesores varían de 24 a 21 cm para la losa de concreto, y el costo de construcción disminuye en 3.47%.

**Cusquisibán Ocas, Wilder Danny. 2014. “Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento”. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.**

Cusquisibán (2014) utilizó un material granular reciclado como es el caucho granular para mejorar el suelo de la carretera Porongo – Sebastián Díaz Marín – Zarate Miranda del distrito de Baños del Inca, concluyendo que al adicionar 60% de caucho granular los suelos alcanzan 41% de CBR cumpliendo con las especificaciones del MTC (2014).

**Herrera Rojas, Rosmery Sarita. 2014. “Efecto del cemento Portland tipo 1, como estabilizante del material granular de la cantera El Guitarrero para bases de pavimentos”. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.**

Herrera (2014) utilizó el cemento al 1, 2 y 4% en peso, como método de tratamiento del suelo de la cantera El Guitarrero, concluyendo que la dosificación óptima es 1% debido a que incrementa el CBR hasta 144.43%, por lo que porcentajes mayores no se justifican técnica ni económicamente.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Plástico**

Los plásticos son polímeros sintéticos originados por composición orgánica, son materias orgánicas de gran masa molecular que se extractan colectivamente de agregados de poca masa molecular. Además, es probable elaborar plásticos por transformación química de elementos naturales de mayor masa molecular (Cristán, Ize y Gavilán 2003, 67). Los polímeros pueden ser termoestables, termoplásticos y elastómeros (Garavito 2008, 10).

**Tabla 1.****Polímeros termoplásticos**

Nombre	Código	Características
Polietileno Tereftalato (PET)		Es claro, lavable y no absorbe la humedad. La inmensa mayoría de este plástico termina en las botellas de bebida.
Polietileno de alta densidad (PE-HD)		Este polímero tiene mejores propiedades mecánicas que el PE-BD, ya que posee mayor densidad.
Cloruro de polivinilo (PVC)		Tiene una transparencia excelente, alta resistencia química, resistencia a la humedad, y buenas propiedades eléctricas.
Polietileno de Baja Densidad (LDPE)		Es utilizado en películas flexibles y relativamente transparentes. Tiene un bajo punto de fusión. T
Polipropileno (PP)		Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino.
Poliestireno (PS)		El PS es un plástico muy versátil que puede ser rígido o formado.

Fuente: (Garavito 2008, 13)

### 2.2.2. Tereftalato de polietileno (PET)

Plástico completamente transparente, sin color o verde, que se puede encontrar en botellas de agua mineral, gaseosas o limonadas, tiene como principales características (Roben 2003, 3-6)

- Gran firmeza mecánica. Inflexibilidad.
- Área dura, idónea para proveer resplandor
- Fijeza dimensional y buena dureza química
- Mayor densidad que el agua
- Buenas peculiaridades tribológicas
- Excelentes parámetros eléctricos y medianamente dieléctricos

### **2.2.3. Reciclado, triturado y reutilización del plástico**

#### Reciclaje

Trasformación fisicoquímica o mecánica que radica en usar un elemento ya esgrimido a un período de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo elemento. Además, se puede considerar como la producción de elementos a partir de despojos dándoles una nueva vida útil, se origina por la consunción de recursos naturales en un horizonte económico general, de tal forma que se alcance la eliminación de modo eficiente de los residuos (Valdez 2012, 16).

#### Lavado y secado

Procedimiento general para el reciclado de elementos plásticos posconsumo que generalmente tiene muchas impurezas pegadas. La eficacia del lavado afecta la calidad del elemento reciclado. A más impurezas tenga el reciclado mayor será la dificultad para su procesado posterior y será mayor también el costo del proceso. Regularmente el lavado se efectúa con agua, asimismo es posible usar otras sustancias (Franco-Urquiza, Ferrando, Luis y Maspoch 2016, 229).

#### Trituración del PET

La trituración se puede realizar por medio de una cizalla de forma manual o por maquinas como la “Trituradora PET G-34” que se utiliza para trozar (Ramos 2014, 44).

#### Tamizado

El tamizado es el proceso por el cual se definirá la granulometría del residuo PET triturado para su uso como adiconante en la mejora del CBR. (Franco-Urquiza, et al. 2016, 229)

### **2.2.4. Propiedades de los agregados**

#### Contenido de humedad

Contraste entre el agua evaporable y la filtración en la masa seca del suelo (MTC 2016).

#### Granulometría

Para encontrar la granulometría de los agregados se debe estimar el porcentaje que pasa y porcentaje sobre cada tamiz con aprox. de 0.1% sobre la base del peso total de la muestra inicial seca (MTC 2016).

Peso específico de masa (Pem):

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} * 100$$

Peso específico de masa saturado con superficie seca (Pesss)

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} * 100$$

Peso específico aparente (Pea)

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} * 100$$

Absorción (Ab)

$$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} * 100$$

Dónde:

- Pem = Peso específico de masa.
- Wo = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g;
- V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>
- Va = Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> de agua añadida al frasco.

Peso unitario

Es para agregado en estado seco, a fin de encontrar el peso unitario suelto; y varillado para determinar el peso unitario compactado (MTC 2016).

$$M = \frac{(G - T)}{(V)}$$

$$M = (G - T) * F$$

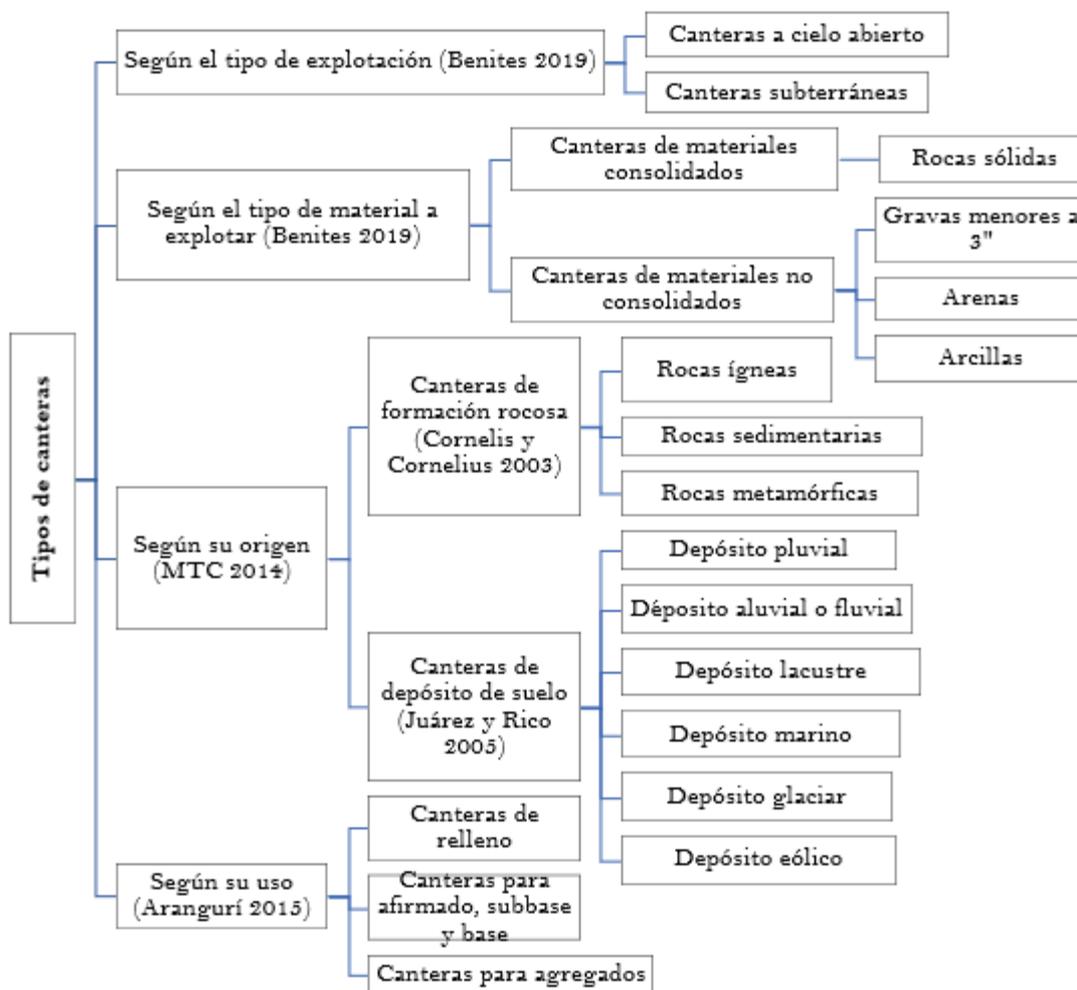
Donde:

- M = Peso unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>)
- G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)
- T = Peso del recipiente de medida en kg (lb)
- V = Volumen del recipiente de medida en m<sup>3</sup> (pie<sup>3</sup>)
- F = Factor del recipiente de medida en m<sup>-3</sup> (pie<sup>-3</sup>)

### 2.2.5. Cantera

Banco de suelo, que es extraído para obtener materiales como: arena, mármol, base o subbase, etc. (Lozada 2018)

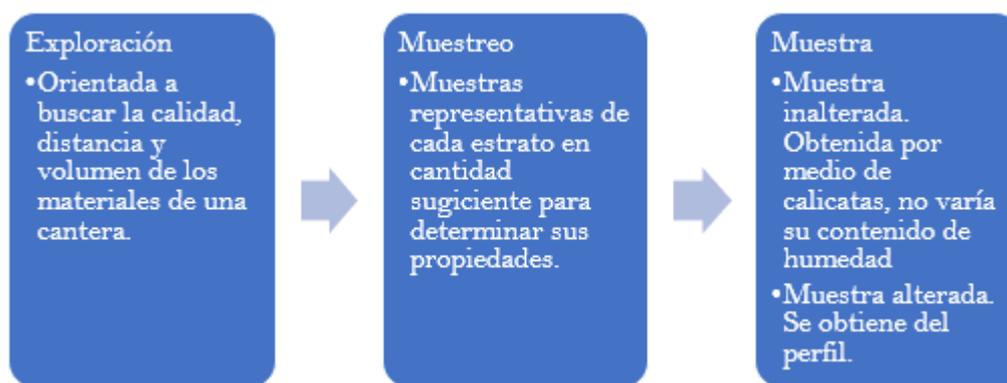
Cantera se utiliza para mencionar a una fuente de explotación de materias primas para edificación y proyectos viales (Herrera y Pla 2006, 8).



**Figura 2. Tipos de canteras**

Fuente: (Ticlla 2020)

El material de cantera es aquel que tiene las propiedades y proporciones apropiadas para su uso en proyectos de infraestructura (MTC 2018, 16), para su análisis primero se tiene que realizar un proceso de exploración, muestreo y toma de muestra.



**Figura 3. Exploración, muestreo y muestra en canteras**

Fuente: Adaptado de (Acosta 2017, 24; Lozada 2018, 40-41)

La cantera Chuyabamba presenta las siguientes características físico-mecánicas:

**Tabla 2.**

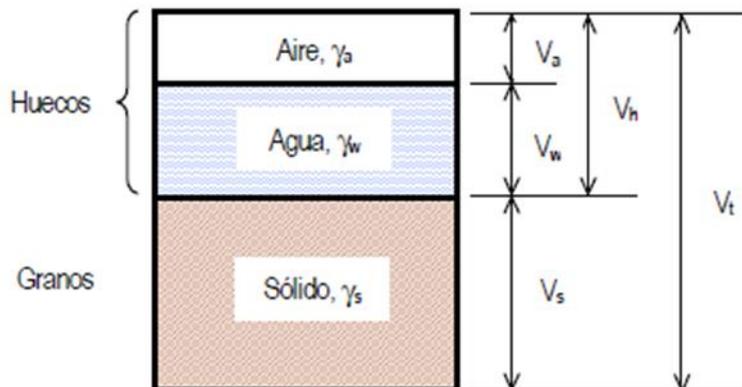
**Parámetros del suelo de la cantera Chuyabamba**

Cantera	Chuyabamba
Clasificación AASHTO	A – 1 – b (0)
LL	22.56
LP	18.46
IP	4.10
Máxima densidad	2.134
Humedad optima	6.30%
Abrasión	37.90%
CBR al 95%	39.50%
CBR al 100%	75.38%

Fuente: (Resultados de ensayos de laboratorio 2021). Elaboración propia.

### 2.2.6. Suelos

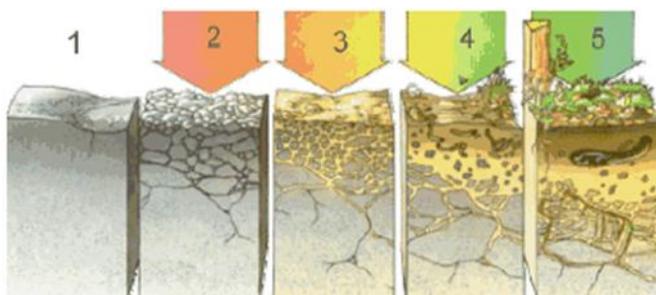
El suelo es el agregado no cementado formado por granos minerales, materia orgánica, líquido y gas que ocupa las zonas vacías entre partículas sólidas (Braja 2001).



**Figura 4. Distribución volumétrica del suelo**

Fuente: (Grupo geotecnia 2015).

Los suelos se constituyeron por la interacción de diversas circunstancias o presiones que maniobraron sobre la roca madre, tales como clima, relieve, organismos (vegetación, microorganismos, hombre) y el tiempo (Ramírez, Valencia y Vela 2018).



**Figura 5. Proceso de formación de suelos**

Fuente: Zapata 2018.

Nota: 1. Roca madre, 2. Acción mecánica, 3. Acción química, 4. Acción biológica, 5. Acción Conjunta mecánica – química – biológica.

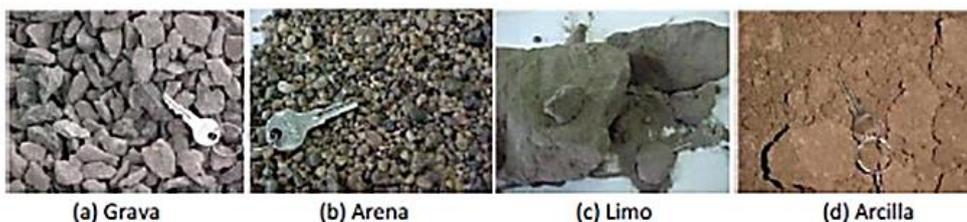
Los suelos según Crespo (1985) pueden dividirse en:

Gruesos:

- Gravas. Fragmentos de rocas con diámetros de 4.75 mm a 7.62 cm (3”).
- Arenas. Material formado por finos que surgen de la descomposición de las rocas, tienen tamaños entre 0.075 mm a 4.75 mm, no son plásticos y se comprimen de manera instantánea al aplicar una carga.

Finos:

- Limo. Suelos muy finos con diámetros menores a 0.075 mm. Los limos inorgánicos producidos en canteras son suelos con poca o nula plasticidad, mientras que los limos orgánicos son altamente compresibles.
- Arcillas. Partículas que miden 0.075 mm cuya principal propiedad es volverse muy plástica al combinarse con agua.
- Turbas. Proviene de la descomposición del material orgánico.



**Figura 6. Tipos de suelos según SUCS**

Fuente: Zapata 2018.

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

**Figura 7. Tipos de suelos según AASHTO**

Fuente: (MTC 2014, 29)

### 2.2.7. Propiedades físicas de los suelos

Contenido de humedad

Es la analogía del porcentaje del peso de agua en una masa de suelo, y el peso de las partículas sólidas (MTC 2016)

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

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

- W = es el contenido de humedad, (%)
- Mcws = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- Mcs = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
- Mc = es el peso del contenedor, en gramos
- Mw = es el peso del agua, en gramos Ms = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

### Distribución granulométrica

Permite clasificar a los suelos según las disímiles dimensiones de las partículas que forman el suelo (Alonso, Vinajera y Rodríguez 2006). Consiste en pasar el suelo por la estufa hasta que se pulverice, para luego hacer pasar la muestra por una serie de tamices decrecientes y conocidos, de tal forma que se registre los porcentajes retenidos en cada malla (Duque y Escobar 2016, 27).

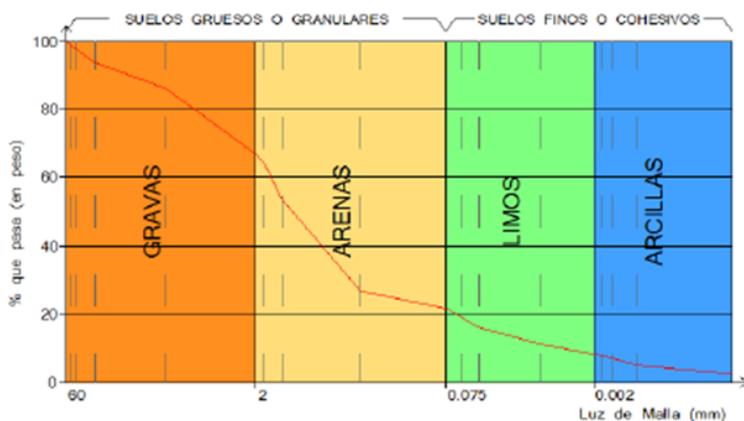
Cálculo:

$$\% \text{ Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0.074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Cálculo del porcentaje retenido y que pasa sobre cada tamiz:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$



**Figura 8. Curva granulométrica del suelo**

Fuente: (Zapata 2018).

### Consistencia del suelo

Los límites de Atterberg definen el estado de fluidez o plasticidad del suelo, caracterizan al suelo (Pérez y Trujillo 2017, 2).

Límite líquido (LL). Contenido de agua para que un suelo pase de estado plástico a líquido. (Braja 2001)

Para calcular el LL se realiza con la formula siguiente: (García 2017, 79)

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

- W= Humedad, en %
- Ww = Peso de la muestra húmeda, en g
- Ws = Peso de la muestra seca, en g

Límite plástico (LP). Es el contenido de agua en porcentaje que genera una transición de estado semisólido a plástico. (Braja 2001)

Índice plástico (IP) Diferencia aritmética entre el LL y el LP.

$$IP = LL - LP$$

**Tabla 3.**

***Clasificación según tamaño de partículas***

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP>20	Alta	Suelo muy arcilloso
20>IP>7	Media	Suelo arcilloso
IP<7	Baja	Suelo poco arcilloso
IP=0	No plástico (NP)	Suelo exento de arcilla

Fuente: (MTC 2014, 37)

Sistema de clasificación del suelo

**Tabla 4.**

**Sistema de clasificación SUCS**

FINOS $\geq 50\%$ pasa malla # 200 (0.08 mm)						
Tipo de suelo	Símbolo	Límite líquido	Índice de plasticidad (IP)			
Limos inorgánicos	ML	<50	<0.73 (Wl - 20) o < 4			
	MH	>50	<0.73 (Wl - 20)			
Arcillas inorgánicas	CL	<50	<0.73 (Wl - 20) y < 7			
	CH	>50	>0.73 (Wl - 20)			
Limos y arcillas orgánicas	OL	<50	**wl seco al horno $\leq 75\%$ del wl seco al aire			
	OH	>50				
Altamente orgánicos	P1	Material orgánico fibroso				
Si IP $\geq 0.73(Wl - 20)$ o si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (Wl - 20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH						
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente Wl seco al horno.						
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica. Ej.: CH-MH en vez de CL-ML						
Si Wl = 50; CL-CH o ML-MH						
GRUESOS < 50% pasa malla # 200 (0.08 mm)						
Tipo de suelo	Símbolo	% ret. malla N° 4	% pasa malla N° 200	CU	CC	** IP
Gravas	GW	>50% de lo ret. en 0.08 mm	<5	>4	1 a 3	
	GP			$\leq 4$	<1 ó >3	
	GM		>12			<0.73 (wl-20) o <4
	GC					<0.73 (wl-20) o <7
Arenas	SW	< 50% de lo ret. en 0.08 mm	<5	>6	1 a 3	
	SP			$\leq 6$	<1 ó >3	
	SM		>12			<0.73 (wl-20) o <4
	SC					<0.73 (wl-20) o <7
*Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC						
** Si IP = 0.73(Wl-20) o si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (Wl-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica. Ej.: GW-GM en vez de GW-GC.						
$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$				$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} + D_{10}}$		

Fuente: (Pastor 2013, 18)

**Tabla 5.**

**Sistema de clasificación AASHTO**

Grupo	Suelos granulares (< 35% pasa 0.08 mm)						Suelos Finos (> 35% bajo 0.08 mm)				
	A1		A3	A2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			A-7-5 A-7-6	
2 mm	$\leq 50$										
0.5 mm	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 51$								
0.008mm	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$			$\geq 36$				
W1				$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$
IP	$\leq 6$		NP <sup>(1)</sup>	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$
Descripción	Gravas y arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Calidad	Excelente a bueno						Pobre a malo				

Fuente: (Pastor 2013, 16)

### 2.2.8. *Propiedades mecánicas de los suelos*

Proctor modificado

Esta prueba incluye los procesos de compactación dados en laboratorio, para estimar la correlación entre el contenido de Agua y peso unitario seco del suelo (curva de compactación). (MTC 2016)

CBR

Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo (MTC 2018, 7). Prueba de correlación de soporte, es el proceso que en condiciones de humedad y densidad controlada estima la firmeza al corte del suelo (Botía 2015, 133).

Equivalente de arena

Es la relación del contenido de finos en la muestra (MTC 2014).

**Tabla 6.**

***Clasificación según equivalente de arena***

<b>Equivalente de arena</b>	<b>Características</b>
EA > 40	Suelo no plástico. Es arena
40 > EA > 20	Suelo poco plástico, no heladizo.
EA < 20	Suelo plástico y arcilloso.

Fuente: (MTC 2014, 37)

Abrasión

Permite estimar la firmeza a degradación usando el equipo de los ángeles, para experimentar agregados gruesos de dimensiones < a 37.5 mm (1 ½”). (MTC 2016)

### 2.2.9. **Base granular para carreteras**

La base es la capa inferior de la banda de rodadura, cuyo fin es sujetar, distribuir y transmitir las cargas que se provocan. Esta capa se exhibe con un material granular drenante con (CBR  $\geq$  80%) puede tratarse con asfalto, cal o algo de cemento (Atiquipa y Rosalino 2018).

Los materiales utilizados como bases tienen que cumplir las exigencias de calidad que avalen un apropiado comportamiento en la estructura del pavimento. Deben estar libres

de materiales nocivos. Estos suelos pueden pasar por tratamientos a fin que alcancen lo necesario para cumplir con los estándares (Huaman 2018).

**Tabla 7.**

**Requisito técnicas del material para base**

Tamiz	Porcentaje que pasa			
	A	B	C	D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 $\mu\text{m}$ (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 $\mu\text{m}$ (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15
Abrasión de los Ángeles	Máx. 40%	Máx. 40%	Máx. 40%	Máx. 40%
CBR de Laboratorio	Mín. 80%	Mín. 80%	Mín. 80%	Mín. 80%
Índice de Plasticidad	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 4%
Equivalente de arena	Mín. 45%	Mín. 45%	Mín. 45%	Mín. 45%

Fuente: Norma CE.010 (MVCS, 2020)

### 2.2.10. Base granular tratada con polímeros

En contraste de los suelos, los polímeros proveen firmeza a tracción e incrementan la utilidad del pavimento (MTC 2014, 125).

En base al conocimiento internacional, se sabe que los polímeros, presentan firmeza mecánica y frente a agentes nocivos, por lo que se considera a estos, como elementos que puede reforzar el terreno (explanada) o los pavimentos, aportando a su impermeabilización y/o protección en campo (MTC 2014, 125).

### 2.2.11. Definición de términos básicos

Base granular. Material granular que cumple con los requisitos mínimos establecidos por el MTC (2013) para su uso como capa base en la construcción del pavimento de una vía. (MTC 2014)

Base granular tratada. Material granular al que se le adicionada un material ligante como refuerzo para el mejoramiento de sus propiedades, a fin que cumpla con las especificaciones técnicas de un proyecto (MTC 2013).

Cantera. Fuente de suministro de suelos y rocas necesarios para un proyecto, según el tipo de material, puede ser suelos, rocas, o mixtas, para su uso en terraplenes, estabilización, sub bases o bases, para la elaboración de concreto o mezclas asfálticas (Quispe 2016).

CBR. Es el índice California Bearing Ratio, que se utiliza para establecer la capacidad de soporte de un elemento, en condiciones específicas de compactación (Chalán 2018).

Compactación. Es un método que tiene como objetivo mejorar el comportamiento de materiales sueltos y porosos mediante la aplicación de energía mecánica. (Oliva 2010, 11)

PET. Plástico completamente transparente, sin color o verde, que se puede encontrar en botellas de agua mineral, gaseosas o limonadas, tiene como principales características (Roben 2003, 3-6)

Suelo. Compilación de cuerpos naturales formado por la convulsión de rocas ígneas o sedimentarias debido a factores externos. (Loaysa 2010)

Suelo granular. Suelo granular con alto contenido de gruesos (arena y/o grava) que dan firmeza y finos (arcillas y limos) que dan ligamento, son aptos para la construcción después de ser comprimidos (Cordero 2020).

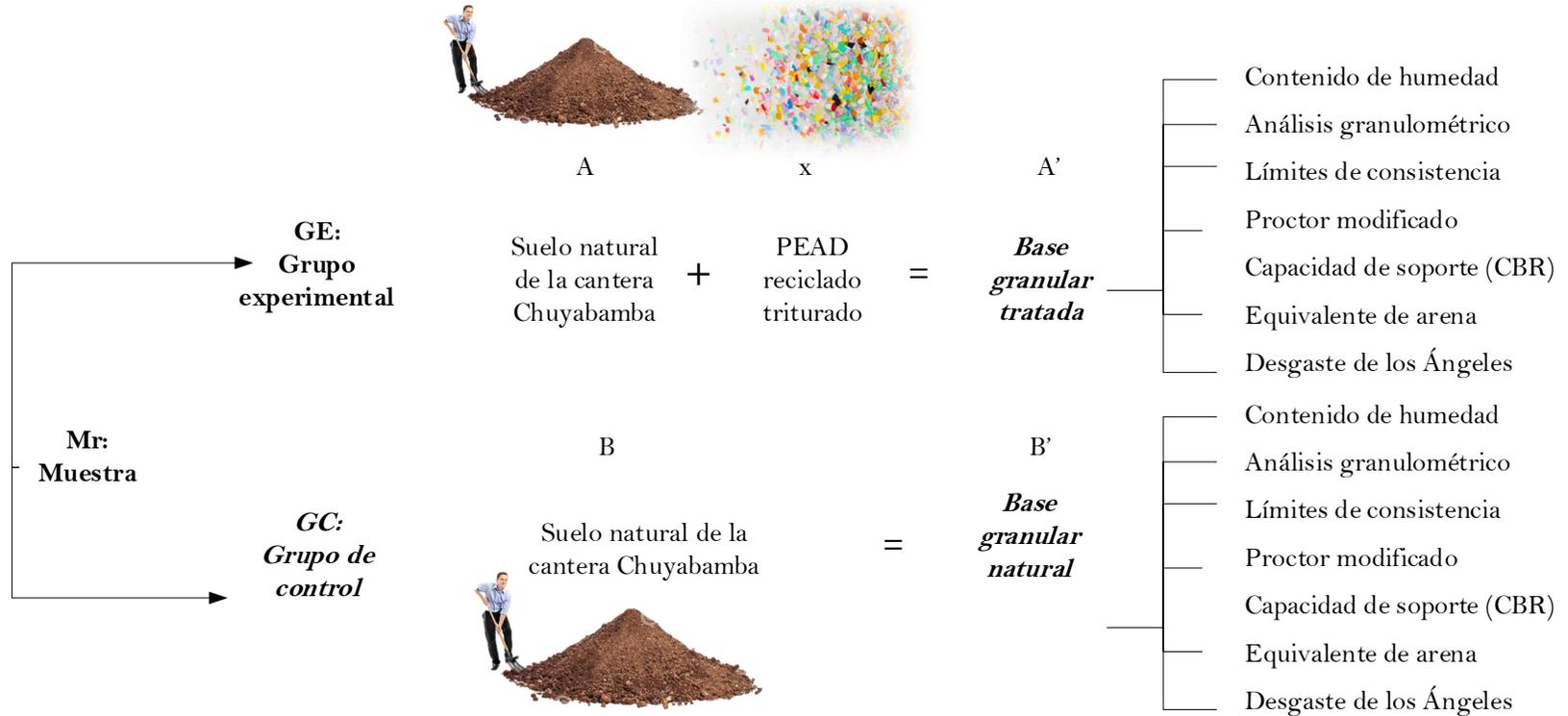
### **III. Metodología**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

La investigación según Hernández et al. (2014) tiene enfoque cuantitativo experimental, porque se definieron datos cuantificables por medio de la adición de la variable independiente en la variable dependiente, modificando así sus particularidades, mismas que son objeto de estudio.

#### **3.2. Diseño de investigación**

Se ajusta al diseño experimental clásico de pre y post test, también denominado de grupo de control (Rojas 2015), porque presenta una muestra antes de la adición del elemento de experimentación (x) y otra después de aplicado el material adicionante para definir cuál es la variación o efecto en sus parámetros en análisis.



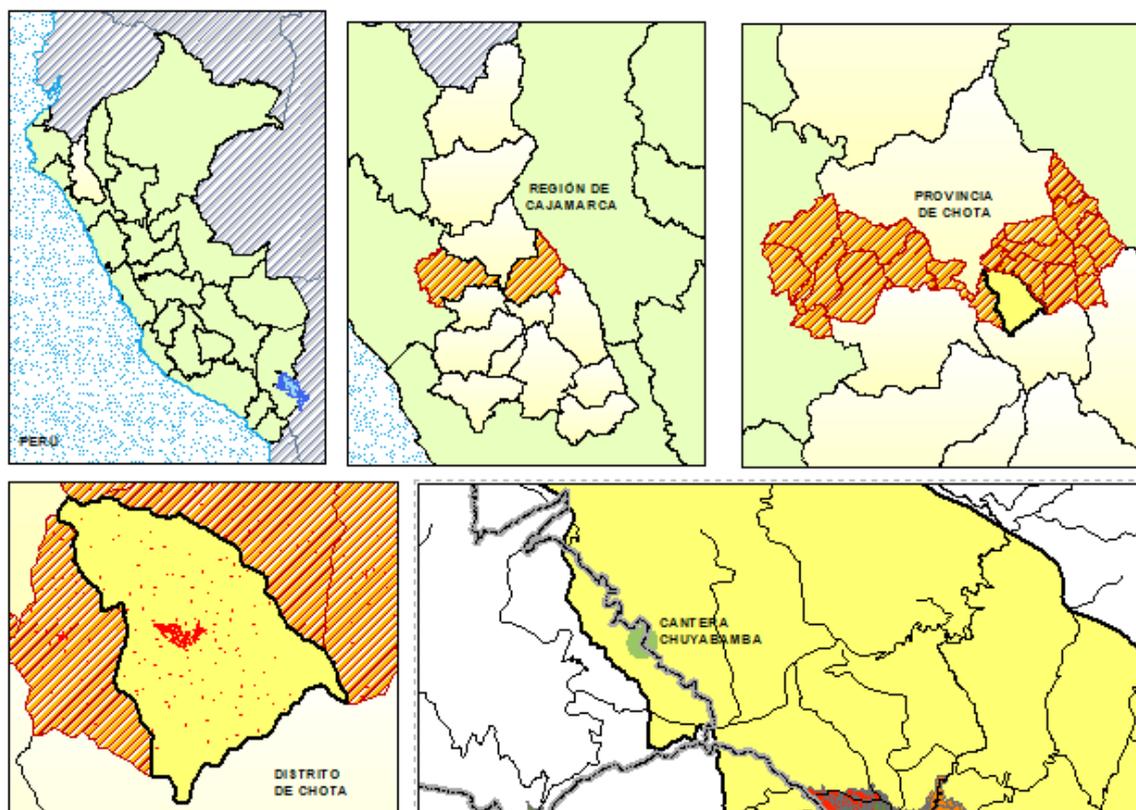
**Figura 9. Diseño de investigación experimental**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.Población, muestra, muestreo

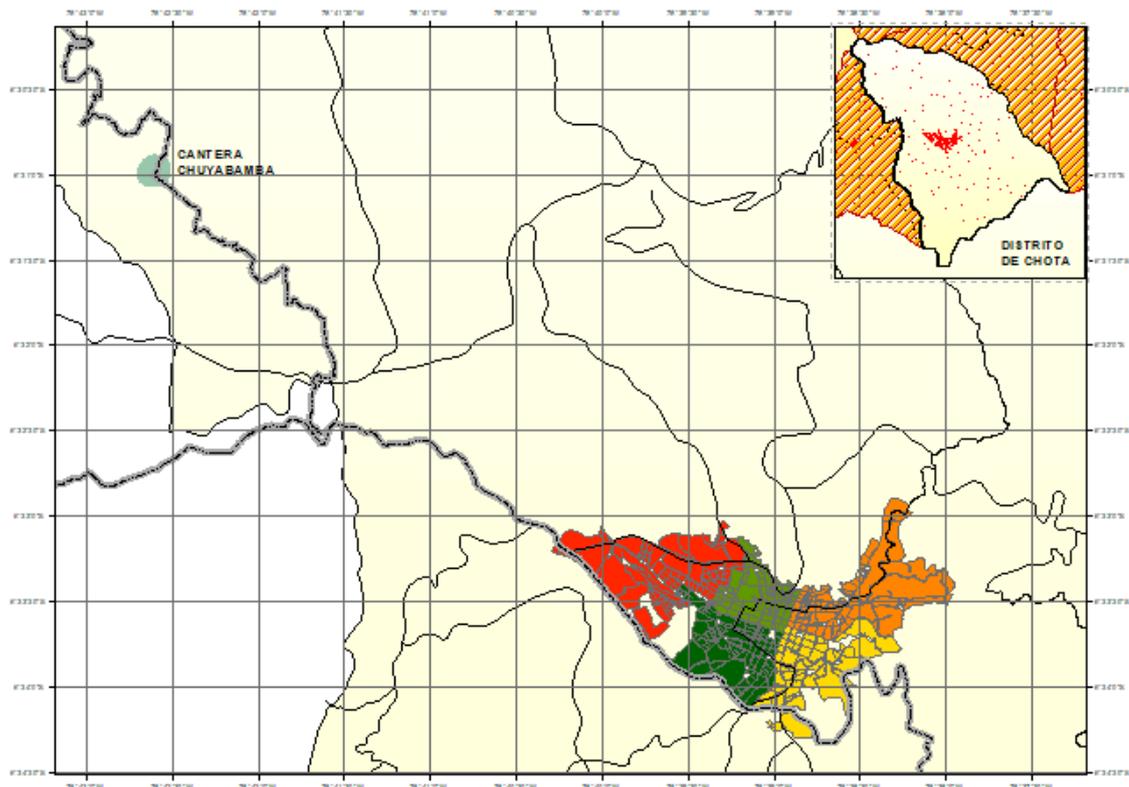
#### 3.3.1. Población

Suelo de la cantera Chuyabamba, distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, y los diversos tipos de materiales plásticos reciclables para la elaboración de una base granular tratada.



**Figura 10. Ubicación de la cantera Chuyabamba**

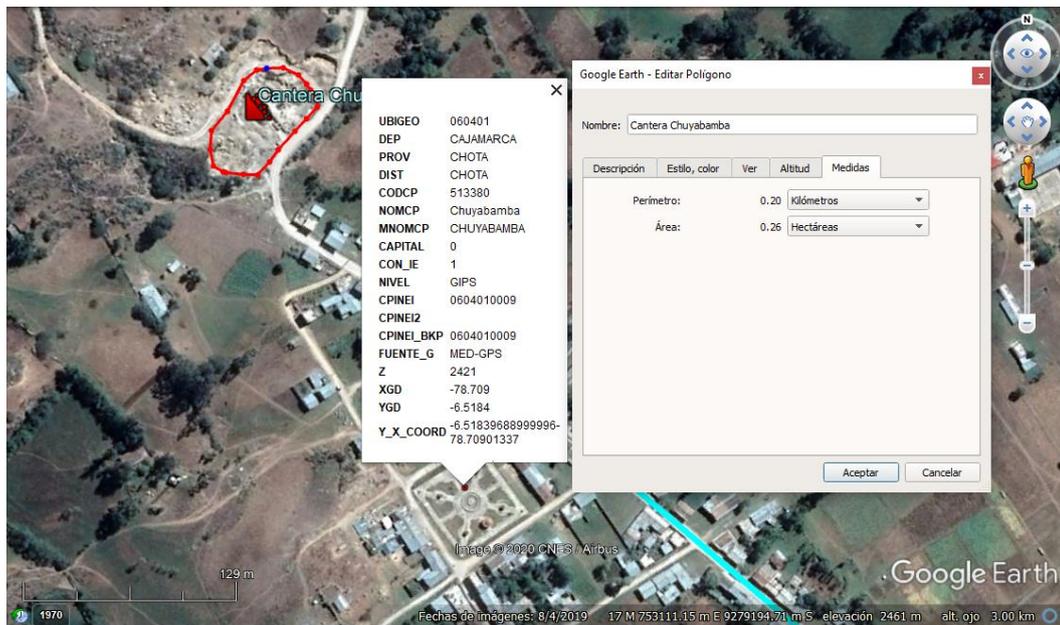
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 11. Ruta a la cantera Chuyabamba**

Nota: Esta ubicada a 4km de la ciudad de Chota

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 12. Dimensiones aproximadas de la cantera Chuyabamba**

Fuente: Google earth 2020.

### 3.3.2. Muestra de estudio

Una base granular natural y un nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado al 10%, 20% y 30% del suelo de la cantera Chuyabamba, Chota”.

**Tabla 8.**

**Ensayos físico-mecánicos a las bases granulares de análisis**

Ensayo físico-mecánico	Base granular natural (**)	Base granular tratada con PET reciclado triturado (*)		
		10%	20%	30%
Contenido de humedad	1.00	1.00	1.00	1.00
Gradación	1.00	1.00	1.00	1.00
LL	1.00	1.00	1.00	1.00
LP	1.00	1.00	1.00	1.00
Proctor modificado	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad de soporte	1.00	1.00	1.00	1.00
Equivalente de arena	1.00	1.00	1.00	1.00
Abrasión	1.00	1.00	1.00	1.00

(\*\*) Base granular natural solo con suelo de la cantera Chuyabamba, sin adición (0%) de PET reciclado triturado. (\*) Base granular tratada con adición de 10%, 20% y 30% de PET reciclado triturado.

Fuente: propia.

### 3.3.3. Muestreo

Se ha realizado según las disposiciones del MTC (2014) en el “Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – Sección suelos y pavimentos”, donde se argumenta que por cada hectárea de superficie de la cantera deben realizarse cinco calicatas para la identificación de sus propiedades físico-mecánicas.

El área aprox. de la cantera Chuyabamba es de 0.25 ha, lo que equivale a una calicata, no obstante, es una cantera en explotación, y el Instituto Mexicano del cemento y el

concreto (Imcyc, 2010) asevera que “para una cantera en explotación se toma ejemplares representativos del material almacenado”, por tanto, solo se han recolectado muestras de suelo en cantidades suficientes para la realización de los ensayos, tal como específica la NTP 339.252 (INACAL 2019):

- 0.50 a 5.00 kg para ensayos de clasificación
- 20 a 40 kg para ensayos mecánicos
- 50 a 200 kg para manufactura de agregados.

### **3.4. Criterios de selección**

El MTC (2014), establece que:

- Se define los accesos, representación, usanzas, tratamiento, tiempo de empleo, etc.
- Las exploraciones que se efectuarán en las canteras serán por medio de calicatas, sondeos y/o trincheras con un mínimo de cinco sondeos por ha.
- La cuantía de especímenes extraídos de canteras deberá ser tal que admita verificar las pruebas requeridas, y demás pruebas de rectificación de resultados poco usuales.
- Se mostrarán registros para la prospección, donde se define el lugar con coordenadas UTM-WGS84 y descripción de estratos (tamaño, color, espesor, profundidad).

### **3.5. Operacionalización de variables**

***Variable independiente:*** PET reciclado triturado

Hace referencia al material adiconante para el tratamiento o estabilización de la base granular. Para su obtención se realizará procesos de reciclaje de botellas PET, que luego serán lavadas, secadas y trituradas para obtener un material granular gradado; así mismo, al ser el agregado a incorporar, es necesario conocer sus parámetros físicos principales, por tanto, estos representan sus dimensiones e indicadores.

***Variable dependiente:*** Propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada

Hace referencia a las particularidades del suelo natural de la cantera de análisis, y a las propiedades del mismo al ser mezclado con PET reciclado triturado, para la conformación de una base granular tratada. Por ende, sus propiedades representan sus dimensiones e indicadores.

**Tabla 9.****Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento de recolección de datos</b>	<b>Índice</b>
Variable independiente PET reciclado triturado	Propiedades físicas	Gradación	Curva granulométrica	%
		Dosis	Cuaderno de campo	%
		Peso unitario	Formato de ensayo	Kg/m <sup>3</sup>
Variable dependiente Propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada	Propiedades físicas	Contenido de humedad	Formato de ensayo	%
		Gradación	Curva granulométrica	%
		LL	Curva de fluidez	%
		LP	Carta de plasticidad	%
	Propiedades mecánicas	Compactación	Curva de compactación	%
		Capacidad de soporte (CBR)	Curva CBR	%
		Equivalente de arena	Formato de ensayo	%
		Abrasión	Formato de ensayo	%

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

#### **3.6.1. Métodos**

##### Métodos descriptivos

El fin está en referir un fenómeno. Para este método la aplicación de la observación es primordial ya sea como: observación sistemática, participante, en entrevistas, escalas, entre otras (Bisquerra 1989).

##### Métodos experimentales

El fin es manejar el fenómeno. Hace uso del conocimiento hipotético-deductivo para definir el uso de las estrategias de control del experimento, utilizando para ello la metodología cuantitativa (Bisquerra 1989).

#### **3.6.2. Técnicas**

##### Observación sistemática

Ha permitido la identificación de las características visuales del suelo de la cantera Chuyabamba, así como el registro de datos de la extracción de muestras de suelo, y la recolección-procesamiento y trituración del PEAD.

##### Experimentación

Técnica donde se realiza el análisis de laboratorio al material adicionante, al suelo natural, y a la muestra experimental, para determinar la variación en sus parámetros físico-mecánicos.

- Para propiedades del PET reciclado
  - Análisis granulométrico de agregados (NTP 400.012)
- Para propiedades de la base natural y tratada
  - Muestreo de suelos y rocas (NTP 339.252)
  - Obtención de muestras representativa (NTP 339.089)
  - Contenido de humedad (NTP 339.160)
  - Gradación (NTP 339.128)
  - L. líquido y plástico (NTP 339.129)
  - Proctor modificado
  - CBR de laboratorio

- Equivalente de arena
- Abrasión los ángeles

### 3.6.3. Instrumentos

Cuaderno de campo

Es el medio de registro de datos de lo observado en campo, para recolectar los materiales para la experimentación.

Ensayos de laboratorio

Es el instrumento a priori de la experimentación en ingeniería civil (De la Cruz 2016) permite mostrar los valores obtenidos por medio de los formatos de ensayos de laboratorio.

### 3.7. Plan de procesamiento y análisis de datos

La estrategia para demostrar la hipótesis de estudio tuvo como fases o pasos los siguientes:

#### *a) Fase I: Recopilación de información*

Exploración de normatividad vigente

Revisión de bibliográfica similar

Gestión de equipos, materiales e insumos

#### *b) Fase II: Muestreo y ensayos al suelo granular de la cantera Chuyabamba*

Se muestreó el suelo del perfil de la cantera Chuyabamba en una cantidad aproximada de 100 a 200 kg.

Se ensayó el suelo a granulometría, para definir si cumple con el huso granulométrico del MTC (2014) para base granular, así mismo, estos resultados servirán para definir la gradación de trituración del plástico reciclado.

Se determinó el límite líquido, plástico e índice de plasticidad del suelo granular natural.

Se determinó el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca del material granular.

Se determinó la capacidad de soporte del suelo, parámetro principal para el uso del material.

Se determinó el equivalente de arena del material granular, para validar que cumpla el porcentaje necesario.

Se determinó el porcentaje de abrasión del agregado grueso para determinar que no presenten un desgaste superior al que especifica la norma.

***c) Fase III: Reciclaje, acondicionamiento y trituración del PET***

Se recolectaron botellas plásticas en las zonas externas de la ciudad de Chota, que son utilizadas como botaderos informales, a través de la recicladora “Leo”.

Se lavaron y secaron las botellas plásticas para eliminar cualquier material externo.

Se trasladaron las botellas al centro de acopio recicladora Leo, para la trituración del material granular al diámetro definido por el ensayo a la cantera Chuyabamba. El diámetro de corte fue 2.00 mm.

***d) Fase IV: Experimentación para el diseño de base tratada***

Se realizó una mezcla experimental del adiconante PET reciclado triturado al 10%, 20% y 30% del peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba.

Se probaron los porcentajes mediante ensayos de laboratorio, tal como se hizo para la muestra de suelo natural de la cantera Chuyabamba.

Obtenido el diseño de mezcla óptimo se ha planteado la comparación de los parámetros físico-mecánicas de una base natural y una base tratada con PET reciclado triturado, para mejorar el suelo de la cantera Chuyabamba.

***e) Fase V: Procesamiento y presentación de resultados***

Elaboración de tablas, gráficos y mapas de evaluación, utilizando los softwares:

- Google earth. Para definir la ubicación del lugar de análisis.
- ArcGIS. Para elaborar el mapa de ubicación de la cantera de estudio.
- Microsoft Excel. Para procesar las resultas de los ensayos de laboratorio realizados al PET reciclado triturado, a la base granular natural y tratada, con el fin de establecer la comparación técnica.

Análisis estadístico, utilizando el software Minitab 18, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos incluyendo al testigo, tres repeticiones y 15 unidades experimentales.

**Tabla 10.**  
**Análisis de varianza (ANVA)**

FV	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	(r-1)	$\frac{\sum X^2 \cdot j.}{t} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$	$\frac{SCr}{r-1}$	$\frac{CMB}{CMe}$
Tratamientos	(t-1)	$\frac{\sum X^2 \cdot i.}{r} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$	$\frac{SCt}{t-1}$	$\frac{CMt}{CMe}$
Error	(r-1)(t-1)	Diferencia	$\frac{SCe}{(r-1)(t-1)}$	
Total	rt-1	$\sum X^2_{ij} - \frac{(\sum x)^2}{rt}$		

### 3.8. Matriz de consistencia

En el anexo N° 1.

### 3.9. Consideraciones éticas

Los aspectos éticos y de rigor científico según Ramírez (2012) son:

Consentimiento voluntario. Los propietarios de las canteras deberán estar enterados de los ensayos a realizar al material de sus bancos de préstamo, además de estar de acuerdo en que el material sea empleado para la elaboración de BTC, prueba de ello será la documentación que se presente en el trabajo de investigación.

Beneficio de la sociedad. El desarrollo de la investigación debe presentar algún tipo de beneficio ya sea científico o técnico a la sociedad.

Resultados previos que justifiquen la realización del experimento. Se debe tener una base de antecedentes que muestren que el desarrollo de la investigación es viable técnica y económicamente, para que la investigación no sea un trabajo sin productos finales.

Preparaciones propias para proteger a los participantes o contribuyentes en la ejecución de la investigación. En la excavación de calicatas los participantes deben tener los trajes adecuados para evitar accidentes, también en laboratorio.

Respeto al lugar donde se desarrolla la investigación. La institución o laboratorio donde se ejecute la investigación debe recibir el debido respeto lo que involucra el cuidado de los

equipos, materiales e instrumentos que se encuentren en el medio de desarrollo de la experimentación.

Honestidad en los resultados. Los datos deben ser presentados como se han obtenido sin ser modificado por algún propósito propio, debido que estaría comprometiendo la información mostrada en la investigación.

## IV. Resultados

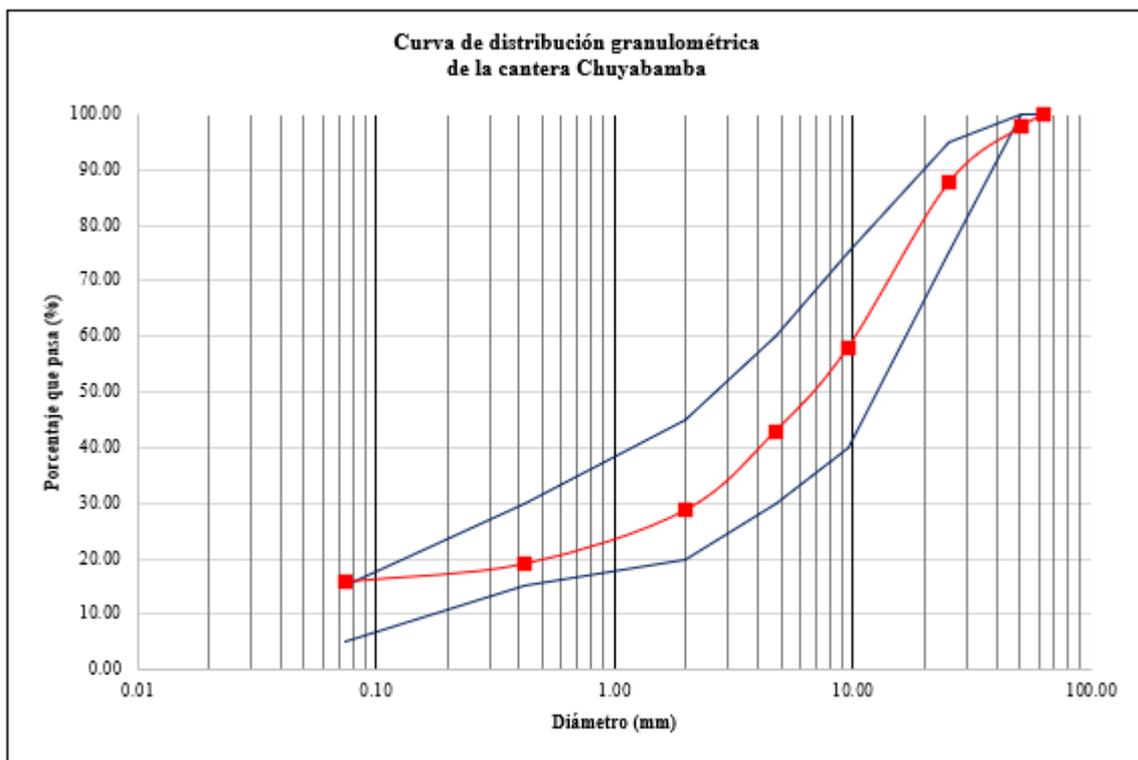
### 4.1. Características granulares del suelo de la cantera Chuyabamba

El suelo de la cantera Chuyabamba del distrito de Chota, presenta un contenido de humedad de 12.40%, tal como se muestra en la Tabla 11 y Fig. 13 cumple con las especificaciones para una gradación B según el MVCS (2020), pero al definir la curva de fluidez (Figura 14) para definir el límite líquido igual a 22.56% y el límite plástico igual a 18.46% se ha verificado que el suelo tiene un índice de plasticidad superior al máx. de 4% en 0.1% (Tabla 12), sin embargo, este incremento es minúsculo. En la Figura 15 y Figura 16 se observa que el suelo se clasifica según AASHTO en el grupo A-1-b (0) y según SUCS como grava arcillo – limosa GC-GM, respectivamente, tiene un porcentaje de equivalente de arena promedio de 18%, y un porcentaje de desgaste de 37.90%. Así mismo, en la Fig. 17 se muestra la curva de compactación del suelo por la cual se ha determinado que la máxima densidad seca del suelo de 2.134 gr/cm<sup>3</sup> se alcanza con un contenido de humedad de 6.30% (Tabla 13), llegando a obtener un CBR al 95 y 100% de MDS al 0.1” de 39.5% y 75.40%, respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 14, Fig. 18 y Fig. 19, no cubriendo las expectativas del MTC (2014) para una base granular, por lo que la capacidad de soporte debe ser mejorada.

**Tabla 11. Análisis granulométrico del suelo de la cantera Chuyabamba**

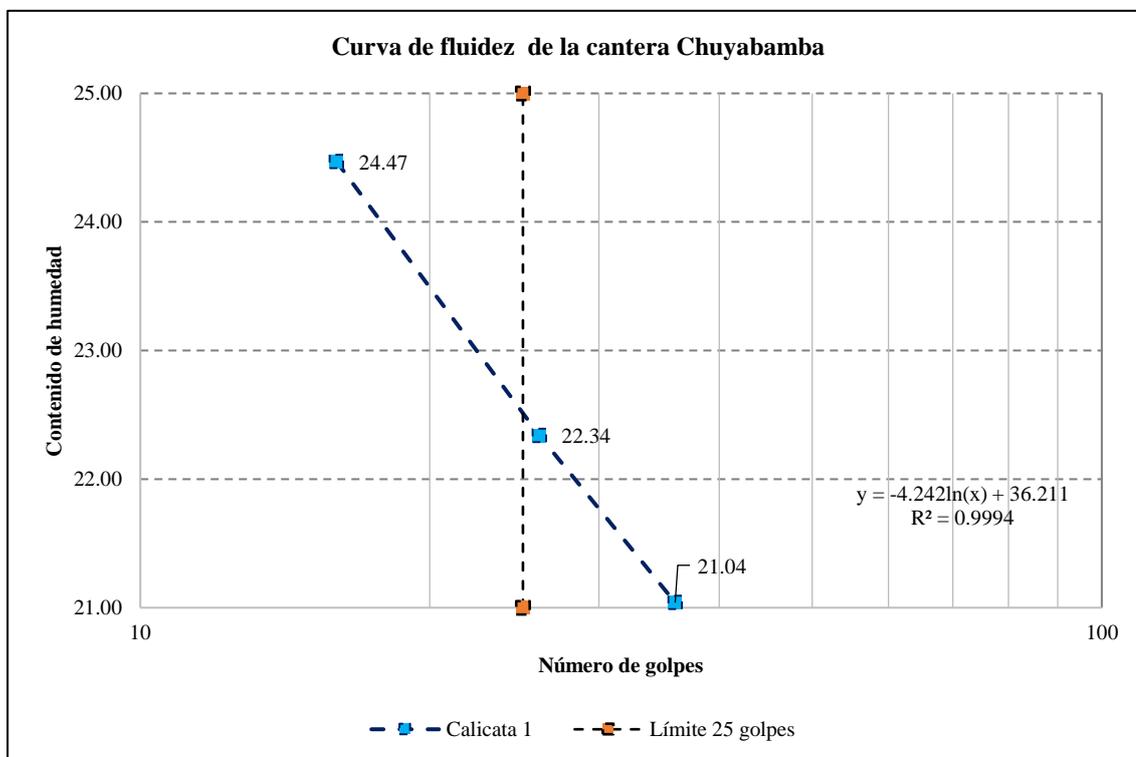
Tamiz (mm)	Gradación B		Porcentaje que pasa Cantera Chuyabamba
	Mín.	Máx.	
63.50	100.00	100.00	100.00
50.80	100.00	100.00	97.70
25.40	75.00	95.00	87.70
9.53	40.00	75.00	57.80
4.78	30.00	60.00	43.00
2.00	20.00	45.00	28.70
0.42	15.00	30.00	19.00
0.075	5.00	15.00	15.80

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 13. Curva de distribución granulométrica, cantera Chuyabamba**

Fuente: Elaboración propia.



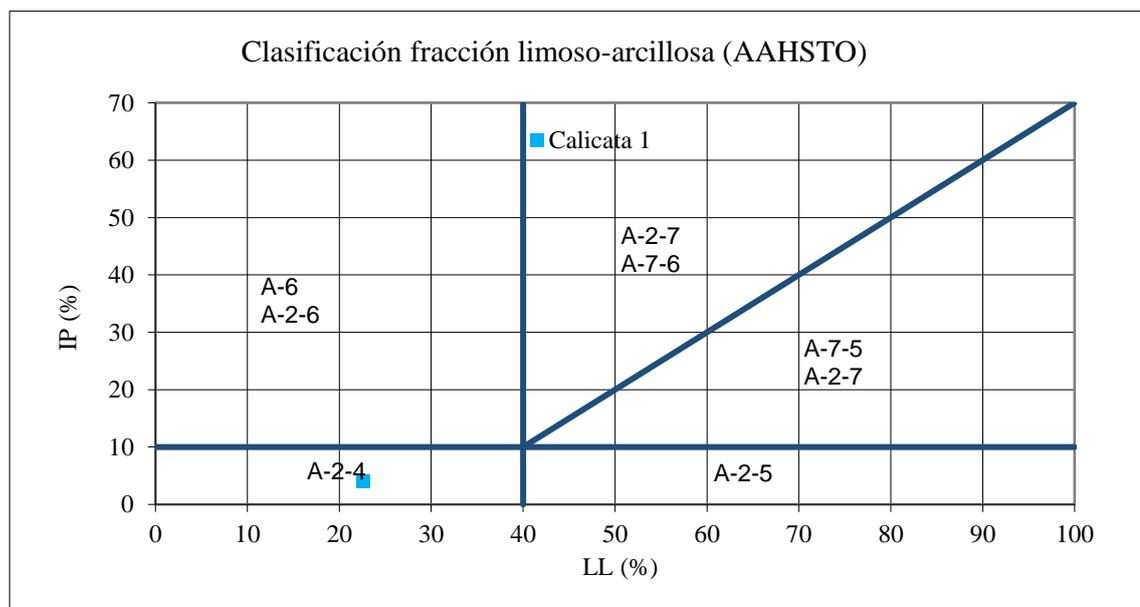
**Figura 14. Curva de fluidez, cantera Chuyabamba**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12. Límites de consistencia, cantera Chuyabamba**

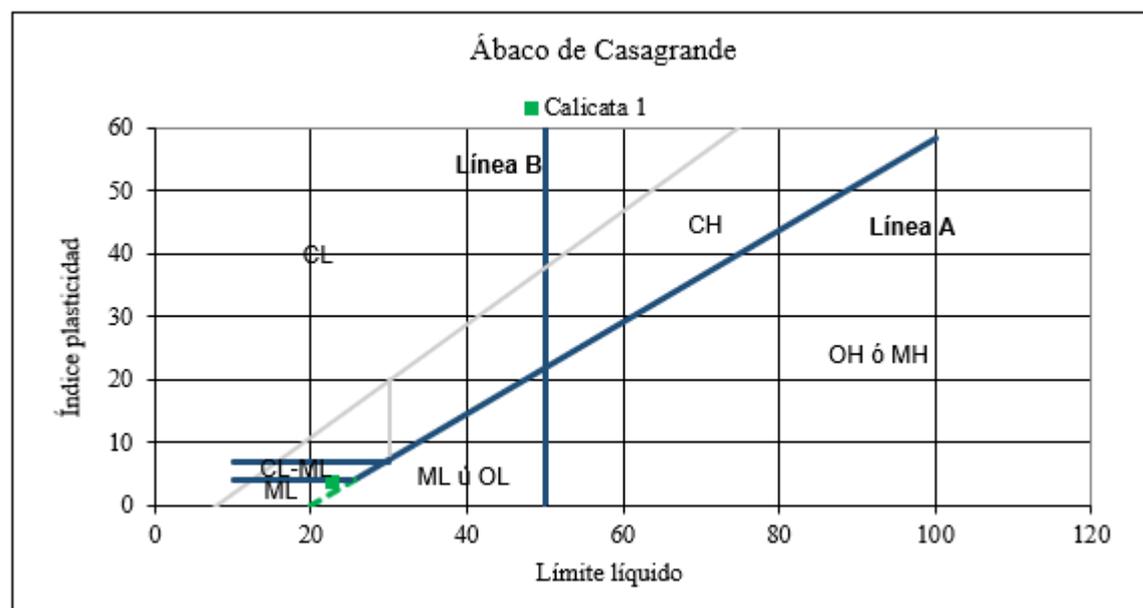
Límites de consistencia	Cantera Chuyabamba
LL (%)	22.56
LP (%)	18.46
IP (%)	4.10

Fuente: Elaboración propia.



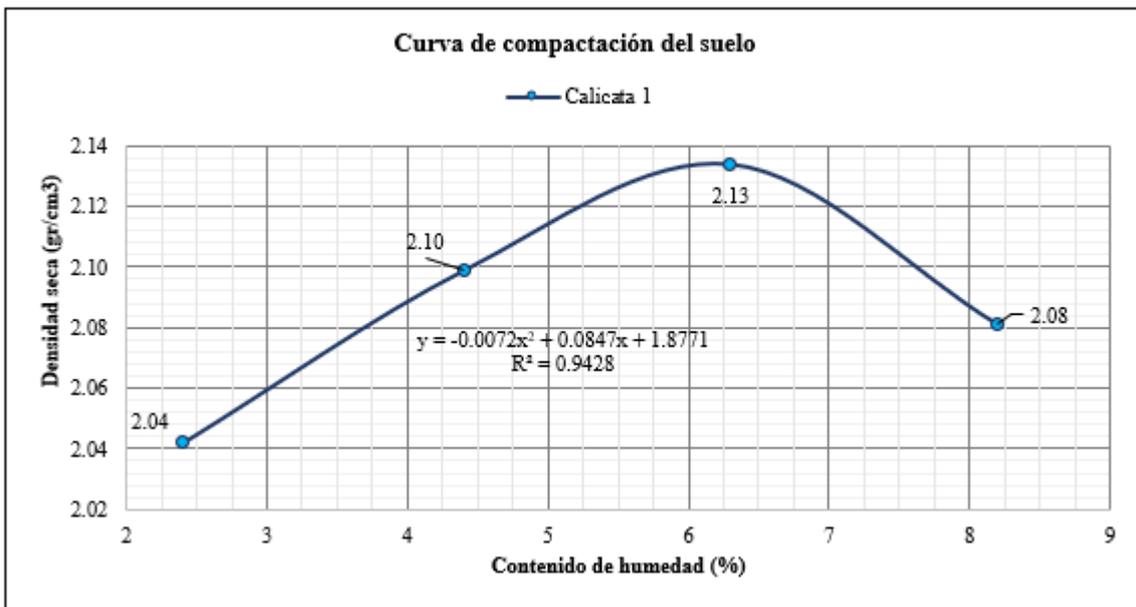
**Figura 15. Clasificación AAHSTO, cantera Chuyabamba**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 16. Clasificación SUCS, cantera Chuyabamba**

Fuente: Elaboración propia.



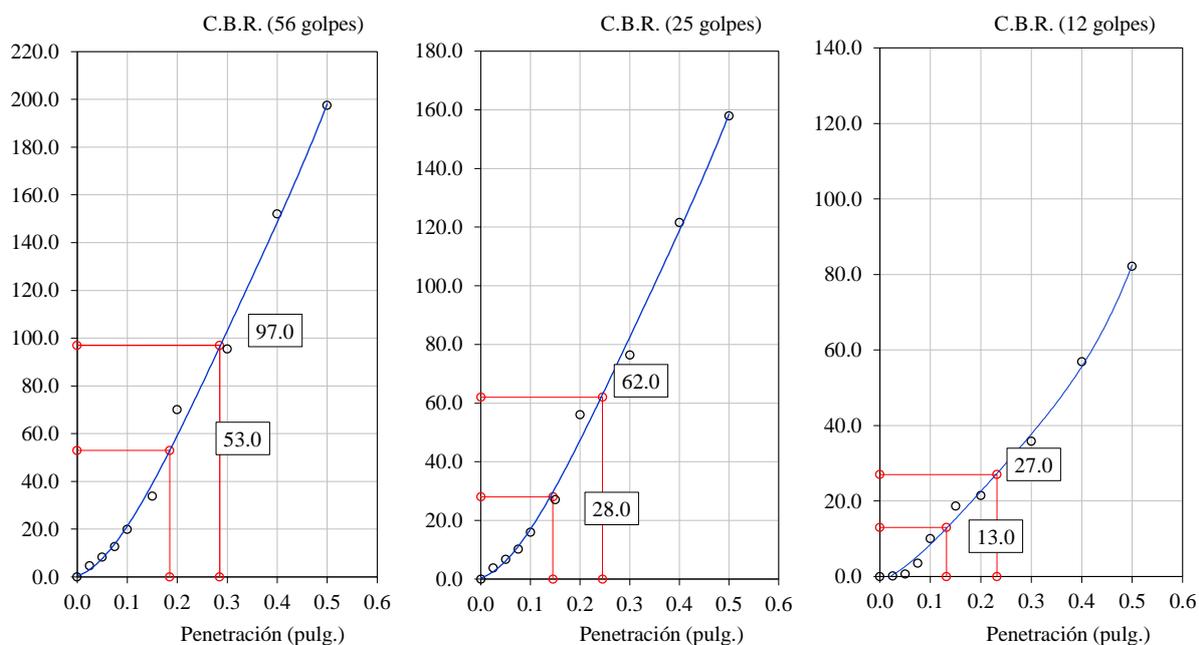
**Figura 17. Curva de compactación del suelo, cantera Chuyabamba**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13. Proctor modificado, cantera Chuyabamba**

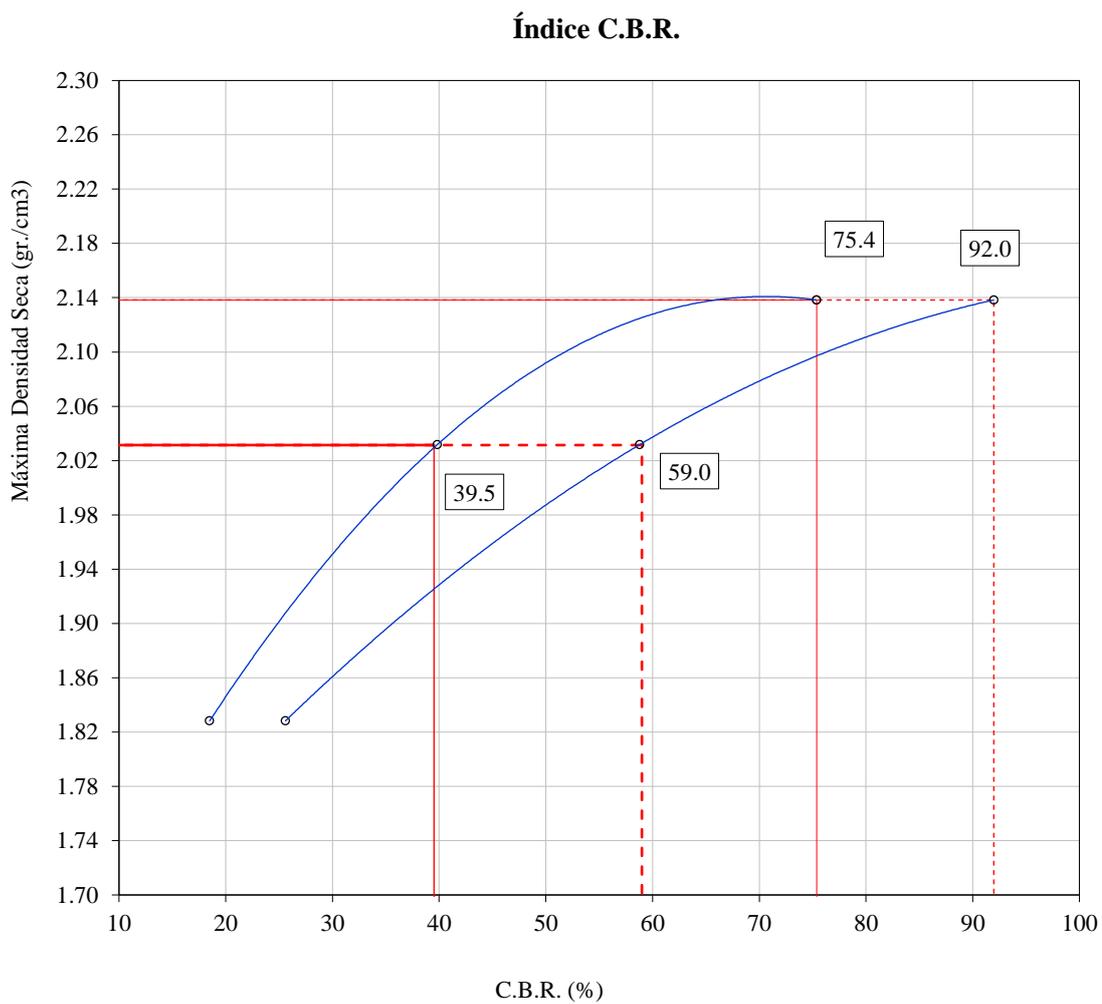
Compactación	Cantera Chuyabamba
Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.134
Contenido de humedad óptimo (%)	6.300

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 18. CBR a los 56, 25 y 12 golpes, cantera Chuyabamba**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 19. Curva CBR, cantera Chuyabamba**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 14. Capacidad de soporte, cantera Chuyabamba**

<b>CBR</b>	<b>CBR % (0.1")</b>	<b>CBR % (0.2")</b>
<b>100% de MDS</b>	75.40	92.00
<b>95% de MDS</b>	39.50	59.00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15. Propiedades físico mecánicas del suelo natural**

<b>Propiedades físico-mecánicas</b>	<b>Suelo natural</b>
Contenido de humedad (%)	12.4
LL (%)	22.56
LP (%)	18.46
IP (%)	4.1
Clasificación SUCS	GC-GM
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)
Equivalente de arena (%)	18
Abrasión (%)	37.9
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.134
Óptimo contenido de humedad	6.3
CBR al 100% de MDS	75.38
Expansión (mm)	0.64

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2 Características de la base granular tratada con PET**

Se ha utilizado el PET al 10%, 20% y 30% del peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba para elaborar una base granular tratada. El contenido de humedad natural del suelo (Tabla 16) disminuye conforme se adiciona mayor porcentaje de PET, no obstante, estos valores no presentan gran variación, con porcentajes de humedad de 12.23, 12.05 y 11.06% para muestras de suelo con 10, 20 y 30% de PET. En la Tabla 17 y Figura 20 se pueden observar el análisis granulométrico y la curva granulométrica, respectivamente, de la base tratada del suelo de la cantera Chuyabamba con PET en diferentes porcentajes de mezcla, donde se verifica que las mezclas cumplen con la gradación B de una base granular especificada en la norma CE.010 (MVCS, 2020). A partir de la curva de fluidez que se muestra en la Figura 21, se ha determinado que el límite de plasticidad para el suelo con 10, 20 y 30% de PET es 22.67, 22.46 y 22.54%, así mismo, el límite plástico equivale a 18.76, 18.76 y 18.91%, lo que determina que el índice de plasticidad (Tabla 18) sea 3.91, 3.70 y 3.64% respectivamente, por tanto, la plasticidad del suelo disminuye conforme se aumenta el porcentaje de PET en la mezcla, lo cual es favorable debido a que el MTC (2014) especifica un límite de 4% como índice de plasticidad máximo del suelo, siendo así la base tratada con PET cumple con el

estándar. El equivalente de arena para las mezclas con 10, 20 y 30% disminuye, dando valores de 16.93, 15.95 y 14.61% (Tabla 19), por tanto, la mezcla no tiene la cantidad de arena suficiente, no obstante, esto se puede eludir con la adición de arena de río a la mezcla granular, en conformidad con la norma CE.010 (MVCS, 2020) y el “Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (MTC, 2014), si se considerase necesario. El desgaste del material granular se incrementa conforme se aumenta el porcentaje de PET alcanzando valores de 38.50, 39.20 y 40.50% para mezclas de suelo con 10, 20 y 30% de PET respectivamente (Tabla 20), esto no es favorable para la combinación granular, debido que a mayor desgaste el suelo presentará mayor facilidad de erosión, sin embargo, sigue presentando valores menores o iguales a 40% por lo que se verifica que sigue dentro del estándar para su uso como base granular. En la Figura 22, se muestra la curva de compactación del suelo con PET, misma que permite identificar el contenido óptimo de agua con el que se alcanza la máxima densidad seca, siendo así, tal como se especifica en la Tabla 21, para muestras de suelo con 10% de PET, la máxima densidad seca es 2.155 gr/cm<sup>3</sup> y se alcanza con 6.50% de humedad, para mezclas de suelo con 20% de PET la máxima densidad seca es 2.202 gr/cm<sup>3</sup> y se alcanza con 5.60% de humedad, y para mezclas de suelo con 30% de PET la máxima densidad seca 2.188 gr/cm<sup>3</sup>, se alcanza con 5.67%, por tanto, se distingue que a mayor cantidad de PET dentro de la base granular, se necesitará menor cantidad de agua para lograr la máxima densidad seca. La curva de compactación para las mezclas de suelo con 10, 20 y 30% de PET se muestran en a Figura 23, 24 y 25, respectivamente, cuyos resultados resumidos se pueden distinguir en la Tabla 22, donde la capacidad de soporte CBR 0.1” al 95 y 100% de la M.D.S., son 43.00 y 76.80% para mezclas de suelo con 10% de PET, son 44.00 y 78.20% para mezclas de suelo con 20% de PET, y finalmente son 45.20 y 77.60% para mezclas de suelo con 30% de PET, respectivamente, por lo que se evidencia un notorio incremento en la capacidad de soporte del suelo al ir incrementando la cantidad de PET reciclado triturado de 2.00 mm en la base granular de la cantera Chuyabamba. En otras palabras, es favorable la adición de PET a la mezcla de suelo granular para formar una base tratada, porque las propiedades logran menor plasticidad y mayor resistencia, pero si esta supera al 30% se tendría problemas de desgaste en la mezcla granular, por lo que se recomienda este como porcentaje máximo de adición.

**Tabla 16. Contenido de humedad, suelo con PET**

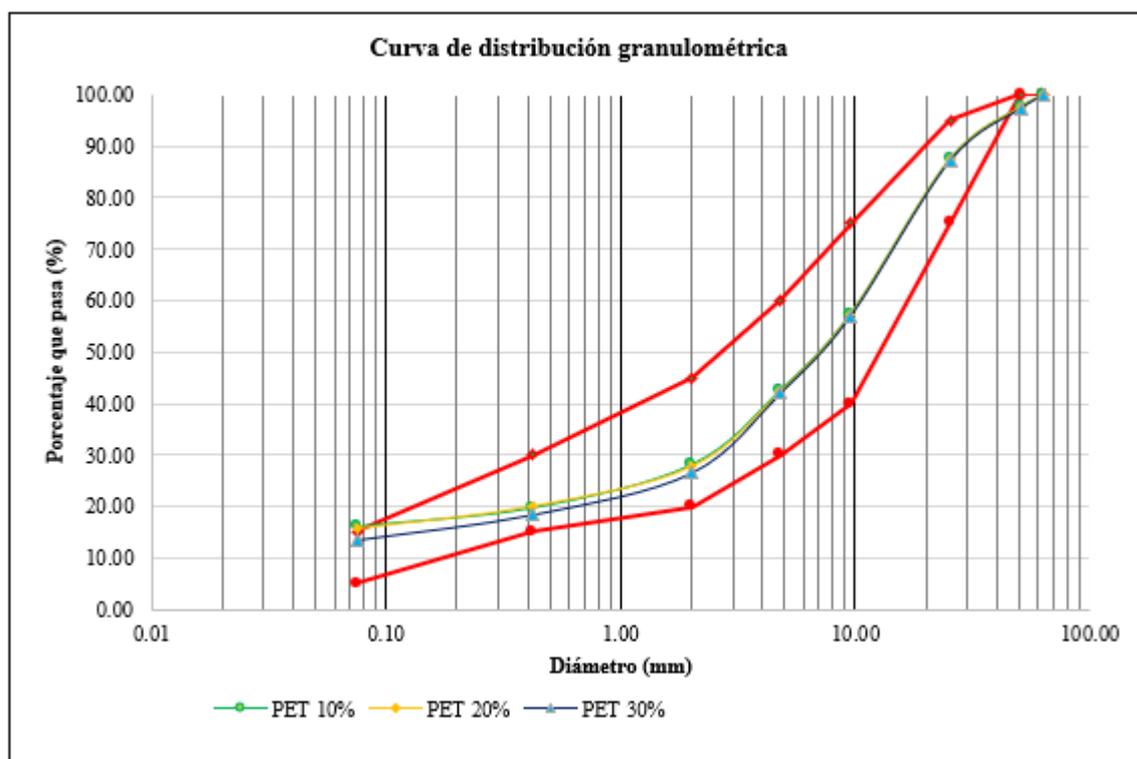
	PET 10%	PET 20%	PET 30%
Contenido de humedad	12.23	12.05	11.63

Fuente: Elaboración propia.

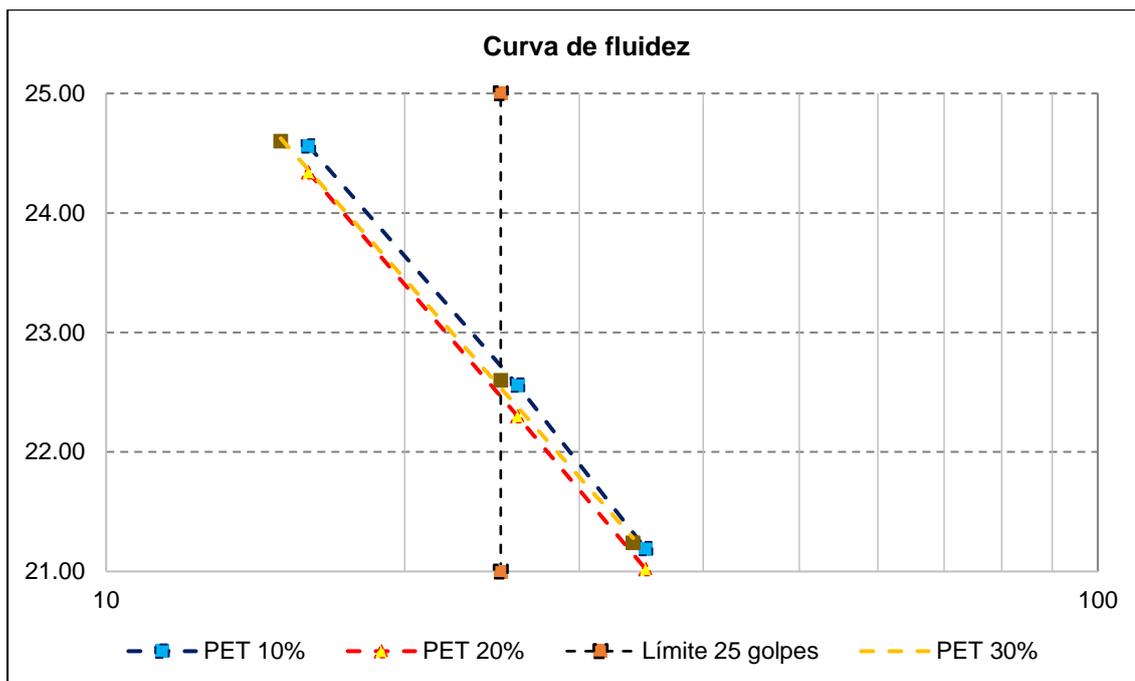
**Tabla 17. Análisis granulométrico, suelo con PET**

Tamiz (mm)	Gradación B		Porcentaje que pasa		
	Mín.	Máx.	PET 10%	PET 20%	PET 30%
63.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
50.80	100.00	100.00	97.70	97.70	97.40
25.40	75.00	95.00	87.60	87.60	87.30
9.53	40.00	75.00	57.40	57.40	57.00
4.78	30.00	60.00	42.50	42.40	42.00
2.00	20.00	45.00	28.00	27.90	26.50
0.42	15.00	30.00	19.60	20.20	18.40
0.075	5.00	15.00	16.00	15.90	13.50

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 20. Curva granulométrica, suelo con PET**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21. Curva de fluidez, suelo con PET**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18. Límites de consistencia, suelo con PET**

Límites de consistencia	PET 10%	PET 20%	PET 30%
LL (%)	22.67	22.46	22.54
LP (%)	18.76	18.76	18.91
IP (%)	3.91	3.70	3.64

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 19. Equivalente de arena, suelo con PET**

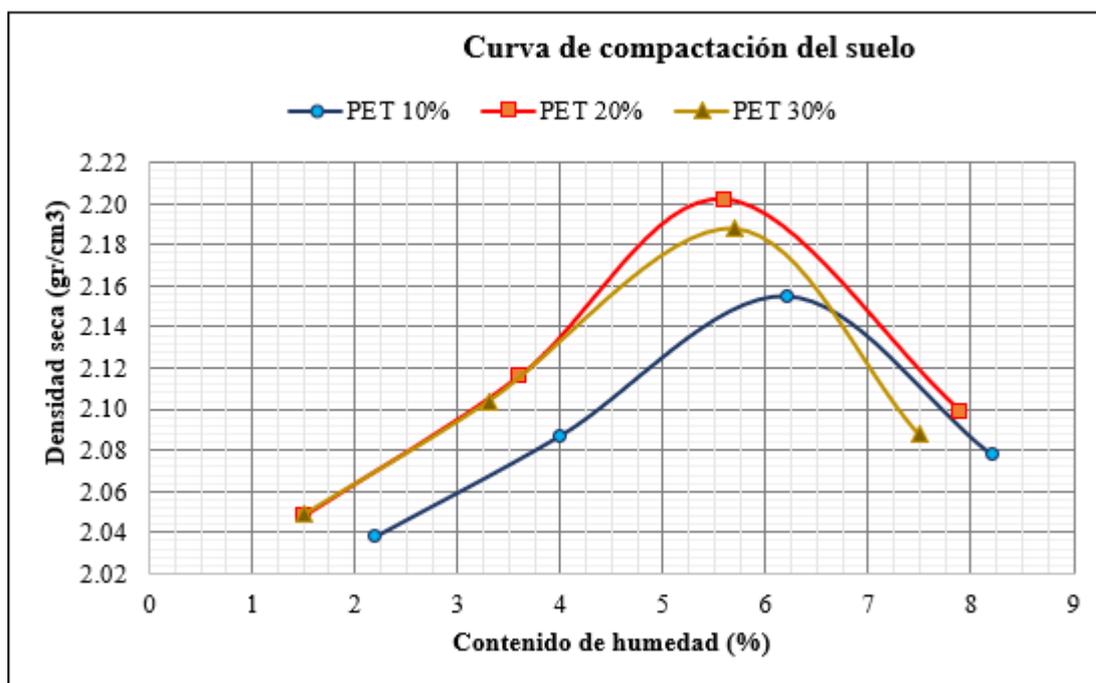
Equivalente de arena	PET 10%	PET 20%	PET 30%
M1	16.40	15.65	13.45
M2	17.00	15.95	14.75
M3	17.40	16.25	15.65
Promedio %	16.93	15.95	14.61

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 20. Porcentaje de desgaste, suelo con PET**

	PET 10%	PET 20%	PET 30%
% Desgaste	38.50	39.20	40.50

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 22. Curva de compactación, suelo con PET**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 21. Proctor modificado, suelo con PET**

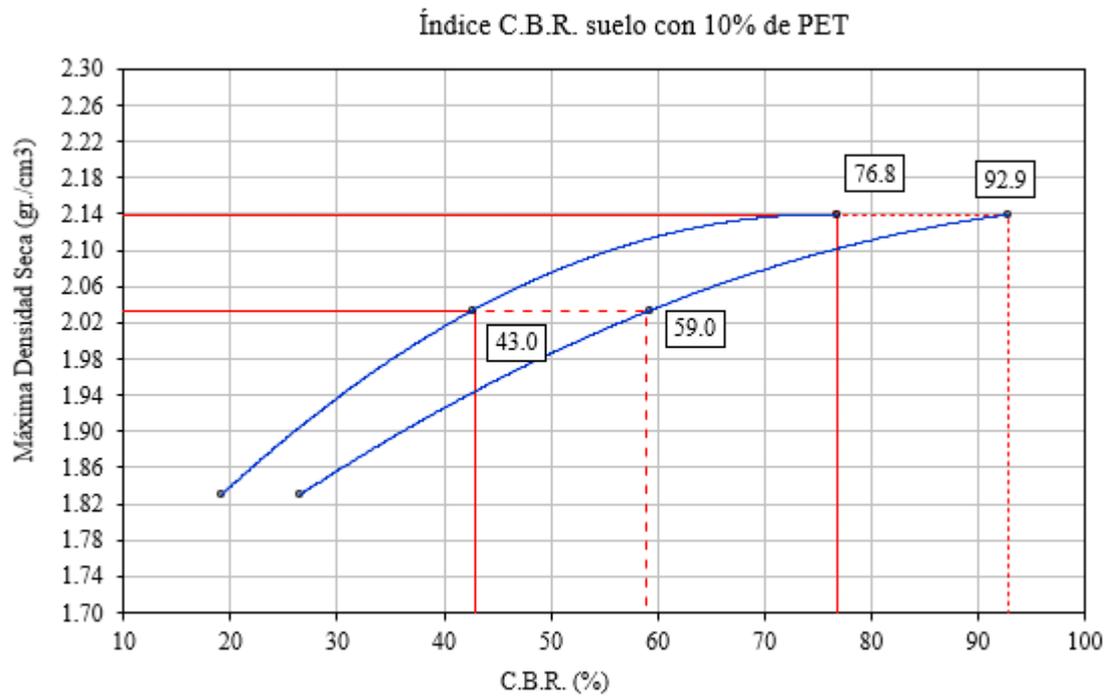
Compactación	PET 10%	PET 20%	PET 30%
Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.155	2.202	2.188
Contenido de humedad óptimo (%)	6.200	5.600	5.67

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 22. Capacidad de soporte, suelo con PET**

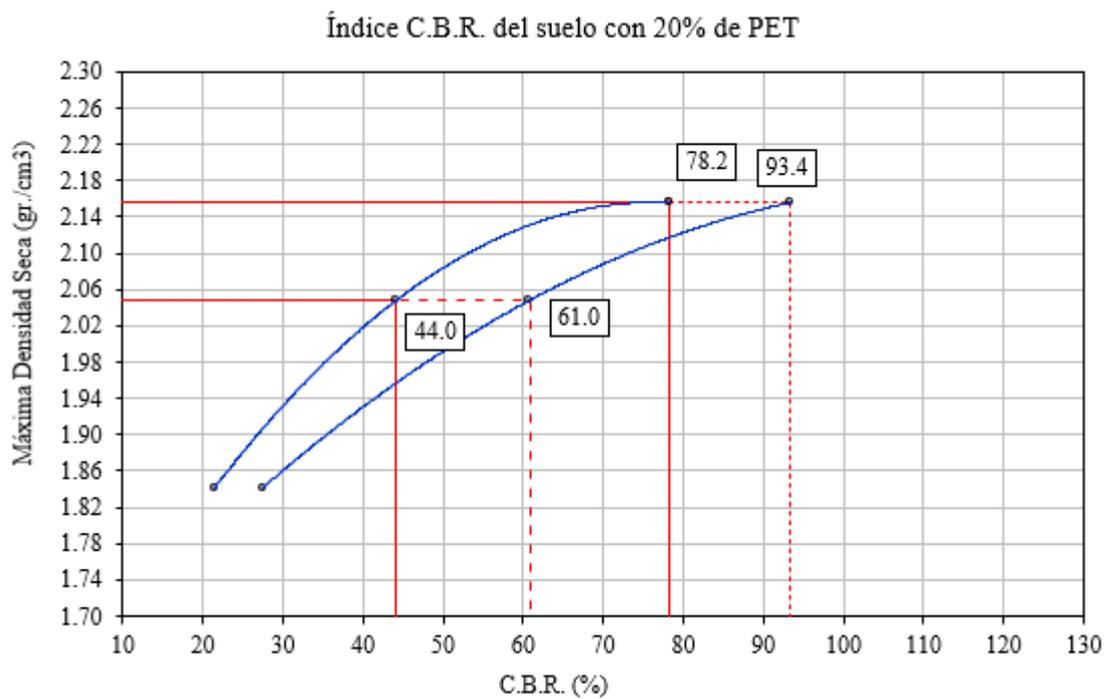
Valor relativo de soporte C.B.R.	PET 10%	PET 20%	PET 30%
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	76.80	78.20	77.60
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	43.00	44.00	45.20

Fuente: Elaboración propia.



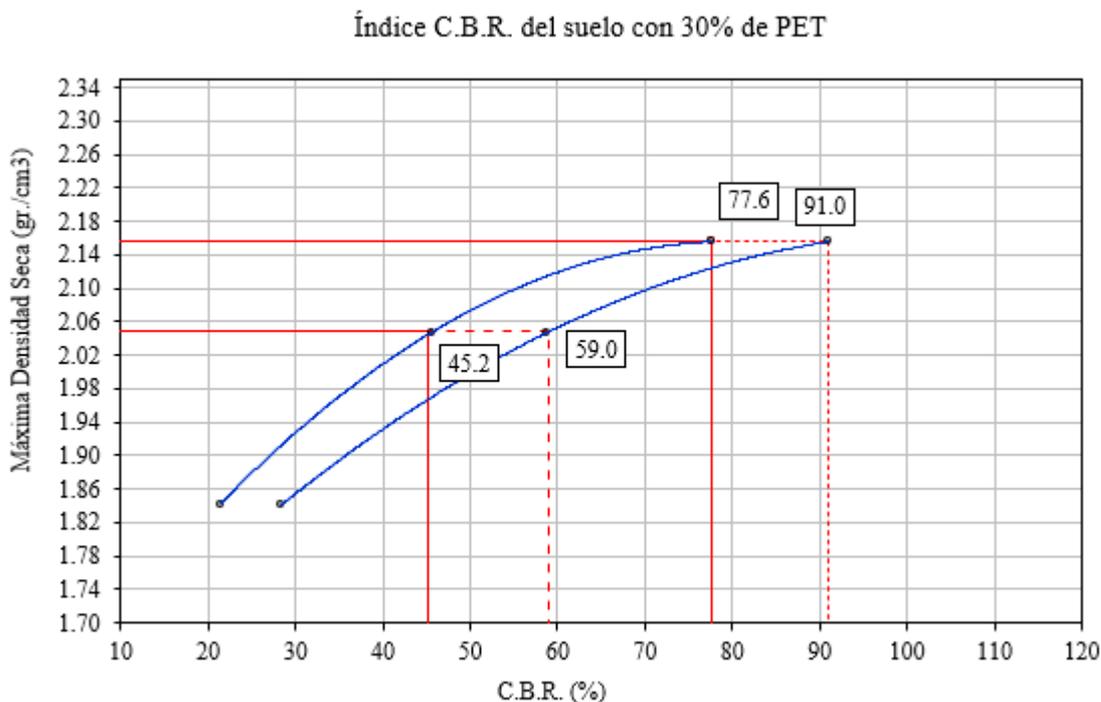
**Figura 23. Curva CBR, suelo con 10% PET**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 24. Curva CBR, suelo con 20% PET**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 25. Curva CBR, suelo con 30% PET**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 23. Propiedades físico mecánicas del suelo con 10% de PET**

Propiedades físico-mecánicas	Suelo con 10% de PET
Contenido de humedad (%)	12.23
LL (%)	22.67
LP (%)	18.76
IP (%)	3.91
Clasificación SUCS	GM
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)
Equivalente de arena (%)	17
Abrasión (%)	38.5
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.155
Óptimo contenido de humedad	6.2
CBR al 100% de MDS	76.8
Expansión (mm)	0.8

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24. Propiedades físico mecánicas del suelo con 20% de PET**

<b>Propiedades físico-mecánicas</b>	<b>Suelo con 20% de PET</b>
Contenido de humedad (%)	12.05
LL (%)	22.46
LP (%)	18.76
IP (%)	3.7
Clasificación SUCS	GM
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)
Equivalente de arena (%)	16
Abrasión (%)	39.2
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.202
Óptimo contenido de humedad	5.6
CBR al 100% de MDS	78.2
Expansión (mm)	0.98

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 25. Propiedades físico mecánicas del suelo con 20% de PET**

<b>Propiedades físico-mecánicas</b>	<b>Suelo con 30% de PET</b>
Contenido de humedad (%)	11.63
LL (%)	22.54
LP (%)	18.91
IP (%)	3.63
Clasificación SUCS	GM
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)
Equivalente de arena (%)	15
Abrasión (%)	40.5
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.188
Óptimo contenido de humedad	5.67
CBR al 100% de MDS	77.6
Expansión (mm)	1.02

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Uso del plástico PET reciclado triturado

Uno de los objetivos de la investigación era reducir el 90% del plástico PET acumulado en botaderos y calles de la ciudad de Chota, para reducir la contaminación ambiental. Este objetivo se concretó mediante el uso de plástico PET reciclado triturado de 2.00 mm de diámetro recolectado de los botaderos de la ciudad de Chota, por intermedio de la recicladora Leo. Según la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018) en la ciudad hay cinco botaderos de residuos sólidos domésticos (Tabla 26), que acumulan al día 6.83 Tn de residuos sólidos de los cuales el 1.57% es plástico PET integrado principalmente por botellas de bebidas gaseosas y agua mineral (Aproximadamente 30 botellas de plástico conforman un 1 kilo de plástico PET), siendo así, los botaderos acumulan al día 100 kg de plástico PET, de los cuales el 90% son recolectados por la recicladora Leo para su aprovechamiento, así mismo, se encuentra mayor cantidad de plástico en las calles de la ciudad, mercados, parques, entre otros (Tabla 27). Este plástico fue aprovechado para la ejecución de la actual exploración mediante su trituración manual, pero para su uso de forma masiva puede pasar por procesos de trituración mecánica, por lo que también se ha estimado el costo de trituración manual y mecánica de las botellas de plástico PET previo lavado y secado, siendo así este asciende a 3.131 y 0.709 soles respectivamente, tal como se observan en la Tabla 28 y 29, por tanto, se recomienda la trituración mecánica cuando se desee usar el plástico PET reciclado como adicinante para formar una base granular tratada.

**Tabla 26. Botaderos en la ciudad de Chota**

N°	Descripción	Coordenadas UTM WGS84	
		Este	Norte
1	Botadero PECSA	758087	9275086
2	Botadero Qda Rambram	759321	9276146
3	Botadero Qda Colpamayo	760444	9274021
4	Botadero sector Los Eucaliptos	759890	9273284
5	Botadero Pte Chotano	759609	9273277

Fuente: Adaptado de la (MPCH, 2018).

**Tabla 27. Plástico PET en la ciudad de Chota**

Descripción	Cantidad		
	(Tn/día)	(Tn/mes)	(Kg/mes)
Residuos sólidos acumulados en los botaderos	6.83	204.9	204900
Residuos plásticos acumulados en el botadero	0.10	3.00	3000
Residuos plásticos recolectados por la recicladora Leo de los botaderos	0.09	2.7	2700
Residuos plásticos recolectados por la recicladora Leo de calles, casas, escuelas, mercados, etc.	0.56	16.8	16800
Cantidad de botellas plásticas en el botadero (N°)	2.7	81	81000
Cantidad de botellas plásticas recolectadas por la recicladora Leo de los botaderos (N°)	2.43	72.9	72900

Fuente: propia.

**Tabla 28. Precio del PET triturado por proceso industrial**

<b>Rendimiento</b>	<b>kg/día</b>	<b>475.00</b>	<b>EQ 475.00</b>		
<b>Descripción del recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de obra</b>					
Peón	hh	0.500	0.008	9.58	0.081
					<b>0.081</b>
<b>Materiales</b>					
Botellas descartables	kg		1.000	0.500	0.500
					<b>0.500</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		3.000	0.081	0.002
Trituradora	hm	1.000	0.017	7.500	0.126
					<b>0.129</b>
				<b>Costo unitario directo:</b>	<b>0.709</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29. Precio del PET triturado por proceso artesanal**

<b>Rendimiento</b>	<b>kg/día</b>	<b>30.00</b>			
<b>Descripción del recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de obra</b>					
Peón	hh	1.000	0.267	9.58	2.555
					<b>2.555</b>
<b>Materiales</b>					
Botellas descartables	kg		1.000	0.500	0.500
					<b>0.500</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		3.000	2.555	0.077
					<b>0.077</b>
				<b>Costo unitario directo:</b>	<b>3.131</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Uso de la base granular tratada en la construcción vial

Como parte de la investigación se buscó crear un nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” para su usanza en la construcción de carreteras o reparación de pavimentos de vías chotanas, según la disponibilidad de los residuos plásticos, esto se logró al adicionar 20% de PET reciclado triturado a la mezcla granular del suelo de la cantera Chuyabamba, mejorando notablemente sus parámetros físicos y mecánicos (Tabla 30), llegando a cumplir con los estándares de gradación, plasticidad y desgaste normados por el MVCS (2020) en la norma CE.010 y el MTC (2014) en el “Manual de suelos, geología, geotécnica y pavimentos”, pero estando 2% debajo de la capacidad de soporte normada, no obstante, puede ser utilizado como base granular para proyectos donde el CBR de la carretera sea mayor a 10%, otra forma de que la mezcla pueda ser utilizada para cualquier proyecto vial sería su adición con un suelo granular como grava triturada o arena de río, no obstante, para caso del estudio se ha considerado solo el uso de la base granular tratada con la adición de PET reciclado triturado.

**Tabla 30. Base granular tratada con adición de 20% de PET reciclado triturado**

<b>Característica</b>	<b>Suelo de la cantera Chuyabamba con 20% de PET</b>	<b>Norma CE.010</b>
Contenido de humedad (%)	12.05	
LL (%)	22.46	
LP (%)	18.76	
IP (%)	3.70	Máx. 4.00
Clasificación SUCS	GM	
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	
Equivalente de arena (%)	16.00	Mín. 45%
Abrasión (%)	39.20	Máx. 40%
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.202	
Óptimo contenido de humedad	5.60	
CBR al 100% de MDS	78.20	Mín. 80%
Expansión (mm)	0.98	

Fuente: propia.

El suelo de la cantera Chuyabamba tiene un peso específico de 2.786 gr/cm<sup>3</sup> por lo que para 1 m<sup>3</sup> de este material se necesitaría 557.20 kg de PET reciclado triturado de un peso específico aproximado de 1.39 gr/cm<sup>3</sup> (Tabla 31), lo que representa el 18.57% de la cantidad de plástico acumulado por mes en los botaderos (3000 kg/mes) y el 3.32% de la cantidad de plástico acumulado al mes en otros lugares y zonas de la ciudad, como calles, mercados, parques, descampados, entre otros (16800 kg/mes), tal como se evidenció en la Tabla 27, por lo tanto, hay disponibilidad de material plástico para su uso en la conformación de la capa rodante de vías chotanas.

**Tabla 31. Cantidad de PET para 1 m<sup>3</sup> de suelo granular**

PET necesario para 1 m <sup>3</sup> de suelo granular	Porcentaje (%)	Cantidad	
		Peso (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PET reciclado triturado	20	557.2	0.40

Fuente: Elaboración propia.

Como el PET se está adicionado a la mezcla de suelo al sumar la cantidad de material granular (suelo de la cantera Chuyabamba) y el 20% de PET da un total de mezcla de 3343.20 m<sup>3</sup>, considerando el 3% de desperdicio, esta cantidad de material cubriría una carretera de 1.5 km de longitud, ancho de 7.20 m y espesor de base de 0.30 m, tal como se muestra en la Tabla 32.

**Tabla 32. Volumen de material para cubrir una ruta de 1.5 km x 7.20 m**

Longitud (km)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor de base (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1.5	1500	7.2	0.3	3240
Volumen (m <sup>3</sup> ) con 3% de desperdicio				3343

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 Comparación técnica

Finalmente, se ha comparado técnicamente los parámetros físico-mecánicos del nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” y una base granular natural con suelo de la cantera Chuyabamba, para su uso en la ciudad de Chota, demostrando que la base granular tratada presenta mejores características que la base natural, ya que si bien ambas presentan buena gradación, cumplen con los límites granulométricos dados por la norma CE.010 (MVCS, 2020), la base tratada presenta menor plasticidad que la base granular natural representando el 90.24% de esta última, lo cual es favorable, le permite a la base granular tratada con la adición de 20% de PET triturado reciclado cumplir con la norma CE.010 (MVCS, 2020) que especifica un índice de plasticidad máximo de 4%, además a mayor cantidad de PET en la mezcla se requiere menor cantidad de agua para que esta alcance su máxima densidad seca, así mismo la adición de plástico PET reciclado triturado a la mezcla de suelo natural, incrementa el valor del CBR al 100% de la MDS en 3.74% (Tabla 33), sin embargo, no

alcanza a cumplir el mínimo dado por la norma CE.010 (MVCS, 2020) por lo que su uso se ve restringido a carreteras con buena capacidad de soporte o a un previo mezclado con grava triturada o arena de río. Pero a pesar de no cumplir totalmente las especificaciones de una base granular la “base tratada con 20% de PET reciclado triturado” presenta un mayor beneficio técnico y ambiental, para su uso en las carreteras de la ciudad de Chota.

**Tabla 33. Comparación de las propiedades de una base natural y una base tratada con PET, cantera Chuyabamba**

Propiedades físico-mecánicas	Base natural	Base tratada	Porcentaje de Base tratada/ base natural	Norma CE.010
	Suelo natural	Suelo con 20% de PET		
Contenido de humedad (%)	12.4	12.05	97.18	
Pasa tamiz N° 4 (%)	43.00	42.40	98.60	30-60
Pasa tamiz N° 40 (%)	19.00	20.20	106.32	15-30
Pasa tamiz N° 200 (%)	15.80	15.90	100.63	5-10
LL (%)	22.56	22.46	99.56	
LP (%)	18.46	18.76	101.63	
IP (%)	4.1	3.7	90.24	Máx. 4.00
Clasificación SUCS	GC-GM	GM		
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	A-1-b (0)		
Equivalente de arena (%)	18	16	88.89	Mín. 45%
Abrasión (%)	37.9	39.2	103.43	Máx. 40%
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.134	2.202	103.19	
Óptimo contenido de humedad	6.3	5.6	88.89	
CBR al 100% de MDS	75.38	78.2	103.74	Mín. 80%
Expansión (mm)	0.64	0.98	153.13	

Fuente: propia.

## V. Resultados

El suelo de la cantera Chuyabamba, no cumple con las especificaciones técnicas para una base granular descritos en el “Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos” del MTC (2014), ni con la norma CE.010 del “Reglamento Nacional de Edificaciones” (MVCS, 2021), este material de préstamo presenta un índice de plasticidad superior al máximo estándar (4%) y una capacidad de soporte por debajo de la solicitada (80%), no obstante, tiene características físico-mecánicas aptas para afirmado o subbase, donde se espera que el suelo supere un CBR del 40%, y siendo el CBR al 100% de MDS 75.38%, se puede decir que el suelo de esta cantera supera las expectativas de un material para afirmado o subbase, pero no logra, cumplir el estándar para ser considerada una base granular, esto concuerda con lo afirmado por Ticlla (2021) quien analizó algunas de las canteras de la ciudad de Chota, tales como Pingobamba Bajo, Rejopampa, Rojas pampa y Choctapata, verificando que estas por si solas no alcanzan las propiedades físico-mecánicas para su uso como base, por lo que tienen que ser mezcladas con suelos de otros bancos de préstamo del distrito, no obstante, Molina et al. (2016) recomienda mejorar el suelo de una base granular con residuos plásticos PET, generando así una base tratada que tendría un beneficio ambiental, social y técnico.

Al utilizar PET reciclado triturado al 10, 20 y 30% del peso suelo seco de la cantera Chuyabamba, se logra un notable mejoramiento de las características del material granular, se disminuye el índice de plasticidad llegando a cumplir con el requisito dado en la norma CE.010 (MVCS, 2021) de no superar el 4%, así mismo, a pesar de que el porcentaje de desgaste del suelo se incrementa al ir adicionando residuos plásticos este no llega a superar el máximo de 40%, por lo que sigue cumpliendo la normatividad, no obstante, a pesar de que el material plástico aumenta la capacidad de soporte del suelo (CBR) este no alcanza a superar el mínimo sugerido por el MTC (2014) de 80%, aunque la diferencia entre el valor más alto alcanzado por la base granular tratada y este porcentaje es de tan solo 1.80%, por lo que Molina et al. (2016) argumenta podría ser utilizado como base granular siempre y cuando la subrasante de la vía en la que se va a aplicar presente buenas características mecánicas, así mismo, asevera que este material tiene las características propicias para ser utilizado como subbase granular, así también lo sugieren Cabrera et al. (2020) y Teijón-López-Zuazo, et al. (2020). Estos resultados, se contrastan con el estudio de Bueno (2020), donde el mismo analizó la cantera Chuyabamba para su aplicación como base granular, obteniendo resultados favorables, con CBR superior a 90%, no obstante, esto se debe a que

Bueno (2020) mezcló el suelo granular de la cantera Chuyabamba con grava triturada de la cantera Cangana, siendo este su material de mejoramiento, por lo que se demuestra que es posible incrementar la capacidad de soporte de la base granular tratada con plástico PET adicionando menos de 10% de arena de río o grava triturada de buena calidad cuyo porcentaje de desgaste sea menor a 40%.

A pesar de que el uso de plástico PET en la base granular no haya logrado alcanzar totalmente la capacidad de soporte esperada, su uso en combinación con el suelo, es muy importante ya que tal como argumenta Flores (2019) permite disminuir la cantidad de botellas plásticas acumuladas en botaderos y calles de una ciudad, reduciendo así la contaminación ambiental. En la ciudad de Chota hay cinco botaderos, mismos, que acumulan buena parte de los residuos plásticos PET de la ciudad, no obstante, en base al trabajo de campo, se puede aseverar que la mayor cantidad de residuos se hallan en las calles, mercados, parques, descampados, entre otros, siendo así, al darle otro uso a estos residuos, se estaría garantizando la disminución de los desechos encontrados en áreas de uso público, además de que se promueve el reciclaje de los residuos plásticos, tal como, lo describen Arualrajah et al. (2020) en su investigación. No obstante, para garantizar el uso masivo de este material no biodegradable, en la construcción de carreteras, es necesario la industrialización de procesos, es decir se debe considerar la instalación de una triturado mecánica ya que esto generaría una mayor rentabilidad considerando que el precio del plástico PET triturado manualmente es de más de tres soles mientras que el precio del PET triturado por procesos mecánicos es menor a 70 céntimos, siendo así, se recomienda el uso del suelo de la cantera Chuyabamba con adición de plástico PET triturado para subbase de carreteras, tal como Molina et al. (2016) y Alvarado y Zegarra (2019) argumentan, pero previa trituración mecánica del plástico PET reciclado, a un diámetro de 2.00 mm.

La base granular tratada con adición de PET reciclado triturado que alcanza mejores resultados físicos y mecánicos es la mezcla con 80% de suelo de la cantera Chuyabamba y 20% de PET reciclado triturado, esto concuerda con el estudio de Molina et al. (2016) donde determinaron que el porcentaje suelo – PET que lograba mejores características era 30% PET y 70% de suelo granular, no obstante, es inferior al porcentaje mezclado por Cusquisibán (2014) quién adicionó hasta 60% de materiales no biodegradables a su mezcla granular, pero supera en porcentaje a otros estudios, como el de Arujah et al. (2020) donde solo adicionaron hasta 5% de PET, Kuman y Magandeeep (2020) donde adicionaron 7% de PET, Alvarado y Zegarra (2019) quienes adicionaron hasta 3% de PET, y Flores (2019)

quién adicionó hasta 1.15% de PET; esta diferencia se debe principalmente a la forma como se ha adiciona el material no biodegradable, mientras que Molina (2016) y Cusquibán (2014) adicionaron este componente triturado en forma de hojuelas, tal como se ha realizado en la presente investigación, otros investigadores como Flores (2019), Alvarado y Zegarra (2019), Arualrajah et al. (2020) y otros, incorporaron el plástico PET reciclado en forma de fibras longitudinales, no obstante, con ambos métodos se obtienen resultados favorables, donde el PET logra un aumento en la capacidad de soporte (Cabrera et al. 2020), menores costos de aplicación (Alvarado y Zegarra 2019) y a la vez cuida el medio ambiente.

Siendo así al comparar técnicamente los parámetros del nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” y una base granular natural con suelo de la cantera Chuyabamba, se demuestra que la mezcla con 20% de PET reciclado triturado presenta mejores características que la mezcla de suelo natural, no obstante, tal como afirman Molina et al. (2016), Cabrera et al. (2020), Alvarado y Zegarra (2019), López (2019), Vásquez y Manrique (2018), Vásquez (2019), y Chalán (2018), se recomienda su uso como subbase granular en la construcción o mantenimiento de la capa rodante de vías y calles del distrito de Chota, sin embargo, es posible su uso como base en carreteras que presenten buena capacidad de soporte mayor a 10% (MTC, 2014) o previa mezcla de la base tratada con un agregado grueso, que puede ser arena de río o grava triturada, tal como plantean Herrera (2014) y Vásquez (2019) en sus respectivos estudios. Finalmente, se concluye que el uso de la mezcla de suelo granular tratado con adición de 20% de PET reciclado triturado, trae beneficios técnicos, sociales, económicos y ambientales, al ser aplicados en vías del distrito y/o provincia de Chota.

**Tabla 34. Resumen de las propiedades del suelo de la cantera Chuyabamba con adición de PET reciclado triturado**

Propiedades físico-mecánicas	Base natural	Suelo con PET (Base tratada)			Norma CE.010
	Suelo natural	10%	20%	30%	
Contenido de humedad (%)	12.4	12.23	12.05	11.63	
LL (%)	22.56	22.67	22.46	22.54	
LP (%)	18.46	18.76	18.76	18.91	
IP (%)	4.1	3.91	3.7	3.63	Máx. 4.00
Clasificación SUCS	GC-GM	GM	GM	GM	
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	A-1-b (0)	A-1-b (0)	A-1-b (0)	
Equivalente de arena (%)	18	17	16	15	Mín. 45%
Abrasión (%)	37.9	38.5	39.2	40.5	Máx. 40%
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.134	2.155	2.202	2.188	
Óptimo contenido de humedad	6.3	6.2	5.6	5.67	
CBR al 100% de MDS	75.38	76.8	78.2	77.6	Mín. 80%
Expansión (mm)	0.64	0.8	0.98	1.02	

Fuente: Elaboración propia.

## 5.1 Análisis estadístico

Se realizó el análisis estadístico de la varianza (ANOVA) en el software Minitab 18, con el fin de aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ) o aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Si el valor  $p$  (probabilidad) es menor al nivel de significancia 0.05 rechazamos  $H_0$ , pero si el valor- $p$  es mayor que el nivel de significancia se acepta  $H_0$ . El modelo estadístico que más se ajusta a los datos es el modelo lineal general, y las hipótesis que se contrastaron fueron:

$H_0$ : No existe diferencia significativa entre las propiedades físico-mecánicas de una base granular al adicionarse 0%, 10%, 20% y 30% de PET reciclado triturado respecto al peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba, Chota.

$H_1$ : Existe diferencia significativa entre las propiedades físico-mecánicas de una base granular al adicionarse 0%, 10%, 20% y 30% de PET reciclado triturado respecto al peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba, Chota.

En la Tabla 35, se muestran los datos de los parámetros del suelo con 0, 10, 20 y 30% de PET para el análisis estadístico, las propiedades que se han considerado son CBR, contenido de humedad óptimo, equivalente de arena, índice de plasticidad y abrasión. En base al análisis estadístico se ha verificado si la adición de PET logra una diferencia significativa en las propiedades.

En la Tabla 36, se observa que el valor- $p$  para CBR es mayor a 0.05 por tanto, no hay diferencia significativa entre el índice CBR alcanzado por una muestra de suelo tratado con una muestra de suelo natural, no obstante, si se compara la muestra de suelo sin PET y la muestra óptima con 20% de PET la diferencia es más notoria, tal como se ha demostrado en la Tabla 37. Así mismo, también se observa como el valor- $p$  para las otras propiedades obtiene valores menores a 0.0, por tanto, si hay diferencia significativa en el contenido de humedad óptimo, el equivalente de arena, la abrasión y el índice plástico al adicionar diferentes porcentajes de PET. Por ende, se acepta la hipótesis alternativa.

**Tabla 35. Datos para el análisis estadístico ANOVA**

Porcentaje de PET reciclado triturado	CBR	Contenido de humedad óptimo	Equivalente de arena	índice plástico	Abrasión
0	39.5	6.30	17.6	4.1	37.9
0	75.4	6.30	17.6	4.1	37.9
0	59	6.30	18.2	4.1	37.9
0	92	6.30	17.8	4.1	37.9
10	43	6.20	16.4	3.91	38.5
10	76.8	6.20	17	3.91	38.5
10	59	6.20	17.4	3.91	38.5
10	92.9	6.20	16.93	3.91	38.5
20	44	5.60	15.645	3.7	39.2
20	78.2	5.60	15.945	3.7	39.2
20	61	5.60	16.245	3.7	39.2
20	93.4	5.60	15.945	3.7	39.2
30	45.2	5.67	13.445	3.63	40.5
30	77.6	5.67	14.745	3.63	40.5
30	59	5.67	15.645	3.63	40.5
30	91	5.67	14.612	3.63	40.5

Fuente: propia.

**Tabla 36. Resumen análisis de varianza en software Minitab 18**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
CBR	3	14.71	4.904	0.01	0.998
Contenido de humedad óptimo	3	9.758	3.253	2.05	0.016
Equivalente de arena	3	22.502	7.5008	26.68	0.000
Índice de plasticidad	3	0.54440	0.181467	3.8	0.000
Abrasión	3	14.9900	4.99667	39.02	0.000

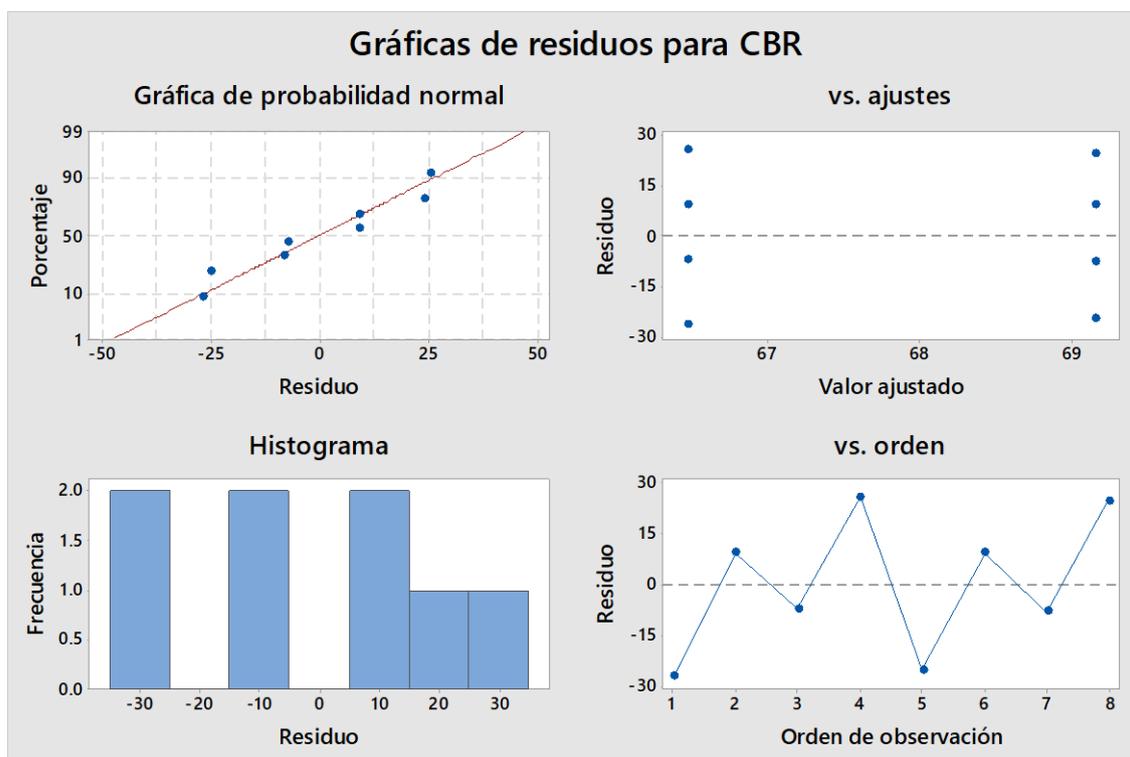
Fuente: propia.

**Tabla 37. Análisis de Varianza del CBR base natural y base tratada**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de PET reciclado tri	1	14.31	14.31	0.03	0.0869
Error	6	2883.62	480.60		
Total	7	2897.93			

Fuente: propia.

**Figura 26. Gráfica de residuos para CBR base natural y base tratada**



## VI. Conclusiones

Al analizar las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, para validar que tiene mejores características que el suelo de la cantera Chuyabamba, Chota, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Las características del suelo de la cantera Chuyabamba, Chota, no cumplen con los requisitos técnicos del MTC (2014) para una base granular, debido a que el suelo clasificado según AASHTO como A-1-b (0) presenta índice de plasticidad de 4.10%, abrasión de 37.90%, equivalente de arena de 18.00%, óptimo contenido de humedad de 6.30% y capacidad de soporte (CBR) al 100% de M.D.S. de 75.38%.
- 2) Al utilizar PET al 10, 20 y 30% del peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba para elaborar una base granular tratada, esta mejora sus características físicas y mecánicas, llegando a tener un índice de plasticidad de 3.91, 3.70 y 3.63%, respectivamente, valores dentro de los estándares de la norma CE.010 (MVCS, 2021), pero a pesar de aumentar el CBR al 100% de la M.D.S. hasta 76.80, 78.20 y 77.60% respectivamente, sigue estando por debajo del mínimo especificado por el MTC (2014), no obstante, la diferencia es de tan solo 1.80%.
- 3) Los residuos plásticos PET acumulados en los botaderos de la ciudad de Chota son 100 kg/día, mismos que se pueden reducir en un 90% al ser utilizados como material adiconante en la elaboración de bases tratadas, siendo así permite reducir la contaminación ambiental.
- 4) La “base granular tratada con adición de 20% de PET reciclado triturado de 2.00 mm” puede ser utilizada en la construcción de carreteras o reparación de pavimentos de vías chotanas (con subrasante con CBR>10%), debido a que existe la disponibilidad de los residuos plásticos. Con 1 m<sup>3</sup> de este material se puede construir una base de 30 cm en una carretera de 1.5 km x 7.20 m, ocupando para ello 557.20 kg de PET triturado y 2786 kg de suelo de la cantera Chuyabamba.
- 5) Al comparar técnicamente las propiedades físico-mecánicas del nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” y una base granular natural con suelo de la cantera Chuyabamba, para su uso en la ciudad de Chota, se verificó que la base granular tratada presenta mejores características que el suelo natural de la cantera Chuyabamba.

## VII. Recomendaciones

- 1) La cantera Chuyabamba no presenta los requisitos técnicos para una base granular, por lo que se sugiere su uso como material de afirmado, o mejorar sus características con el uso de PET reciclado triturado.
- 2) Se recomienda que para el reciclaje de botellas de plástico PET, se debe seguir el procedimiento de recolección, lavado, secado y posterior triturado. Para la trituración del plástico en proyectos viales, se sugiere utilizar trituradoras industriales para facilitar el proceso de obtención del material adicionante. Por lo que se aconseja a la Municipalidad Provincial de Chota implementar una planta de residuos sólidos, para garantizar la disponibilidad de PET reciclado triturado.
- 3) Se debe considerar que esta propuesta representa ventajas significativas para el medio ambiente e involucra la usanza de botellas de agua y gaseosa, para luego ser usado como material de mejora o de tratamiento de una base granular.
- 4) Se sugiere que la Municipalidad Provincial de Chota, utilice una base granular tratada con 20% de PET reciclado triturado de 2.00 mm respecto al peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba, para la construcción de carreteras que tengan una subrasante con capacidad de soporte mayor a 10%, con un proceso de compactación adecuado que llegue al grado óptimo encontrado en laboratorio.
- 5) La base granular de la cantera Chuyabamba tiene una diferencia de 2% para alcanzar la capacidad de soporte solicitada por el MVCS (2020), por ello, se deja a consideración del lector, el uso de grava triturada o arena de río como un segundo adicionante a la mezcla de suelo para mejorar aún más sus características mecánicas, y pueda ser utilizada en cualquier proyecto vial.
- 6) Así mismo, se recomienda para futuros estudios realizar el ensayo de compresión no consolidada, si bien en la presente investigación no se ha considerado porque no forma parte de las especificaciones de una base granular, su análisis sería interesante si se pretende aplicar este material mejorado en explanaciones o en subrasantes.
- 7) Para demostrar que las bases granulares tratadas trabajan mejor que las bases granulares convencionales, se recomienda realizar pruebas de campo como compactación in situ y CBR de campo en un tramo de prueba, para comprobar su comportamiento óptimo real, previo a su aplicación en proyectos de ingeniería.

## VIII. Referencias

Acosta Valer, Hugo. 2017. *Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles*. Tesis de grado, Universidad Tecnológica de los Andes

Alvarado Lara, Christian Romel y Holger Jaime Zegarra Bobadilla. 2019. *Estudio comparativo del material granular proveniente de la cantera Sojo-Sullana para subbases de pavimentos flexibles con adición del polímero PET reciclado*. Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.

Alonso, S.L., Vinajera, R.C. y Rodríguez, R.G. 2006. Granulometría de dos tipos predominantes de suelo del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 10-3, pp. 61-68.

Arualrajah, Arul, Sahan Perera, Yat Choy Wong, Suksun Horpibulsuk, y Farshid Maghool. 2020. Stiffness and flexural strength evaluation of cement stabilized PET blends with demolition wastes. *Construction and Building Materials*, (april), 239-1. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117819>

Atiquipa Nieto, Oliver y Rosalino Orozco, Giancarlo. 2018. *Propuesta de parámetros de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas del Perú a fin de mejorar su serviciabilidad*. Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma.

Bingqian Zhou (2019). Feasibility Study of Lean Oil Sand as Base and Surface Material on Gravel Roads in Alberta. Tesis de maestría en Ciencias Aplicadas, en Ingeniería Civil UWSpace. <http://hdl.handle.net/10012/14536>

Bisquerra, R. 1989. *Métodos de investigación educativa: Guía práctica*. (1ª. Ed. pp-55-69). Barcelona: CEAC.

Bodhgire, Rohit, Abhijit Shinde, y Vijay Kakade. 2019. Cost Comparison of Flexible Pavement Designed with Cement Treated Base and Granular Base. *Proceedings of Sustainable Infrastructure Development & Management (SIDM) 2019*, 30 (abril), pp. 1-7.

Botía Díaz, Wilmar Andrés. 2015. *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada.

Braja, M Das. 2015. *Fundamentos de ingeniería Geotécnica (4ª ed.)*. México: Cengage Learning.

Bueno Nauca, Nilton Ivan. 2020. *Evaluación del nivel de intervención vial para la transitabilidad de la superficie de rodadura de la carretera Chota – El Gavilán*. Tesis de grado, Universidad Alas Peruanas.

Cabrera, M., P. Pérez, J. Rosales y F. Agrela. 2020. Feasible Use of Cathode Ray Tube Glass (CRT) and Recycled Aggregates as Unbound and Cement-Treated Granular Materials for Road Sub-Bases. *Materials*, 6 (february), 13-3, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3390/ma13030748>

Cárdenas Silvera, Diego Antonio. 2018. *Mejoramiento de la base granular adicionando estabilizador químico CON—AID CBR Plus en carretera Juliaca -limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000, Departamento de Puno*. Tesis de grado, Universidad César Vallejo.

Chalán Machuca, Edwin Gerald. 2018. *Análisis de la disminución del espesor de un pavimento rígido estabilizando la sub base con cemento*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.

Crespo, Carlos. 2012. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed. México: Limusa Grupo Noriega.

Cristán Frías, Arturo, Irina Ize y Arturo Gavilán. 2003. La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta Ecológica*, 69-1, pp. 67-82.

Cordero Barrios, Fernando Daniel. 2020. *Suelos Cohesivos y no cohesivos*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cusquisibán Ocas, Wilder Danny. 2014. *Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.

De La Cruz Casaño, Celso. 2016. Metodología de la investigación tecnológica en ingeniería. *Revista Ingenium*, 1-1, pp. 43-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.18259/ing.2016007>

Dipti Ranjan Biswal, Umesh Chandra Sahoo & Suresh Ranjan Dash (2020) Características mecánicas de suelos lateríticos granulares estabilizados con cemento para uso como capa estructural de pavimento. *Road Materials and Pavement Design*, 21-5, pp. 1201-1223. DOI: <https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1545687>

Dombe, Shrikant, Anand. B. Tapase, Y.M. Ghugal, B.A. Konnur, y Patil Akshay. 2019. Investigation on the Use of E-Waste and Waste Plastic in Road Construction. *International*

*Congress and Exhibition "Sustainable Civil Infrastructures"*, 01 (november).  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-34196-1\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-34196-1_6)

Duque Escobar, Gonzalo y Carlos Enrique Escobar Potes. 2016. *Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas. Geomecánica para ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia.

Flores León, Paola Imelda. 2019. *"Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la Clínica USAT, 2018-2019"*. Tesis pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Franco-Urquiza, E.A., Ferrando, H.E., Luis D.P. y Maspoch, M.Ll. 2016. *Reciclado mecánico de residuos plásticos. Caso práctico: Poliestireno de alto impacto para la fabricación de componentes de TV. Afinidad*, 73-575.

Freire, Ana Cristina, José Manuel Coelho das Neves, António José Roque, Isabel Milagre Martins y María de Lurdes Antunes. 2019. Feasibility study of milled and crushed reclaimed asphalt pavement for application in unbound granular layers. *Road Materials and Pavement Design*, 16(december). <https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1701539>

Garavito, Julio. 2008. *Identificación de plásticos*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

García Gómez, Itzel. 2017. *Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales*. Tesis de grado, Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Grupo Geotecnia. 2015. *Introducción a la Geotecnia: Tipos y propiedades generales de los suelos*. Universidad de Cantabria.

Gonzales, H. 2020. *Evaluación del deterioro de la superficie de rodadura para la rehabilitación de la infraestructura vial en los jirones del sector 5, chota*. Tesis de grado, Universidad Alas Peruanas.

Hernández Sampieri Roberto, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio. 2014. *Metodología de la investigación, 6ta ed.* México: MC Graw Hill.

Herrera Herbert, Juan y Fernando Pla Ortiz de Urbina. 2006. *Métodos de minería a cielos abierto*. Universidad Politécnica de Madrid.

Herrera Rojas, Rosmery Sarita. 2014. *Efecto del cemento Portland tipo 1, como estabilizante del material granular de la cantera El Guitarrero para bases de pavimentos*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.

Huaman Alvis, Karina. 2018. *Diseño geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal EMP, PE-08B (HABANA) – sector Cantorcillo (KM 00+000 AL 05+000), distrito de Habana, provincia de Moyobamba, región de San Martín*. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, Imcyc. 2010. *Muestreo de agregados – segunda parte*. México: Construcción y tecnología.

Instituto Nacional de Calidad, INACAL. 2019. NTP 339.252. *Suelos. Guía normalizada para muestreo de suelos de la zona vadosa (zona no saturada por encima del nivel freático)*. 1ª Ed. Lima, Perú.

INACAL. 2011. NTP 400.017. *Agregados, Métodos de ensayos normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú.

IINACAL. 2013. NTP 400.022. *Agregados. Métodos de ensayos normalizados para la densidad, la densidad (Peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Perú.

INACAL. 2018. NTP 339.129. *Suelos, Métodos de ensayo para determinar el límite líquido. Límite plástico, e índice de plasticidad*. Lima, Perú.

INACAL. 2018. NTP 339.128. *Suelos, Métodos de ensayos para el análisis granulométrico*. Lima, Perú.

INACAL. 2018. NTP 339.145. *Suelos. Método de ensayos de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio*. Lima, Perú.

Kambole, C., P. Paige-Green, W.K. Kupolati, J.M. Ndambuki, y A. Adeboje. 2019. Comparison of technical and short-term environmental characteristics of weathered and fresh blast furnace slag aggregates for road base applications in South Africa. *Case Studies in Construction Materials*, (december), 11-1, pp. 1-15.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00239>

Kuman, Sachin y Magandeeep. 2020. Effects on Bitumen Mix by Using Wollastonite and Recycled Polyethylene Terephthalate Granules as Fillers. *Journal of Xidian University*, 14-9. pp. 1345-1358. <https://doi.org/10.37896/jxu14.9/144>

Li, Cheng, Jeramy C. Ashlock, David J. White y Pavana KR Vennapusa. 2019. Mechanistic-based comparisons of stabilised base and granular surface layers of low-volume roads, *International Journal of Pavement Engineering*, 20-1, pp. 112-124, DOI: <https://doi.org/10.1080/10298436.2017.1321417>

Loayza, Juan. 2010. El recurso suelo. *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 41 (1), 6 – 18.

López Rodriguez, Luis Erick. 2019. *Capacidad de soporte de sub-base granular de pavimentos flexibles con áridos reciclados mixtos seleccionados aplicando 3% de cloruro de magnesio*. Tesis de grado, Universidad San Pedro de Chimbote.

Lozada Tiglla, Edwar Francis. 2018. *Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba*. Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán.

Mehrjardi, Gholamhosein Tavakoli, Alireza Azizi, Amanj Haji-Azizi, y Gholamreza Asdollafardi. 2020. Evaluating and improving the construction and demolition waste technical properties to use in road construction. *Transportation Geotechnics*, (june), 23-1. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100349>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2018. *Informes y publicaciones/ Transporte, Infraestructura vial, Red vial existente y proyectada del sistema nacional de carreteras por jerarquía, según departamento: 2018. MTC*. <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2018. *Glosario de términos de uso frecuente. MTC, 12 de enero, Resolución directoral N° 02 -2018 – MTC/14*. Lima: MTC.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2016. *Manual de ensayo de materiales*. Lima: MTC.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. *Manual de carreteras: Suelos, Geológica, Geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: MTC.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013. *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013*. Lima: MTC.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, MVCS. 2020. *Reglamento Nacional de Edificaciones 2020. CE.010 Pavimentos urbanos*. Megabyte.

Molina Vinasco, Gloria Milena, Luisa María Bedoya Blandón, y Mauricio Ocampo Martínez. 2016. *Análisis para el mejoramiento de la resistencia de la sub-base granular al ser mezclada con materiales no biodegradables*. Tesis de grado, Universidad Libre Seccional Pereira.

Municipalidad Provincial de Chota. 2021. *Obras de Municipalidad Provincial de Chota (Cajamarca/ Chota/ Chota)*. MPCH. [https://apps.contraloria.gob.pe/ciudadano/wfm\\_rpt\\_PteEntidad.aspx?RUC=20220499767](https://apps.contraloria.gob.pe/ciudadano/wfm_rpt_PteEntidad.aspx?RUC=20220499767)

Municipalidad Provincial de Chota. 2018. Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chota, PDU – Chota. MPCH.

Oliva Díaz, Caridad. 2010. *Estabilización de un suelo de la formación Toledo con cemento portland y sistema rocamix líquido*. Tesis de grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

Pacheco-Torres, Rosalía y Fernando Varela. 2019. Mechanical performance of cement-stabilised soil containing recycled glass as road base layer. *Road Materials and Pavement Design*, 15 (april), 21-8, pp. 2247-2263. <https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1602073>

Pastor Bazán, Carlos Fernando. 2013. *Evaluación de canteras para realizar la construcción de trocha carrozable a nivel de afirmado Campo Alegre - Peña Blanca, Distrito de Namora, Provincia De Cajamarca*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.

Perera, Sahan, Arul Arulrajah, Yat Wong, Farshid Maghool, y Suksun Horpibulsuk. 2020. Evaluation of shear strength properties of unbound PET plastic in blends with demolition wastes. *Construction and Building Materials*, 30 (november), 262-1. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120545>

Pérez Platas Feliciano y Trujillo Leiva Jonatan. 2017. *Límites de consistencia*. Universidad Tecnológica de los Andes.

Quispe Tito, Cesar. 2016. *Evaluación geológica - geotécnica para el proceso constructivo de la avenida Jallihuaya – Puno*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano.

Rabanal Díaz, Walter Humberto. 2017. *Caracterización de los residuos sólidos de competencia municipal, que permitiría el diseño del relleno sanitario y la evaluación de impactos ambientales en la ciudad de Chota*. Tesis de maestría en gestión ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca.

Ramírez Zumaeta Euclides Raúl, Manuel F. Valencia Ramos, Jorge W. Vela Alvarado. 2018. Génesis, morfología, clasificación y susceptibilidad de suelos de la parte media de la cuenca del Río Abujao Región Ucayali. *Anales científicos*, 79-2, pp. 368-376. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i2.1249>

Ramírez García, Andrea Mar. 2012. *Aspectos éticos de la investigación*. SlideShare, 01 de noviembre, sección presentaciones.

Ramos, Gabriela. 2014. *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú.

Rezaeian, Mohammadreza, Pedro Miguel Vaz Ferreira y Abdullah Ekinci. 2019. Mechanical behaviour of a compacted well-graded granular material with and without cement. *Soils and Foundations*, (june), 59-3, pp. 687-698.

Roben, Eva. 2003. *El Reciclaje, Oportunidades Para Reducir la Generación de los Desechos Sólidos y Reintegrar Materiales Recuperables en el Círculo Económico*. Loja: Municipio de Loja/DED (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica).

Rojas Cairampona, Marcelo. 2015. Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16-1, pp. 1-14.

Saberian, Mohammad, Jie Li, Sujeeva Setunge. 2019. Evaluation of permanent deformation of a new pavement base and subbase containing unbound granular materials, crumb rubber and crushed glass. *Journal of Cleaner Production*, 1 (september), 230-1, pp. 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.100>

Saberian, Mohammad, Jie Li, Mahdi Boroujeni, David Law y Chun-Qing Li. 2020. Application of demolition wastes mixed with crushed glass and crumb rubber in pavement base/subbase. *Resources, Conservation and Recycling*, (mayo), 156-1. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104722>

Saberian, Mohammad y Jie Li. 2019. Long-term permanent deformation behaviour of recycled concrete aggregate with addition of crumb rubber in base and sub-base applications. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, (june), 121-1, pp. 436-441. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.03.029>

Saltan, Mehmet y Nimet Inkaya. 2020. Usage of Waste Plastics in Road Pavements. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 24-1, pp. 158-163. DOI: 10.19113/sdufenbed.649471

Satvati, Sajjad, Ali Nahvi, Bora Cetin, Jeramy C. Ashlock, Charles T. Jahren, y Halil Ceylan. 2020. Performance-based economic analysis to find the sustainable aggregate option for a granular roadway. *Transportation Geotechnics*, 28 (july). <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100410>

Singh, Manish, Salman Khan, Sarthak Sharma, Himanshu Tiwari, y Deepti Dohare. 2019. Improvising Pavement Strength using Plastic Waste. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, (april), 6-4, pp. 4628-4631.

Teijón-López-Zuazo, Evelio, Ángel Vega-Zamanillo, Miguel Ángel Calzada-Pérez y Ángel Robles-Miguel. 2020. Use of Recycled Aggregates Made from Construction and Demolition Waste in Sustainable Road Base Layers. *Sustainability*, 18 (august), 12-16, pp. 1-14. <https://doi.org/10.3390/su12166663>

Ticlla Ríos, Thalía Nancy del Rocío. 2021. *Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]

Tingle, Jeb. S. 2019. Mechanistic Analyses of Geosynthetic Reinforced Aggregate Road Test Sections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 15 (september). <https://doi.org/10.1177/0361198119864106>

Townsend, Stephen, Chad J. Spreadbury; Steven J. Laux, P.E.; Christopher C. Ferraro. 2020. Blending as a Strategy for Reusing Municipal Solid Waste Incinerator Ash in Road-Base Construction. *Journal of Environmental Engineering*, (september), 146-9.

Valdez, Ana. 2012. *Campaña de divulgación para reciclación*. Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Vásquez Torres, Jhonny. 2019. *Evaluación de la mezcla de agregados de las canteras El Guitarrero y Piedra Chancada del río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca.

Vásquez Valderrama, Félix Juan y Nilger Nicolás Manrique López. 2018. *Sub base y base tratada con incorporación de cemento portland tipo I, en carretera Cyclic Luya Lamud, Chachapoyas – Amazonas 2018*. Tesis de grado, Universidad César Vallejo.

Xiao, Rui, Pawel Polaczyk, Miaomiao Zhang, Xi Jiang, Yiyuan Zhang, Baoshan Huang, y Wei Hu. 2020. Evaluation of Glass Powder-Based Geopolymer Stabilized Road Bases Containing Recycled Waste Glass Aggregate. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 6 (january), <https://doi.org/10.1177/0361198119898695>

Zapata, Rodrigo. 2018. *Geología y Geotecnia*. Universidad Nacional de Rosario.

## IX. Anexos

### Anexo N° 1. Matriz de consistencia.

**Estudiante** : Andy Roy Tamay Ravillet

**Título del Proyecto:** Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, cantera Chuyabamba, Chota, 2021

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnicas e instrumentos
¿Existirá diferencia significativa en las propiedades físico-mecánicas de una base granular al ser tratada con adición de PET reciclado, para validar que tiene mejores características que el suelo seco de la cantera Chuyabamba, Chota?	<p><b>Objetivo General</b> Analizar las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, para validar que tiene mejores características que el suelo de la cantera Chuyabamba, Chota.</p>	H1: Existe diferencia significativa entre las propiedades físico-mecánicas de una base granular al adicionarse 0%, 10%, 20% y 30% de PET reciclado triturado respecto al peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba, Chota.	Técnicas Observación Experimentación
	<p><b>Objetivos Específicos</b> Verificar las características granulares del suelo de la cantera Chuyabamba, Chota, según los requisitos técnicos del MTC (2014).  Utilizar el PET al 10%, 20% y 30% del peso del suelo seco de la cantera Chuyabamba para elaborar una base granular tratada con el fin de reducir la cantidad de plástico en botaderos y calles de la ciudad de Chota.  Crear un nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” para su uso en la construcción de carreteras o reparación de pavimentos de vías chotanas, según la disponibilidad de los residuos plásticos.  Comparar técnicamente las propiedades físico-mecánicas del nuevo material “base granular tratada con adición de PET reciclado triturado” y una base granular natural con suelo de la cantera Chuyabamba, para su uso en la ciudad de Chota.</p>		Instrumentos Cuaderno de campo Formatos de ensayos de laboratorio

## Anexo N° 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Recicladora Leo



Fotografía 2. Plástico PET recolectado en la recicladora Leo



Fotografía 3. Trituración del PET



Fotografía 4. Cantera Chuyabamba



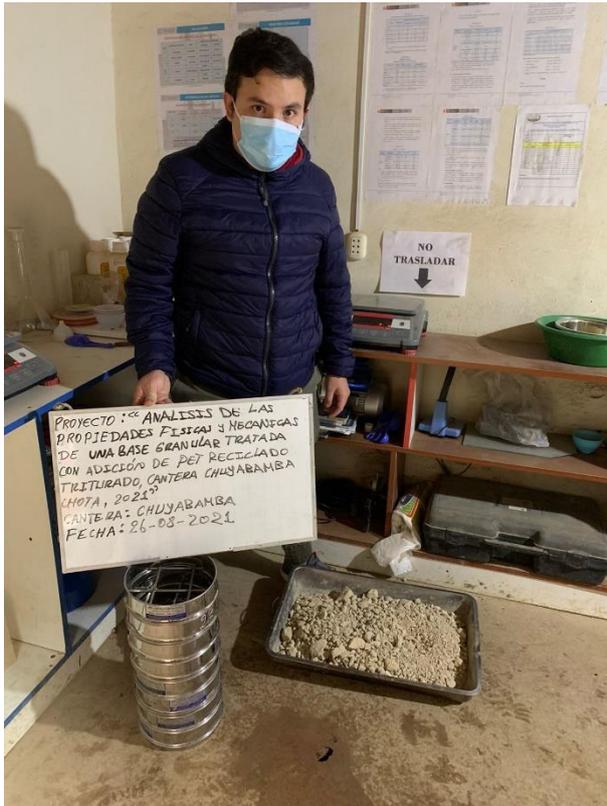
Fotografía 5. Contenido de humedad



Fotografía 6. Cuarteo de la muestra de suelo



Fotografía 7. Análisis granulométrico



Fotografía 8. Límite líquido, ensayo de la copa casa grande



Fotografía 9. Ensayo de límite plástico



Fotografía 10. Equivalente de arena



Fotografía 11. Ensayo de Proctor modificado



Fotografía 12. Compactación para ensayo de CBR



Fotografía 13. Ensayo de expansión previo al ensayo de CBR



Fotografía 14. Máquina CBR



**Anexo N° 3. Autorizaciones y permisos**

## "AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

**CARTA N° 001 – 2020 – ARTR**

Al: Sr. César Maldonado Álvarez  
Gerente general de la recicladora Leo

De: Andy Roy Tamay Ravillet  
Autor del proyecto de investigación "Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, cantera Chuyabamba, Chota, 2021"

Asunto: Solicitar datos estadísticos sobre la cantidad de residuos plásticos recolectados por su empresa en los últimos años (2017, 2018, 2019)

Fecha: Chota, 30 de octubre de 2020

---

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. A la vez saludarle cordialmente y por intermedio de la presente solicitarle de la manera más atenta, que me remita los datos referentes a la cantidad de residuos plásticos que su empresa haya logrado acopiar en los anteriores tres años (2017, 2018 y 2019). Dichos datos serán utilizados en bien del desarrollo de la investigación titulada "Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, cantera Chuyabamba, Chota, 2021"

Sin otro particular me despido de usted, no sin antes expresarle mis sentimientos de consideración y estima personal.

**Atentamente**

  
Recicladora "Leo"  
Recibido



Comprometido en hacer de Chota, una ciudad ecológica para  
el Perú y el mundo

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

**CARTA N° 001 – 2020 – CMA**

Al: Est. Andy Roy Tamay Ravillet

Autor del proyecto de investigación "Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado. cantera Chuyabamba, Chota, 2021"

De: César Maldonado Álvarez

Gerente general de la recicladora Leo

Asunto: Remitir carta de aceptación para recolección de botellas plásticas PET con apoyo de **la Recicladora "LEO"** para la ejecución de su investigación.

Fecha: Chota, 16 de noviembre de 2020

Mediante el presente me dirijo ante Ud. Con la finalidad de atender a su solicitud descrita en la CARTA N° 002 – 2020 – ARTR, para lo cual se hace de su conocimiento que en calidad de gerente y propietario de la empresa se tiene la disposición de acceder a su petición para la realización de su investigación "" con los residuos plásticos reciclados por la empresa que suscribe, para lo cual doy la conformidad y remito la presente para los trámites que considere pertinente.

Sin más, mención que realizar me despido de Usted, no sin antes expresarle mi deseo de que continúe con su estudio en beneficio de la población chotana.

Atentamente

  
César Maldonado Álvarez  
DNI 16667968

Chota: Adriano Novoa Cdra. 10 y esq. Con santo domingo  
Tacabamba: Carr. Chota Frente al cementerio

Cell: RPM  
# 979054943  
#979034864



*Comprometido en hacer de Chota, una ciudad ecológica para el Perú y el mundo*

**FICHA TÉCNICA DE CANTIDAD DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE LOS AÑOS 2017, 2018, 2019 Y DE ENERO A OCTUBRE DEL 2020**

Mes	kg. Por AÑO			
	2017	2018	2019	2020
Enero	1,800	1,890	1,989	2,000
Febrero	1,849	1,879	1,889	1,920
Marzo	1,870	1,863	1,853	1,860
Abril	1,847	1,865	1,923	0.00
Mayo	1,900	1,924	1,935	0.00
Junio	2,025	2,000	2,028	0.00
Julio	1,890	1,864	2,000	2,300
Agosto	1,885	1,956	2,000	2,100
Setiembre	1,871	1,956	1,950	1,930
Octubre	1,953	1,921	1,950	2,000
Noviembre	1,967	1,895	1,900	
Diciembre	2,000	1,997	2,050	
<b>Total</b>	<b>22,857</b>	<b>23,010</b>	<b>23,467</b>	<b>14,110</b>

(\*) Los meses de abril, mayo y junio la empresa cerró debido a la pandemia Covid-19



Chota, 05 de noviembre de 2020

Chota: Adriano Novoa Cdra. 10 y esq. Con santo domingo  
Tacabamba: Carr. Chota Frente al cementerio

Cell: RPM  
# 979034943  
#979034864

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

**CARTA N° 002 – 2020 – ARTR**

Al: Sr. César Maldonado Álvarez  
Gerente general de la recicladora Leo

De: Andy Roy Tamay Ravillet

Autor del proyecto de investigación "Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, cantera Chuyabamba, Chota, 2021"

Asunto: Expresar mi agradecimiento por los datos estadísticos brindados y solicitar la disposición de residuos plásticos PET para la ejecución de la investigación.

Fecha: Chota, 06 de noviembre de 2020

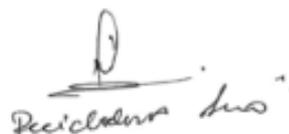
---

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. A la vez saludarle cordialmente y por intermedio de la presente hacerle llegar mi más sincero agradecimiento por los datos brindados, y a la vez solicitarle de la manera más atenta, que emita una carta de aceptación para la disposición de residuos plásticos reciclados por su empresa, para la ejecución de la investigación antes mencionada, que será desarrollada en el laboratorio GSE de la ciudad de Chota.

Sin otro particular me despido de usted, no sin antes expresarle mis sentimientos de consideración y estima personal.

**Atentamente**



Recicladora Leo



Comprometido en hacer de Chota, una ciudad ecológica para  
el Perú y el mundo

**"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"**

**CARTA N° 001 – 2020 – CMA**

Al: Est. Andy Roy Tamay Ravillet

Autor del proyecto de investigación "Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, cantera Chuyabamba, Chota, 2021"

De: César Maldonado Álvarez

Gerente general de la recicladora Leo

Asunto: Remitir datos estadísticos sobre la cantidad de residuos plásticos recolectados por **la Recicladora "LEO"** en los últimos años (2017, 2018, 2019)

Fecha: Chota, 05 de noviembre de 2020

Mediante el presente me dirijo ante Ud. Con la finalidad de atender a su solicitud descrita en la CARTA N° 001 – 2020 – ARTR, para mencionarle que con interés en que realice su investigación, se le brindará los datos solicitados, siendo así por medio de la presente se le hace entrega de tablas de la cantidad de residuos plásticos recolectados por nuestra empresa en los últimos años de enero a diciembre del año 2017, 2018 y 2019, y de enero a octubre del año 2020. Dichos datos representan solo la recolección de botellas plásticas, se hace la aclaración debido a que nuestra empresa recicla diversos productos tales como papel, cartón, acero, cuero, caucho, entre otros.

Sin más, me despido, reiterándole mis buenos deseos para el cumplimiento de su investigación.

Adjunto: Ficha técnica de cantidad de residuos plásticos de los años 2017, 2018, 2019 y de enero – octubre 2020.

Atentamente

  
César Maldonado Álvarez  
DNI 16667968

**Anexo N° 4. Resultados de ensayos de laboratorio**

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		<b>Codigo</b>	AE-FO-15
	<b>EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176</b>		<b>Versión</b>	1
			<b>Fecha</b>	20/04/2018
			<b>Página</b>	1 de 1

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante :** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE

**Fecha:** 28-08-21

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 21/2"

**Ubicación:**

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYOS		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	14:04	14:06	14:08
4	Hora de Salida	14:14	14:16	14:18
5	Hora de Entrada	14:16	14:18	14:20
6	Hora de Salida	14:36	14:38	14:40
7	Altura Maxima de Material Fino (Pulgadas)	<b>11.90</b>	<b>11.90</b>	<b>11.80</b>
8	Altura Maxima de la Arena (Pulgadas )	<b>2.10</b>	<b>2.10</b>	<b>2.15</b>
9	Equivalente de Arena (%)	17.6	17.6	18.2
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	<b>18.00</b>		

**OBSERVACIONES :**

---



---



---



---

	<b>Código</b>	<b>AE-FO-15</b>
	<b>Versión</b>	<b>1</b>
	<b>Fecha</b>	<b>20/04/2018</b>
	<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
MTC E 110 - MTC E - 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T 90**

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante:** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE

**Fecha:** 28-08-21

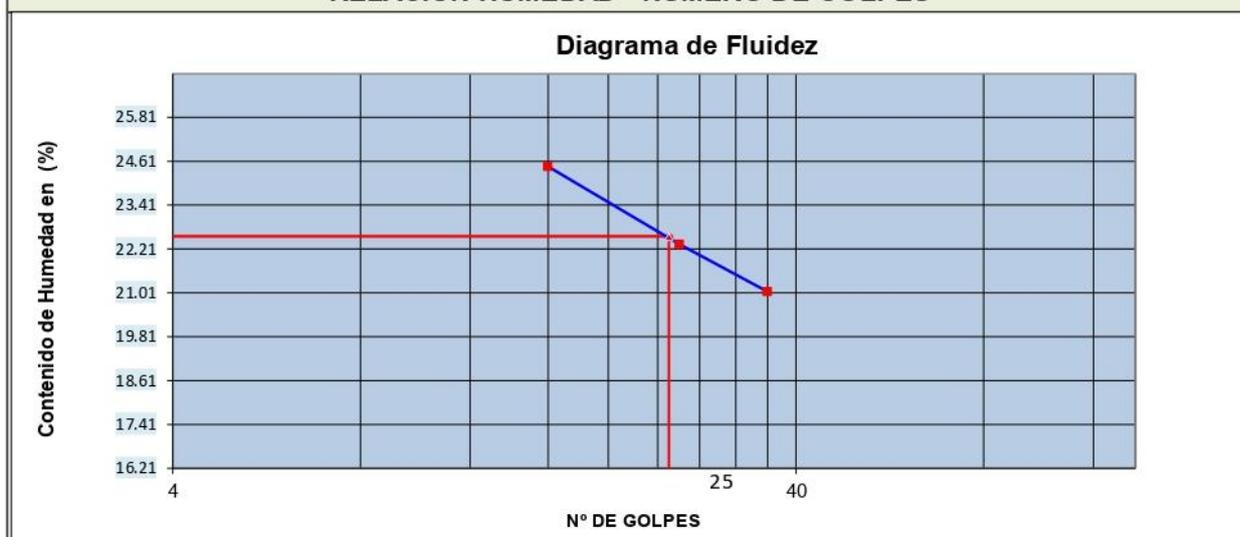
**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 21/2"

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
		1	2	3	4	5	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	55.68	48.98	48.65	16.26	16.47	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	48.70	43.71	43.68	15.00	15.23	
Peso de Recipiente (C)	gr.	20.17	20.12	20.06	8.18	8.51	
Peso del Agua (A-B)	gr.	6.98	5.27	4.97	1.26	1.24	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	28.53	23.59	23.62	6.82	6.72	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	24.47	22.34	21.04	18.48	18.45	18.46
N° De Golpes		16	26	36	0.24	0.02	

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
		22.56	18.46

### RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES



**OBSERVACIONES :**

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>			<b>Código</b>	AE-FO-15□
	<b>HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108-2000)</b>			<b>Versión</b>	1
				<b>Fecha</b>	20-04-20218
				<b>PAGINAS</b>	1 de 1
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>					
<p><b>Obra:</b> "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".</p> <p><b>Solicitante :</b> ANDY ROY TAMAY RAVILLET  <b>Cantera:</b> CHUYABAMBA  <b>Material:</b> DE BASE  <b>Muestra:</b> TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE  <b>Tamaño Max:</b> 21/2"</p> <p style="text-align: right;"><b>Hecho Por:</b> E.C.R  <b>Revisado por:</b> G.R.R  <b>Fecha:</b> 28-08-21</p>					
<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
TARRO					<b>PROMEDIO</b>
TARRO + SUELO HUMEDO		2520.0			
TARRO + SUELO SECO		2242.0			
AGUA		278.00			
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO		2242.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD		12.40 %			12.40 %

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 204 - ASTM D 422 - AASHTO T 88</b>		Versión	1
			Fecha	20/04/2018
			Página	1 de 1

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante :** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE

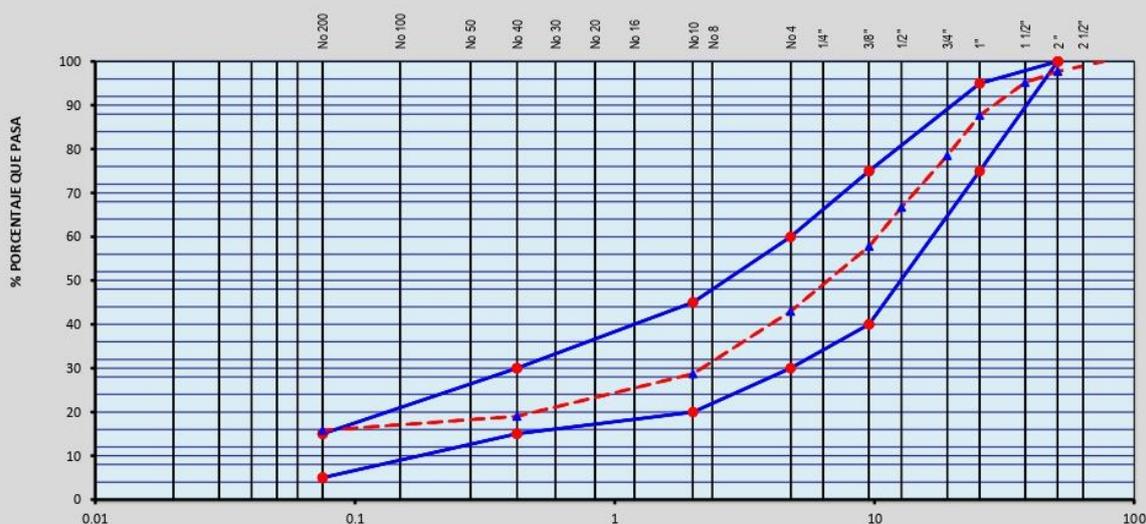
**Fecha:** 28-08-21

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 2 1/2"

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones		Descripcion de Muestra
			Parcial	Acumulado		EG-2013 GRADACION A		
3"	76.200					<b>B</b>		Limite Liquido (LL) : 22.56 (%)
2 1/2"	63.500				100.0			Limite Plastico (LP) : 18.46 (%)
2"	50.800	528.0	2.3	2.3	97.7	100	100	Indice de Plasticidad (IP) : 4.09 (%)
1 1/2"	38.100	576.0	2.5	4.8	95.2			Grava 3" - N° 4 : 54.7 (%)
1"	25.400	1723.0	7.5	12.3	87.7	75	95	Arena N°4 - N° 200 : 27.2 (%)
3/4"	19.050	2102.0	9.2	21.5	78.5			Finos < N° 200 : 15.8 (%)
1/2"	12.700	2699.0	11.8	33.3	66.7			Determinacion del Suelo : <b>Suelo Granular</b>
3/8"	9.525	2033.0	8.9	42.2	57.8	40	75	
1/4"	6.350							
No. 4	4.760	3390.0	14.8	57.0	43.0	30	60	<b>CLASIFICACION AASHTO</b> : <b>A-1-b(0)</b>
No. 8	2.360							<b>CLASIFICACION SUCS</b> : <b>GC-GM</b>
No. 10	2.000	315.0	14.3	71.3	28.7	20	45	
No. 16	1.190							<b>Descripción (SUCS)</b> : <b>- Grava limo arcillosa con arena</b>
No. 20	0.834							Peso Inicial (gr) : <b>22842.0</b>
No. 30	0.600							Peso Fraccion (gr) : <b>950.0</b>
No. 40	0.420	215.0	9.7	81.0	19.0	15	30	
No. 50	0.300							
No. 60	0.250							
No. 80	0.177							
No. 100	0.149	52.0	2.4	83.4	16.6			
No. 200	0.075	17.0	0.8	84.2	15.8	5	15	
<200		351.0	15.8	100.0				

### REPRESENTACION GRAFICA



**OBSERVACIONES :**

---



---



---



---

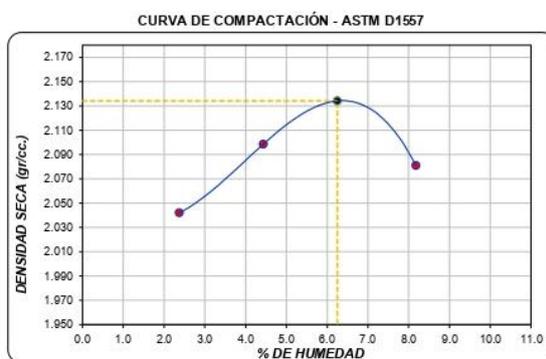
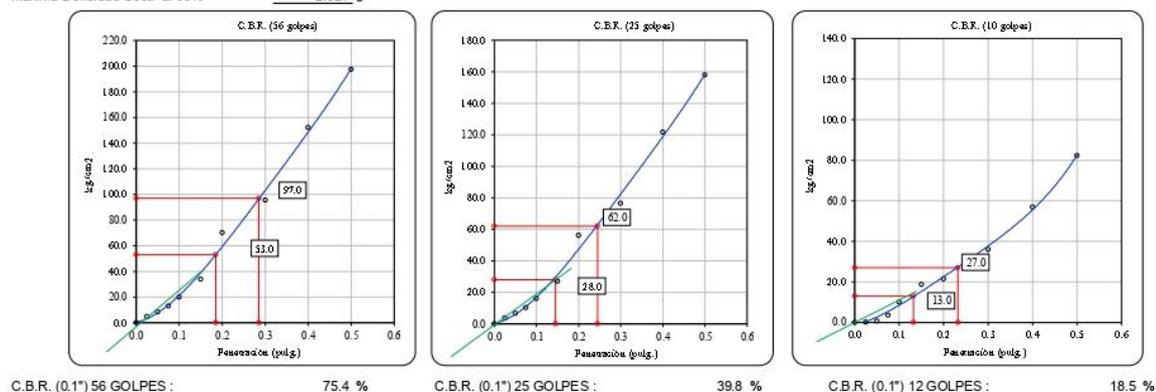
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	4 de 4

Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"			
Solicitante	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno	: Diurno
Identificación	: BASE	Profundidad	: - m
Procedencia	: C-1	Norte	: --
Cantera	: CHUYABAMBA	Este	: --
Ubicación		Cota	: --

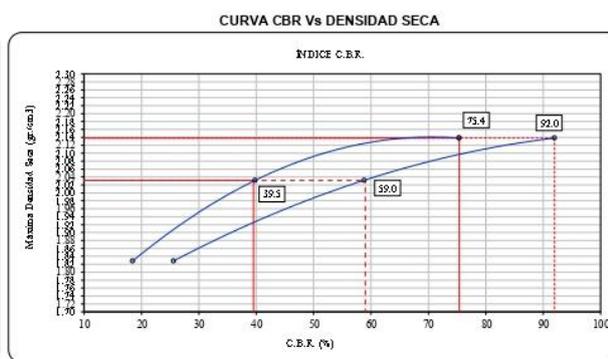
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.134 gr/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 6.3 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2.027 gr/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 75.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 39.5 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 92.0 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 59.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
- \* --
- \* --

<b>GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC</b>		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 4

Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

Solicitante	: FEDECO CONTRATISTAS GENERALES SAC	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo:	28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno:	Diurno
Identificación	: BASE	Profundidad:	- m
Procedencia	: C-1	Norte:	---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este:	---
Ubicación		Cota:	---

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

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	1			2			3						
Número de capas	5			5			5						
Número de golpes	50			25			10						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso suelo + molde (gr.)	13.210			12.068			12.324						
Peso molde (gr.)	8.365			8.125			8.136						
Peso suelo compactado (gr.)	4.845			4.543			4.188						
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2.122			2.103			2.141						
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.283			2.180			1.956						
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2.138			2.032			1.828						
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Peso de tara (gr.)	0.0			0.0			0.0						
Tara + suelo húmedo (gr.)	520.0			790.0			750.0						
Tara + suelo seco (gr.)	487.0			743.0			701.0						
Peso de agua (gr.)	33.0			47.0			49.0						
Peso de suelo seco (gr.)	487.0			743.0			701.0						
Humedad (%)	6.8			6.3			7.0						
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01*	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
28-ago.-21	09:20	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00		
29-ago.-21	09:20	24	7	0.18	0.15	10	0.25	0.22	15	0.38	0.33		
30-ago.-21	09:20	48	9	0.23	0.20	14	0.36	0.30	24	0.61	0.52		
31-ago.-21	09:20	72	12	0.30	0.26	18	0.46	0.39	29	0.74	0.63		
01-sep.-21	09:20	96	17	0.43	0.37	22	0.56	0.48	36	0.91	0.79		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		86	4.7			69	3.7			3	0.2		
0.050		154	8.3			123	6.7			12	0.6		
0.075		236	12.8			189	10.2			65	3.5		
0.100	70.307	368	19.9	53.0	75.4	294	15.9	28.0	39.8	185	10.0	13.0	18.5
0.150		625	33.8			500	27.0			345	18.7		
0.200	105.460	1296	70.1	97.0	92.0	1036	56.0	62.0	58.8	396	21.4	27.0	25.6
0.300		1765	95.5			1412	76.4			663	35.9		
0.400		2810	152.0			2248	121.6			1052	56.9		
0.500		3652	197.5			2921	158.0			1520	82.2		

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---

---

**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC**

TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 4

**Proyecto** : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

<b>Solicitante</b>	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por :	E.C.R
<b>Código del Proyecto</b>	: -	Revisado por :	G.R.R
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo:	28/08/2021
<b>Material</b>	: DE CANTERA	Turno:	Diurno
<b>Identificación</b>	: BASE	Profundidad:	-
<b>Procedencia</b>	: C-1	Norte:	--
<b>Cantera</b>	: CHUYABAMBA	Este:	--
<b>Ubicación</b>		Cota:	--

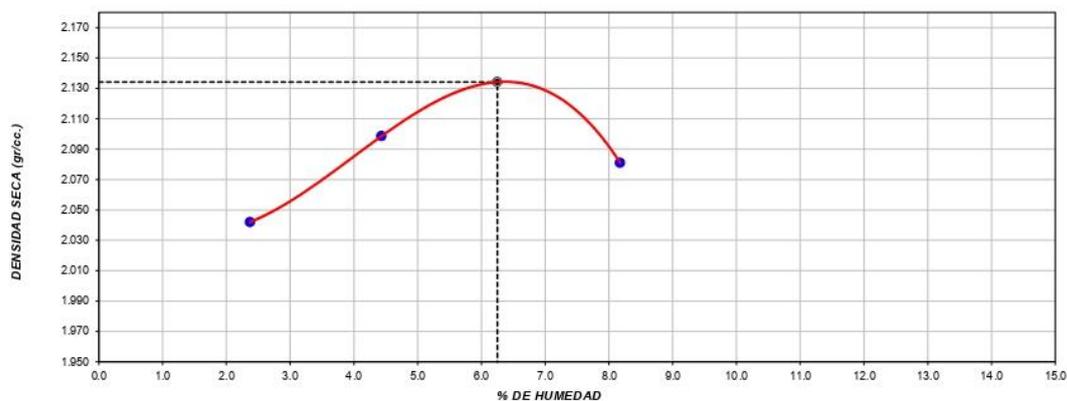
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.090	2.192	2.268	2.251
Contenido de agua	%	2.4	4.4	6.3	8.2
Densidad Seca	gr/cc	2.042	2.099	2.134	2.081

**Densidad Máxima Seca:** 2.134 gr/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedad Óptima:** 6.3 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* --

--

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>

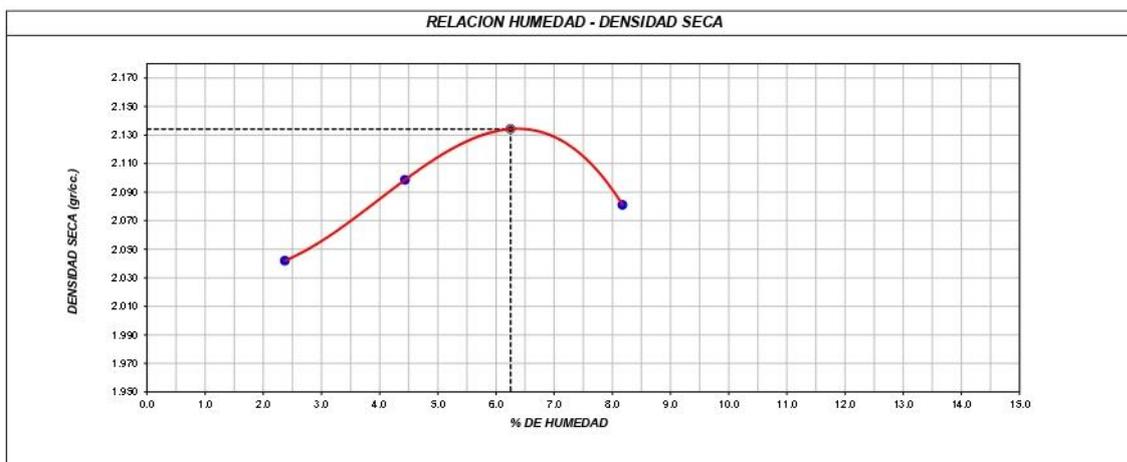
<b>Proyecto</b>	:"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"		
<b>Solicitante</b>	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Ensayado por</b>	: E.C.R
<b>Código del Proyecto</b>	: -	<b>Revizado por</b>	: G.R.R
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: PROVINCIA DE CHOTA	<b>Fecha de Ensayo</b>	: 28/08/2021
<b>Material</b>	: DE CANTERA	<b>Turno</b>	: Diurno
<b>Identificación</b>	: BASE	<b>Profundidad</b>	: - m
<b>Sondaje / Calicata</b>	: C-1	<b>Norte</b>	: ---
<b>Cantera</b>	: CHUYABAMBA	<b>Este</b>	: ---
<b>Coordenadas</b>	: -	<b>Cota</b>	: ---

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>
---

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,820	11,036	11,198	11,163	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,461	4,677	4,839	4,804	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,090	2,192	2,268	2,251	
Recipiente Numero		0	0	0	0	
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	820.0	730.0	510.0	860.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	801.0	699.0	480.0	795.0	
Peso del agua	gr.	19.0	31.0	30.0	65.0	
Peso del suelo seco	gr.	801	699	480	795	
Contenido de agua	%	2.4	4.4	6.3	8.2	
Densidad Seca	gr/cc	2.042	2.099	2.134	2.081	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.134	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	6.3	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---

---

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>				Código	<b>AE-FO-15</b>			
	<b>RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS CON TAMAÑOS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ANGELES (MTC E207 - ASTM C131)</b>				Verisión	1			
					Fecha	20/04/2018			
					Página	1 de 1			
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>									
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".								
<b>Solicitante :</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET				<b>Hecho Por:</b> E.C.R				
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA				<b>Revisado por:</b> G.R.R				
<b>Material:</b>	DE BASE ADICIONANDO 30% DE PET				<b>Fecha:</b> 28/08/2021				
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE								
<b>Tamaño Max:</b>	2 1/2"								
<b>Ubicación:</b>									
<b>METODO</b>		<b>PESOS Y GRANULOMETRIAS REQUERIDOS</b>				<b>PESOS Y GRANULOMETRIAS EMPLEADOS</b>			
<b>PASA TAMIZ</b>	<b>RETIENE TAMIZ</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1 1/2"	1"	0500 ± 25				0500 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25				1258 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10			
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10			
3/8"	1/4"			2500 ± 10					
1/4"	N° 4			2500 ± 10					
N° 4	N° 8				5000 ± 10				
PESO TOTAL		4250 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	4266 ± 25			
N° de Esferas		12	11	8	6	12			
Peso de las Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445	390 - 445			
		Peso Retenido en la malla N° 12 (gr.)				<b>3,272</b>			
		Peso que pasa en la malla N° 12 (gr.)				1,728			
		% Desgaste				<b>40.5%</b>			
<b>OBSERVACIONES :</b>									
_____									
_____									
_____									
_____									
_____									

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		<b>Codigo</b>	AE-FO-15
	<b>EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176</b>		<b>Versión</b>	1
			<b>Fecha</b>	20/04/2018
			<b>Página</b>	1 de 1
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>				
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO. CANTERA CHUYABAMBA. CHOTA, 2021".			
<b>Solicitante :</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Hecho Por:</b>	E.C.R	
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA	<b>Revisado por:</b>	G.R.R	
<b>Material:</b>	DE BASE ADICIONANDO 30% DE PET	<b>Fecha:</b>	28-08-21	
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE			
<b>Tamaño Max:</b>	21/2"			
<b>Ubicación:</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ENSAYOS</b>		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	14:04	14:06	14:08
4	Hora de Salida	14:14	14:16	14:18
5	Hora de Entrada	14:16	14:18	14:20
6	Hora de Salida	14:36	14:38	14:40
7	Altura Maxima de Material Fino (Pulgadas)	<b>13.40</b>	<b>13.60</b>	<b>14.10</b>
8	Altura Maxima de la Arena (Pulgadas )	<b>1.80</b>	<b>2.00</b>	<b>2.20</b>
9	Equivalente de Arena (%)	13.4	14.7	15.6
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	<b>15.00</b>		
<b>OBSERVACIONES :</b>				
_____				
_____				
_____				
_____				

	Código	<b>AE-FO-157</b>
	Versión	<b>1</b>
	Fecha	<b>20/04/2018</b>
	Página	<b>1 de 1</b>

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
MTC E 110 - MTC E - 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T 90**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**Obra:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante :** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Material:** DE BASE ADICIONANDO 30% DE PET

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 21/2"

**Hecho Por:** E.C.R

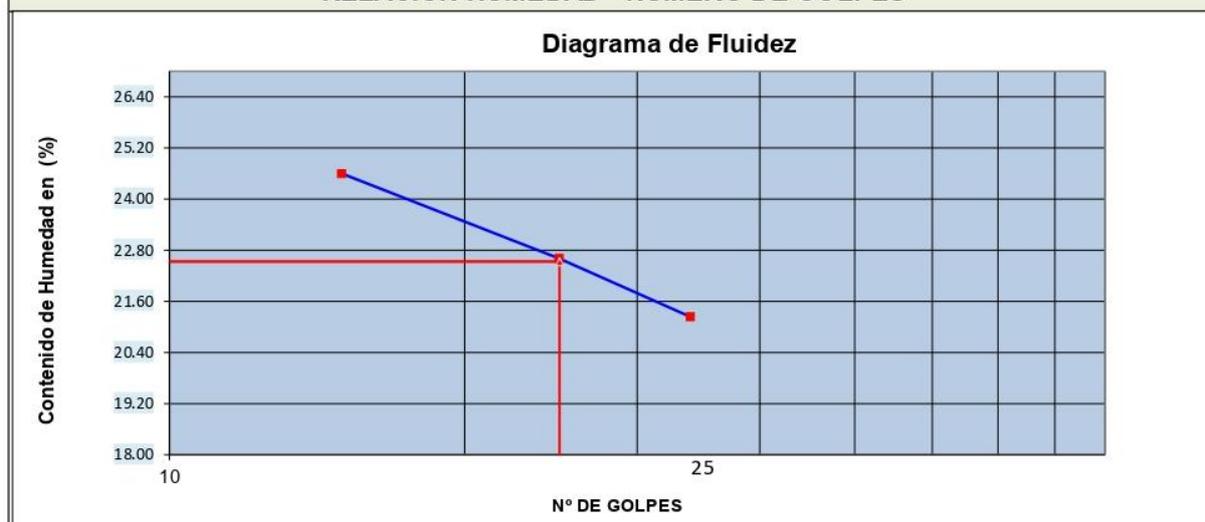
**Revisado por:** G.R.R

**Fecha:** 28-08-21

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
		1	2	3	4	5	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	55.74	49.06	48.72	16.29	16.50	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	48.72	43.73	43.70	15.00	15.23	
Peso de Recipiente (C)	gr.	20.18	20.15	20.06	8.18	8.51	
Peso del Agua (A-B)	gr.	7.02	5.33	5.02	1.29	1.27	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	28.54	23.58	23.64	6.82	6.72	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	24.60	22.60	21.24	18.91	18.90	18.91
N° De Golpes		15	25	34	0.24	0.02	

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	22.54	18.91	

**RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES**



OBSERVACIONES :

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>			<b>Código</b>	AE-FO-15□
	<b>HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108-2000)</b>			<b>Versión</b>	1
				<b>Fecha</b>	20-04-20218
				<b>PAGINAS</b>	1 de 1
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>					
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA. 2021".				
<b>Solicitante :</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Hecho Por:</b>	E.C.R		
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA	<b>Revisado por:</b>	G.R.R		
<b>Material:</b>	DE BASE ADICIONANDO 30% DE PET	<b>Fecha:</b>	28-08-21		
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE				
<b>Tamaño Max:</b>	2 1/2"				
<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
TARRO					<b>PROMEDIO</b>
TARRO + SUELO HUMEDO		2495.0			
TARRO + SUELO SECO		2235.0			
AGUA		260.00			
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO		2235.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD		11.63 %			<b>11.63 %</b>

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 204 - ASTM D 422 - AASHTO T 88</b>		Versión	1
			Fecha	20/04/2018
			Página	1 de 1

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROYECTO:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante :** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

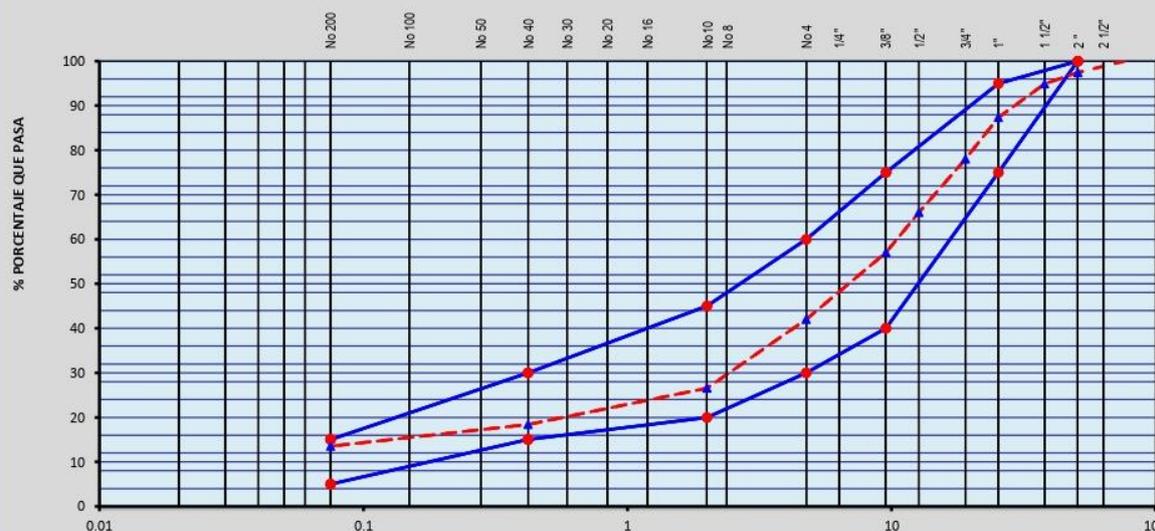
**Material:** DE BASE ADICIONANDO 30% DE PET

**Fecha:** 28-08-21

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 21/2"

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones		Descripción de Muestra
			Parcial	Acumulado		EG-2013 GRADACION A		
3"	76.200					<b>B</b>		Limite Liquido (LL) : 22.54 (%)
2 1/2"	63.500				100.0	100 100		Limite Plastico (LP) : 18.91 (%)
2"	50.800	585.0	2.6	2.6	97.4			Indice de Plasticidad (IP) : 3.63 (%)
1 1/2"	38.100	577.0	2.5	5.1	94.9			Grava 3" - N° 4 : 55.4 (%)
1"	25.400	1732.0	7.6	12.7	87.3	75	95	Arena N°4 - N° 200 : 28.5 (%)
3/4"	19.050	2109.0	9.3	22.0	78.0			Finos < N° 200 : 13.5 (%)
1/2"	12.700	2715.0	12.0	34.0	66.0			Determinación del Suelo : <b>Suelo Granular</b>
3/8"	9.525	2052.0	9.0	43.0	57.0	40	75	
1/4"	6.350							<b>CLASIFICACION AASHTO</b>
No. 4	4.760	3412.0	15.0	58.0	42.0	30	60	<b>A-1-a(0)</b>
No. 8	2.360							<b>CLASIFICACION SUCS</b>
No. 10	2.000	342.0	15.5	73.5	26.5	20	45	<b>GM</b>
No. 16	1.190							Descripción (SUCS) : <b>- Grava limosa con arena</b>
No. 20	0.834							
No. 30	0.600							Peso Inicial (gr) : <b>22695.0</b>
No. 40	0.420	180.0	8.1	81.6	18.4	15	30	Peso Fracción (gr) : <b>930.0</b>
No. 50	0.300							
No. 60	0.250							
No. 80	0.177							
No. 100	0.149	77.0	3.5	85.1	14.9			
No. 200	0.075	32.0	1.4	86.5	13.5	5	15	
<200		299.0	13.5	100.0				

**REPRESENTACION GRAFICA**


**OBSERVACIONES :**

---



---



---



---

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	4 de 4

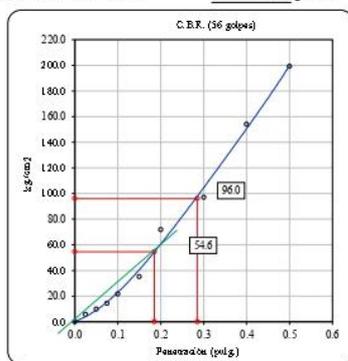
Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

Solicitante	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno	: Diurno
Identificación	: BASE ADICIONANDO 30% DE PET	Profundidad	: - m
Procedencia	: C-1	Norte	: ---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este	: ---
Ubicación		Cota	: ---

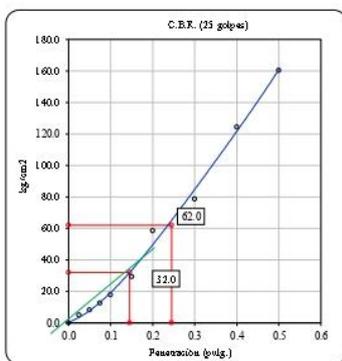
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

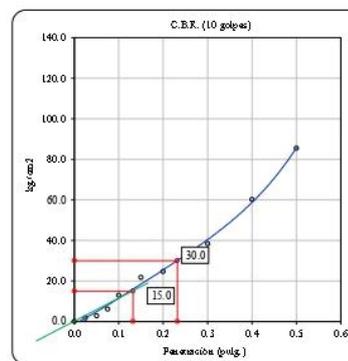
Máxima Densidad Seca : 2.188 gr./cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad : 5.7 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 2.078 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1\*) 56 GOLPES : 77.6 %



C.B.R. (0.1\*) 25 GOLPES : 45.5 %



	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 4

Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

Solicitante	: FEDECO CONTRATISTAS GENERALES SAC	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno	: Diurno
Identificación	: BASE ADICIONANDO 30% DE PET	Profundidad	: - m
Procedencia	: C-1	Norte	: ---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este	: ---
Ubicación		Cota	: ---

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

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,352		12,880		12,548	
Peso molde (gr.)	8,475		8,239		8,364	
Peso suelo compactado (gr.)	4,877		4,641		4,185	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,124		2,124		2,122	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,296		2,185		1,972	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2,156		2,047		1,841	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	0.0		0.0		0.0	
Tara + suelo húmedo (gr.)	523.0		854.0		754.0	
Tara + suelo seco (gr.)	491.0		800.0		704.0	
Peso de agua (gr.)	32.0		54.0		50.0	
Peso de suelo seco (gr.)	491.0		800.0		704.0	
Humedad (%)	6.5		6.8		7.1	

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
28-ago.-21	09:20	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
29-ago.-21	09:20	24	22	0.56	0.48	25	0.64	0.54	35	0.89	0.76
30-ago.-21	09:20	48	25	0.64	0.55	31	0.79	0.68	43	1.09	0.94
31-ago.-21	09:20	72	30	0.76	0.65	36	0.91	0.78	44	1.12	0.96
01-sep.-21	09:20	96	26	0.66	0.57	41	1.04	0.89	54	1.37	1.18

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		104	5.6			93	5.0			32	1.7		
0.050		182	9.8			152	8.2			52	2.8		
0.075		266	14.4			232	12.5			112	6.1		
0.100	70.307	398	21.5	54.6	77.6	329	17.8	32.0	45.5	238	12.9	15.0	21.3
0.150		649	35.1			544	29.4			402	21.7		
0.200	105.480	1326	71.7	96.0	91.0	1082	58.5	62.0	58.8	456	24.7	30.0	28.4
0.300		1792	96.9			1453	78.6			708	38.3		
0.400		2848	154.0			2301	124.4			1113	60.2		
0.500		3682	199.1			2965	160.4			1578	85.3		

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---

---

**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC**

TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 4

**Proyecto** : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

Solicitante	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por :	E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por :	G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo:	28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno:	Diurno
Identificación	: BASE ADICIONANDO 30% DE PET	Profundidad:	-
Procedencia	: C-1	Norte:	---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este:	---
Ubicación		Cota:	---

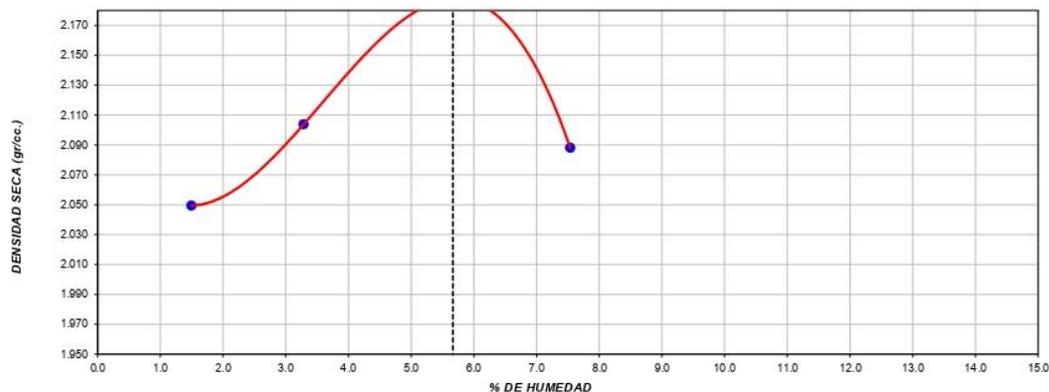
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumétrico Humedo	gr.	2.080	2.173	2.312	2.246
Contenido de agua	%	1.5	3.3	5.7	7.5
Densidad Seca	gr/cc	2.049	2.104	2.188	2.088

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>2.188</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	<b>5.7</b>	<b>%</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	------------	----------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---  
---

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>

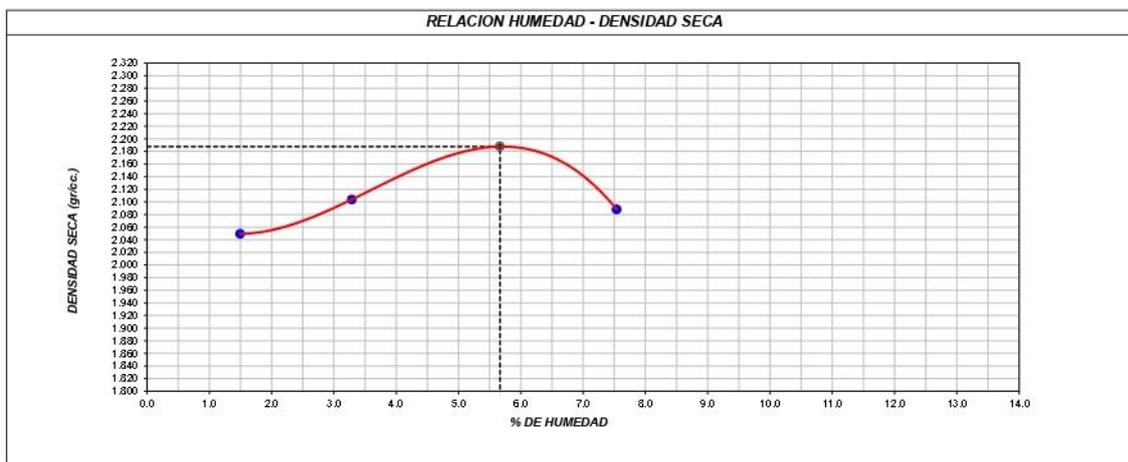
<b>Proyecto</b>	: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"		
<b>Solicitante</b>	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Ensayado por</b>	: E.C.R
<b>Código del Proyecto</b>	: -	<b>Revizado por</b>	: G.R.R
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: PROVINCIA DE CHOTA	<b>Fecha de Ensayo:</b>	: 28/08/2021
<b>Material</b>	: DE CANTERA	<b>Turno:</b>	: Diurno
<b>Identificación</b>	: BASE ADICIONANDO 30% DE PET	<b>Profundidad:</b>	: - m
<b>Sondaje / Calicata</b>	: C-1	<b>Norte:</b>	: --
<b>Cantera</b>	: CHUYABAMBA	<b>Este:</b>	: --
<b>Coordenadas</b>	: -	<b>Cota:</b>	: --

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>
---

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,798	10,996	11,292	11,151	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,439	4,637	4,933	4,792	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,080	2,173	2,312	2,246	
Recipiente Numero		0	0	0	0	
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	813.0	723.0	509.3	856.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	801.0	700.0	482.0	796.0	
Peso del agua	gr.	12.0	23.0	27.3	60.0	
Peso del suelo seco	gr.	801	700	482	796	
Contenido de agua	%	1.5	3.3	5.7	7.5	
Densidad Seca	gr/cc	2.049	2.104	2.188	2.088	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.188	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	5.67	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	------	---

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* --

---

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	OQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>				Código	AE-FO-15			
	<b>RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS CON TAMAÑOS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ANGELES (MTC E207 - ASTM C131)</b>				Verisón	1			
					Fecha	20/04/2018			
					Página	1 de 1			
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>									
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".								
<b>Solicitante:</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET				<b>Hecho Por:</b>	E.C.R			
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA				<b>Revisado por:</b>	G.R.R			
<b>Material:</b>	DE BASE ADICIONANDO 20% DE PET				<b>Fecha:</b>	28/08/2021			
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE								
<b>Tamaño Max:</b>	2 1/2"								
<b>Ubicación:</b>									
<b>METODO</b>		<b>PESOS Y GRANULOMETRIAS</b>				<b>PESOS Y GRANULOMETRIAS</b>			
		<b>REQUERIDOS</b>				<b>EMPLEADOS</b>			
<b>PASA TAMIZ</b>	<b>RETIENE TAMIZ</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1 1/2"	1"	0500 ± 25				0500 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25				1258 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10			
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10			
3/8"	1/4"			2500 ± 10					
1/4"	N° 4			2500 ± 10					
N° 4	N° 8				5000 ± 10				
PESO TOTAL		4250 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	4266 ± 25			
N° de Esferas		12	11	8	6	12			
Peso de las Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445	390 - 445			
		Peso Retenido en la malla N° 12 (gr.)				<b>3,328</b>			
		Peso que pasa en la malla N° 12 (gr.)				1,672			
		% Desgate				<b>39.2%</b>			
<b>OBSERVACIONES :</b>									
_____									
_____									
_____									
_____									

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Codigo	AE-FO-15
	<b>EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176</b>		Versión	1
			Fecha	20/04/2018
			Página	1 de 1

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante:** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE ADICIONANDO 20% DE PET

**Fecha:** 28-08-21

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 2 1/2"

**Ubicación:**

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYOS		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	14:04	14:06	14:08
4	Hora de Salida	14:14	14:16	14:18
5	Hora de Entrada	14:16	14:18	14:20
6	Hora de Salida	14:36	14:38	14:40
7	Altura Maxima de Material Fino (Pulgadas)	<b>13.50</b>	<b>13.80</b>	<b>14.20</b>
8	Altura Maxima de la Arena (Pulgadas )	<b>2.10</b>	<b>2.20</b>	<b>2.30</b>
9	Equivalente de Arena (%)	15.6	15.9	16.2
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	<b>16.00</b>		

**OBSERVACIONES :**

---



---



---



---

	<b>LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b> <b>MTC E 110 - MTC E - 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T 90</b>	Código	<b>AE-FO-157</b>
		Versión	<b>1</b>
		Fecha	<b>20/04/2018</b>
		Página	<b>1 de 1</b>

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante:** ANDY ROY TAMAY RAVILLET **Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA **Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE ADICIONANDO 20% DE PET **Fecha:** 28-08-21

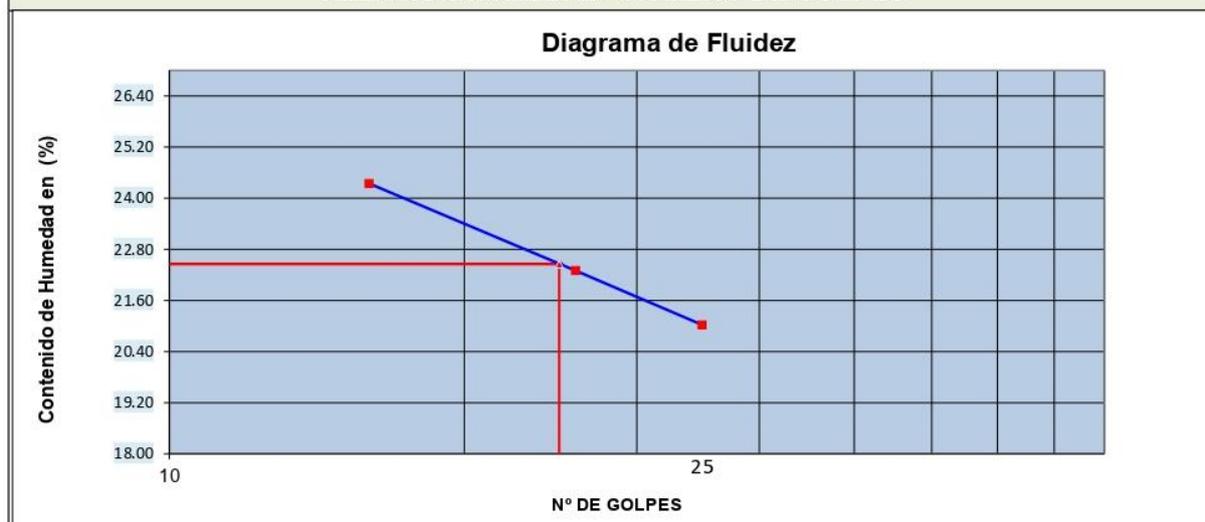
**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 2 1/2"

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
		1	2	3	4	5	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	55.68	49.00	48.67	16.28	16.49	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	48.73	43.74	43.70	15.00	15.23	
Peso de Recipiente (C)	gr.	20.18	20.15	20.06	8.18	8.51	
Peso del Agua (A-B)	gr.	6.95	5.26	4.97	1.28	1.26	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	28.55	23.59	23.64	6.82	6.72	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	24.34	22.30	21.02	18.77	18.75	18.76
N° De Golpes		16	26	35	0.24	0.02	

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	22.46	18.76	

### RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES



**OBSERVACIONES :**

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>			<b>Código</b>	AE-FO-15
	<b>HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108-2000)</b>			<b>Versión</b>	1
				<b>Fecha</b>	20-04-20218
				<b>PAGINAS</b>	1 de 1
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>					
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".				
<b>Solicitante :</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Hecho Por:</b>	E.C.R		
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA	<b>Revisado por:</b>	G.R.R		
<b>Material:</b>	DE BASE ADICIONANDO 20% DE PET	<b>Fecha:</b>	28-08-21		
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE				
<b>Tamaño Max:</b>	21/2"				
<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
TARRO					<b>PROMEDIO</b>
TARRO + SUELO HUMEDO		2510.0			
TARRO + SUELO SECO		2240.0			
AGUA		270.00			
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO		2240.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD		12.05 %			<b>12.05 %</b>

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 204 - ASTM D 422 - AASHTO T 88</b>		Versión	1
			Fecha	20/04/2018
			Página	1 de 1

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante :** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE ADICIONANDO 20% DE PET

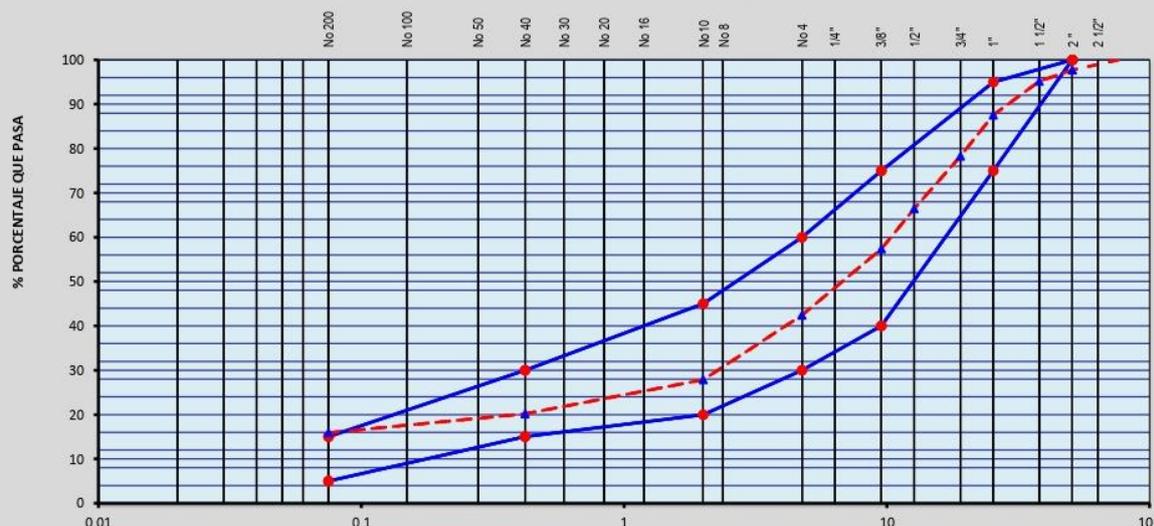
**Fecha:** 28-08-21

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 21/2"

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones		Descripción de Muestra
			Parcial	Acumulado		EG-2013 GRADACION A		
3"	76.200					<b>B</b>		Limite Liquido (LL) : 22.46 (%)
2 1/2"	63.500				100.0			Limite Plastico (LP) : 18.76 (%)
2"	50.800	525.0	2.3	2.3	97.7	100	100	Indice de Plasticidad (IP) : 3.70 (%)
1 1/2"	38.100	574.0	2.5	4.8	95.2			Grava 3" - N° 4 : 55.3 (%)
1"	25.400	1726.0	7.6	12.4	87.6	75	95	Arena N°4 - N° 200 : 26.5 (%)
3/4"	19.050	2105.0	9.3	21.7	78.3			Finos < N° 200 : 15.9 (%)
1/2"	12.700	2712.0	11.9	33.6	66.4			Determinación del Suelo : <b>Suelo Granular</b>
3/8"	9.525	2048.0	9.0	42.6	57.4	40	75	
1/4"	6.350							
No. 4	4.760	3398.0	15.0	57.6	42.4	30	60	<b>CLASIFICACION AASHTO</b>
No. 8	2.360							<b>A-1-b(0)</b>
No. 10	2.000	335.0	14.5	72.1	27.9	20	45	<b>CLASIFICACION SUCS</b>
No. 16	1.190							<b>GM</b>
No. 20	0.834							Descripción (SUCS)
No. 30	0.600							- Grava limosa con arena
No. 40	0.420	178.0	7.7	79.8	20.2	15	30	Peso Inicial (gr) : <b>22712.0</b>
No. 50	0.300							Peso Fraccion (gr) : <b>980.0</b>
No. 60	0.250							
No. 80	0.177							
No. 100	0.149	71.0	3.1	82.9	17.1			
No. 200	0.075	28.0	1.2	84.1	15.9	5	15	
<200		368.0	15.9	100.0				

### REPRESENTACION GRAFICA



**OBSERVACIONES :**

---



---



---

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	4 de 4

Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

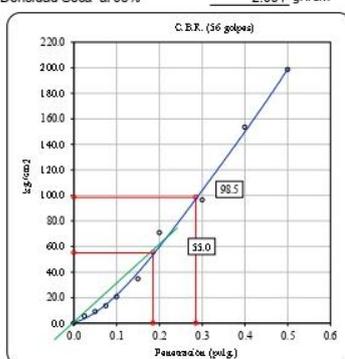
Solicitante	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 28/08/2018
Material	: DE CANTERA	Turno	: Diurno
Identificación	: BASE ADICIONANDO 20% DE PET	Profundidad	: - m
Procedencia	: C-1	Norte	: ---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este	: ---
Ubicación		Cota	: ---

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

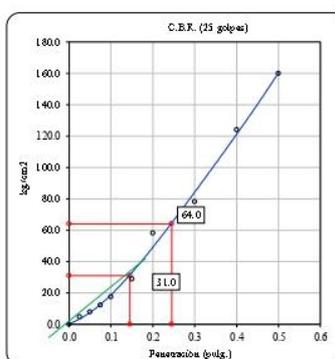
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca : 2.202 gr/cm<sup>3</sup>  
Máxima Densidad Seca al 95% : 2.091 gr/cm<sup>3</sup>

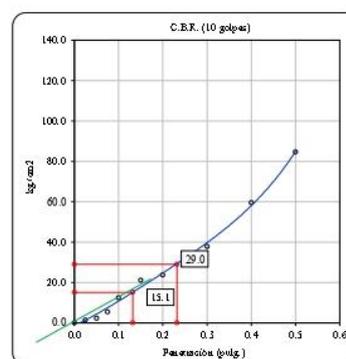
Óptimo Contenido de Humedad : 5.6 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 78.2 %

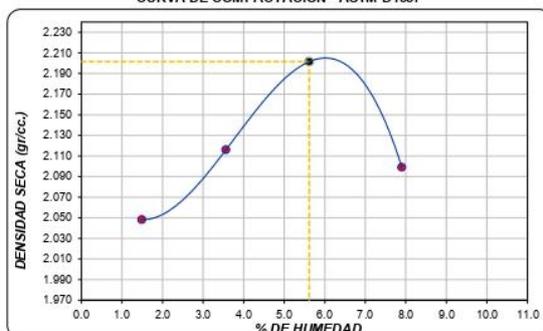


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 44.1 %



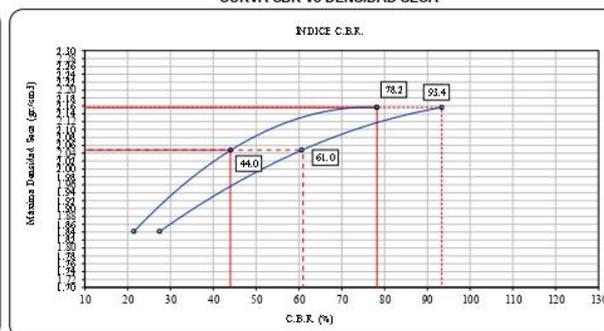
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 21.5 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 78.2 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 44.0 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 93.4 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 61.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---  
---

**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC**

TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 4

Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

Solicitante	: FEDECO CONTRATISTAS GENERALES SAC	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo:	28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno:	Diurno
Identificación	: BASE ADICIONANDO 20% DE PET	Profundidad:	- m
Procedencia	: C-1	Norte:	---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este:	---
Ubicación		Cota:	---

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

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	58		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,349		12,878		12,547	
Peso molde (gr.)	8,473		8,237		8,363	
Peso suelo compactado (gr.)	4,876		4,641		4,184	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,123		2,123		2,121	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,297		2,186		1,973	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2,156		2,048		1,842	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	0.0		0.0		0.0	
Tara + suelo húmedo (gr.)	522.0		853.0		753.0	
Tara + suelo seco (gr.)	490.0		799.0		703.0	
Peso de agua (gr.)	32.0		54.0		50.0	
Peso de suelo seco (gr.)	490.0		799.0		703.0	
Humedad (%)	6.5		6.8		7.1	

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
28-ago.-21	09:50	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
29-ago.-21	09:50	24	19	0.48	0.41	23	0.58	0.50	32	0.81	0.70
30-ago.-21	09:50	48	23	0.58	0.50	29	0.74	0.63	39	0.99	0.85
31-ago.-21	09:50	72	28	0.71	0.61	32	0.81	0.70	41	1.04	0.89
01-sep.-21	09:50	96	32	0.81	0.70	37	0.94	0.81	47	1.19	1.03

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		98	5.3			88	4.8			25	1.4		
0.050		166	9.0			146	7.9			42	2.3		
0.075		248	13.4			226	12.2			100	5.4		
0.100	70.307	380	20.6	55.0	78.2	322	17.4	31.0	44.1	228	12.3	15.1	21.5
0.150		639	34.6			532	28.8			390	21.1		
0.200	105.460	1308	70.7	98.5	93.4	1074	58.1	64.0	60.7	438	23.7	29.0	27.5
0.300		1779	96.2			1444	78.1			698	37.8		
0.400		2836	153.4			2292	124.0			1100	59.5		
0.500		3669	198.4			2957	159.9			1565	84.6		

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---

---

**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC**

TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 4

**Proyecto** : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

<b>Solicitante</b>	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por :	E.C.R
<b>Código del Proyecto</b>	: -	Revisado por :	G.R.R
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo:	28/08/2018
<b>Material</b>	: DE CANTERA	Turno:	Diurno
<b>Identificación</b>	: BASE ADICIONANDO 20% DE PET	Profundidad:	-
<b>Procedencia</b>	: C-1	Norte:	---
<b>Cantera</b>	: CHUYABAMBA	Este:	---
<b>Ubicación</b>		Cota:	---

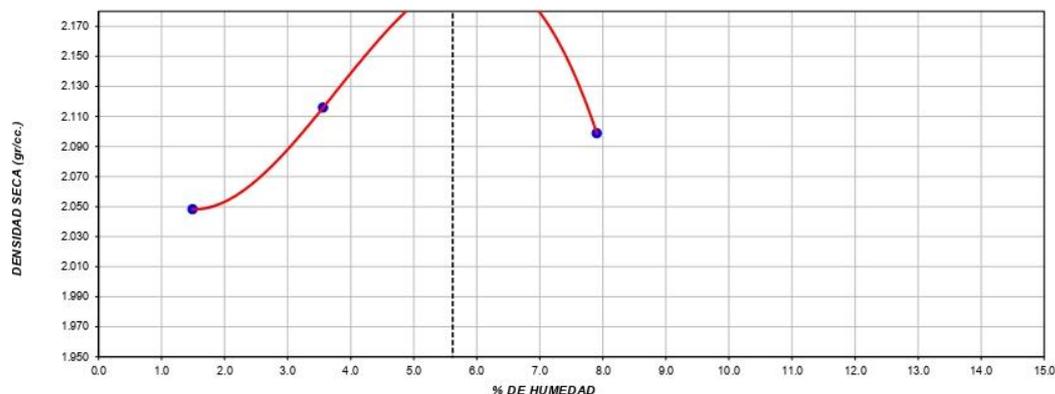
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumétrico Humedo	gr.	2.079	2.191	2.325	2.265
Contenido de agua	%	1.5	3.6	5.6	7.9
Densidad Seca	gr/cc	2.048	2.116	2.202	2.099

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>2.202</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	<b>5.6 %</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	--------------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---

---

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>

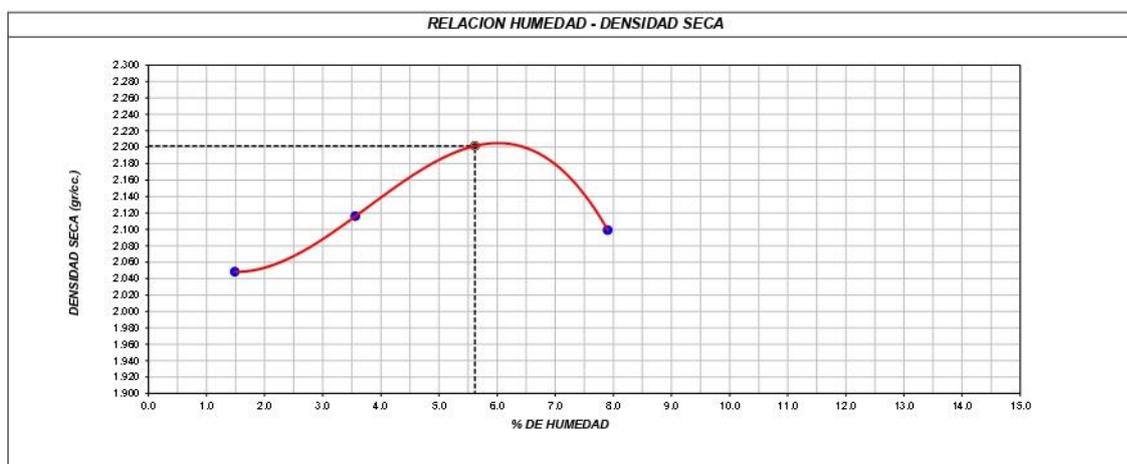
<b>Proyecto</b>	: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"		
<b>Solicitante</b>	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Ensayado por</b>	: E.C.R
<b>Código del Proyecto</b>	: -	<b>Revizado por</b>	: G.R.R
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: PROVINCIA DE CHOTA	<b>Fecha de Ensayo</b>	: 28/08/2021
<b>Material</b>	: DE CANTERA	<b>Turno</b>	: Diurno
<b>Identificación</b>	: BASE ADICIONANDO 20% DE PET	<b>Profundidad</b>	: - m
<b>Sondaje / Calicata</b>	: C-1	<b>Norte</b>	: --
<b>Cantera</b>	: CHUYABAMBA	<b>Este</b>	: --
<b>Coordenadas</b>	: -	<b>Cota</b>	: --

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>
---

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,795	11,035	11,321	11,192	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,436	4,676	4,962	4,833	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,079	2,191	2,325	2,265	
Recipiente Numero		0	0	0	0	
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	817.0	727.0	470.0	860.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	805.0	702.0	445.0	797.0	
Peso del agua	gr.	12.0	25.0	25.0	63.0	
Peso del suelo seco	gr.	805	702	445	797	
Contenido de agua	%	1.5	3.6	5.6	7.9	
Densidad Seca	gr/cc	2.048	2.116	2.202	2.099	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.202	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	5.6	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* --  
---

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

		INFORME DE ENSAYO				Código	AE-FO-15□			
		RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS CON TAMAÑOS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ANGELES (MTC E207 - ASTM C131)				Verión	1			
						Fecha	20/04/2018			
						Página	1 de 1			
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>										
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".									
<b>Solicitante :</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET					<b>Hecho Por:</b>	E.C.R			
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA					<b>Revisado por:</b>	G.R.R			
<b>Material:</b>	DE BASE ADICIONANDO 10% DE PET					<b>Fecha:</b>	28/08/2021			
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE									
<b>Tamaño Max:</b>	2 1/2"									
<b>Ubicación:</b>										
METODO		PESOS Y GRANULOMETRIAS				PESOS Y GRANULOMETRIAS				
		REQUERIDOS				EMPLEADOS				
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	A	B	C	D	A	B	C	D	
1 1/2"	1"	0500 ± 25				0500 ± 25				
1"	3/4"	1250 ± 25				1258 ± 25				
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10				
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10				
3/8"	1/4"			2500 ± 10						
1/4"	N° 4			2500 ± 10						
N° 4	N° 8				5000 ± 10					
PESO TOTAL		4250 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	4266 ± 25				
N° de Esferas		12	11	8	6	12				
Peso de las Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445	390 - 445				
		Peso Retenido en la malla N° 12 (gr.)				<b>3,358</b>				
		Peso que pasa en la malla N° 12 (gr.)				1,642				
		% Desgate				<b>38.5%</b>				
<b>OBSERVACIONES :</b>										
_____										
_____										
_____										
_____										

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>Codigo</b>	<b>AE-FO-15</b>
	<b>EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176</b>	<b>Versión</b>	<b>1</b>
		<b>Fecha</b>	<b>20/04/2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante :** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE ADICIONANDO 10% DE PET

**Fecha:** 28-08-21

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 21/2"

**Ubicación:**

ITEM	DESCRIPCION	ENSAYOS		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	14:04	14:06	14:08
4	Hora de Salida	14:14	14:16	14:18
5	Hora de Entrada	14:16	14:18	14:20
6	Hora de Salida	14:36	14:38	14:40
7	Altura Maxima de Material Fino (Pulgadas)	<b>12.50</b>	<b>12.35</b>	<b>12.95</b>
8	Altura Maxima de la Arena (Pulgadas )	<b>2.05</b>	<b>2.10</b>	<b>2.25</b>
9	Equivalente de Arena (%)	16.4	17.0	17.4
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	<b>17.00</b>		

**OBSERVACIONES :**

---



---



---



---

	Código	<b>AE-FO-15</b>
	Versión	<b>1</b>
	Fecha	20/04/2018
	Página	<b>1 de 1</b>

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante:** ANDY ROY TAMAY RAVILLET **Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA **Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE ADICIONANDO 10% DE PET **Fecha:** 28-08-21

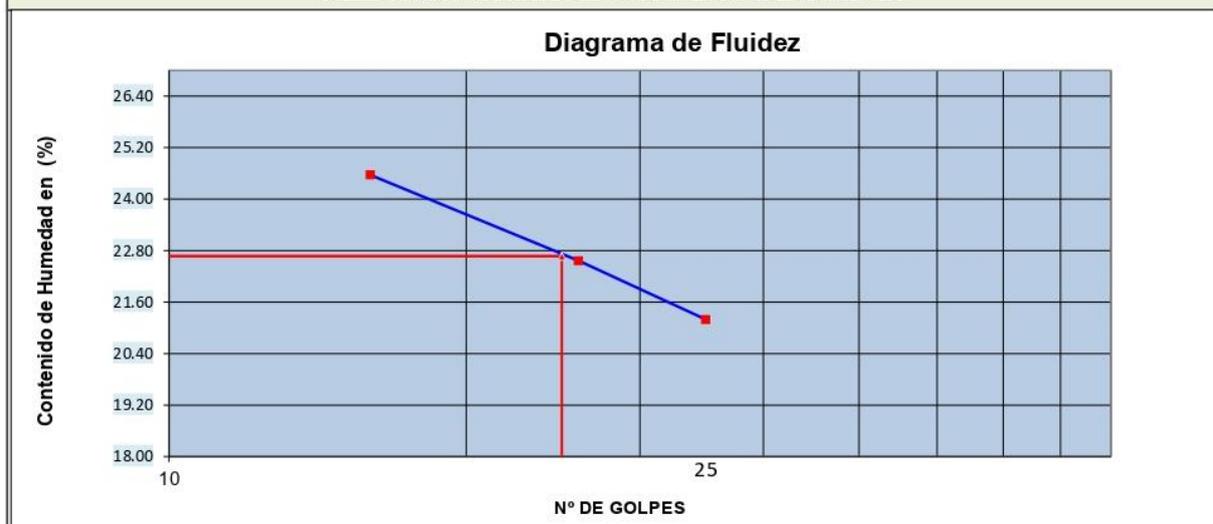
**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 21/2"

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	4	5	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	55.73	49.05	48.71	16.28	16.49	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	48.72	43.73	43.70	15.00	15.23	
Peso de Recipiente (C)	gr.	20.18	20.15	20.06	8.18	8.51	
Peso del Agua (A-B)	gr.	7.01	5.32	5.01	1.28	1.26	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	28.54	23.58	23.64	6.82	6.72	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	24.56	22.56	21.19	18.77	18.75	18.76
N° De Golpes		16	26	35	0.24	0.02	

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
		22.67	18.76

### RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES



OBSERVACIONES :

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>			<b>Código</b>	AE-FO-15
	<b>HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108-2000)</b>			<b>Versión</b>	1
				<b>Fecha</b>	20-04-20218
				<b>PAGINAS</b>	1 de 1
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>					
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".				
<b>Solicitante :</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Hecho Por:</b>	E.C.R		
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA	<b>Revisado por:</b>	G.R.R		
<b>Material:</b>	DE BASE ADICIONANDO 10% DE PET	<b>Fecha:</b>	28-08-21		
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE				
<b>Tamaño Max:</b>	2 1/2"				
<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
TARRO					<b>PROMEDIO</b>
TARRO + SUELO HUMEDO		2515.0			
TARRO + SUELO SECO		2241.0			
AGUA		274.00			
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO		2241.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD		12.23 %			<b>12.23 %</b>

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Código	AE-FO-15
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 204 - ASTM D 422 - AASHTO T 88</b>		Versión	1
			Fecha	20/04/2018
			Página	1 de 1

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".

**Solicitante:** ANDY ROY TAMAY RAVILLET

**Hecho Por:** E.C.R

**Cantera:** CHUYABAMBA

**Revisado por:** G.R.R

**Material:** DE BASE ADICIONANDO 10% DE PET

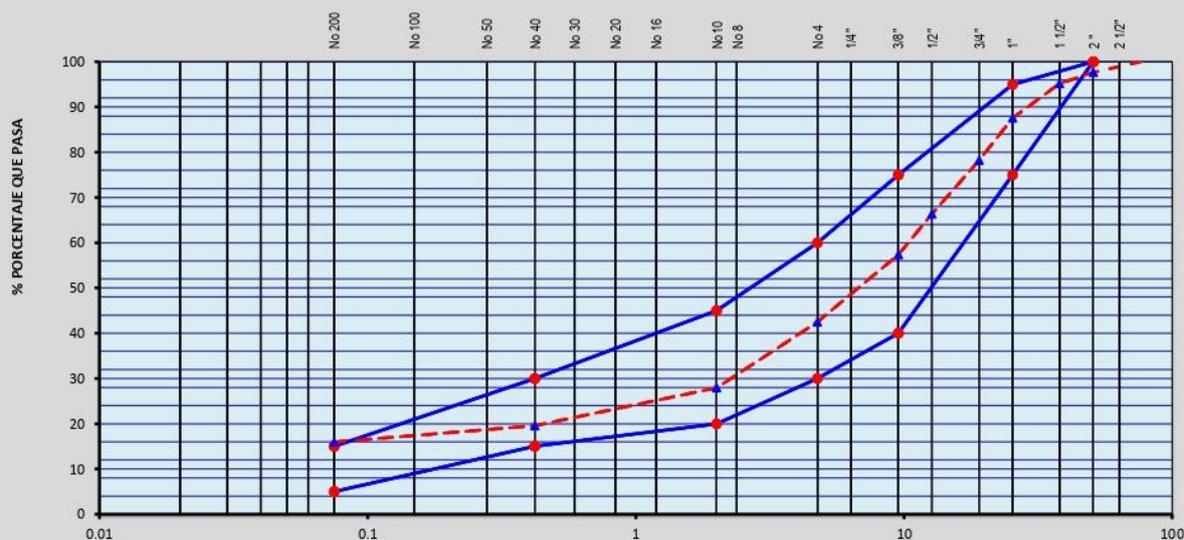
**Fecha:** 28-08-21

**Muestra:** TOMADA DE CANTERA POR EL SOLICITANTE

**Tamaño Max:** 2 1/2"

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones		Descripción de Muestra	
			Parcial	Acumulado		EG-2013 GRADACION A			
3"	76.200					<b>B</b>		Limite Liquido (LL) : 22.67 (%)	
2 1/2"	63.500				100.0			Limite Plastico (LP) : 18.76 (%)	
2"	50.800	535.0	2.3	2.3	97.7	100	100	Indice de Plasticidad (IP) : 3.91 (%)	
1 1/2"	38.100	580.0	2.5	4.8	95.2			Grava 3" - N° 4 : 55.2 (%)	
1"	25.400	1730.0	7.6	12.4	87.6	75	95	Arena N°4 - N° 200 : 26.5 (%)	
3/4"	19.050	2110.0	9.3	21.7	78.3			Finos < N° 200 : 16.0 (%)	
1/2"	12.700	2710.0	11.9	33.6	66.4			Determinación del Suelo : <b>Suelo Granular</b>	
3/8"	9.525	2040.0	9.0	42.6	57.4	40	75		
1/4"	6.350								
No. 4	4.760	3395.0	14.9	57.5	42.5	30	60	<b>CLASIFICACION AASHTO</b>	<b>A-1-b(0)</b>
No. 8	2.360							<b>CLASIFICACION SUCS</b>	<b>GM</b>
No. 10	2.000	328.0	14.5	72.0	28.0	20	45	Descripción (SUCS)	- Grava limosa con arena
No. 16	1.190							Peso Inicial (gr)	: <b>22792.0</b>
No. 20	0.834							Peso Fracción (gr)	: <b>960.0</b>
No. 30	0.600								
No. 40	0.420	190.0	8.4	80.4	19.6	15	30		
No. 50	0.300								
No. 60	0.250								
No. 80	0.177								
No. 100	0.149	62.0	2.7	83.1	16.9				
No. 200	0.075	20.0	0.9	84.0	16.0	5	15		
<200		360.0	16.0	100.0					

### REPRESENTACION GRAFICA



**OBSERVACIONES :**

---



---



---



---

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	4 de 4

Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

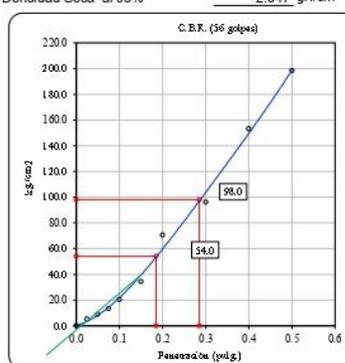
Solicitante	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno	: Diurno
Identificación	: 10% DE PET	Profundidad	: - m
Procedencia	: C-1	Norte	: ---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este	: ---
Ubicación		Cota	: ---

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

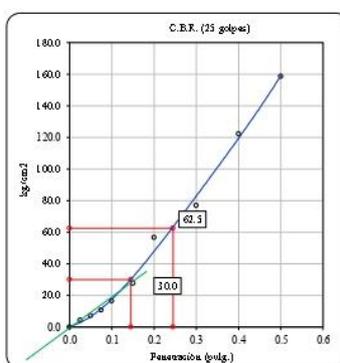
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca : 2.155 gr/cm<sup>3</sup>  
Máxima Densidad Seca al 95% : 2.047 gr/cm<sup>3</sup>

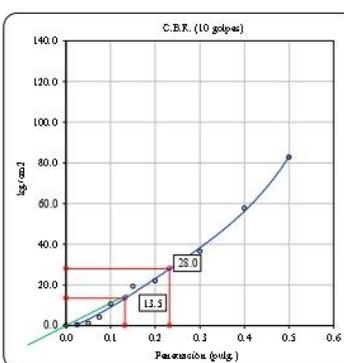
Óptimo Contenido de Humedad : 6.2 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 76.8 %

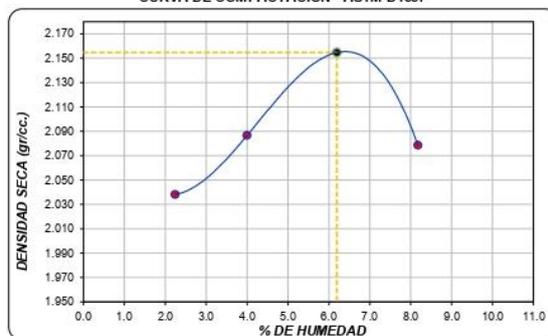


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 42.7 %



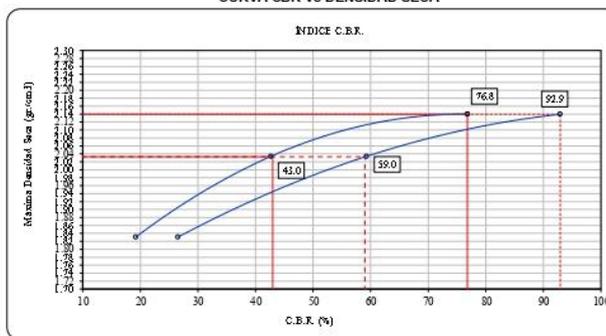
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 19.2 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 76.8 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 43.0 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 92.9 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 59.0 %

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---  
\* ---

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 4

Proyecto : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

Solicitante	: FEDECO CONTRATISTAS GENERALES SAC	Ensayado por	: E.C.R
Código del Proyecto	: -	Revisado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 28/08/2021
Material	: DE CANTERA	Turno	: Diurno
Identificación	: 10% DE PET	Profundidad	: - m
Procedencia	: C-1	Norte	: ---
Cantera	: CHUYABAMBA	Este	: ---
Ubicación		Cota	: ---

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

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,880		12,436		12,141	
Peso molde (gr.)	7,851		7,852		7,985	
Peso suelo compactado (gr.)	4,829		4,584		4,156	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,117		2,112		2,131	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,281		2,170		1,950	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2,140		2,034		1,831	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	0.0		0.0		0.0	
Tara + suelo húmedo (gr.)	500.0		793.0		750.0	
Tara + suelo seco (gr.)	469.0		743.0		704.0	
Peso de agua (gr.)	31.0		50.0		46.0	
Peso de suelo seco (gr.)	469.0		743.0		704.0	
Humedad (%)	6.6		6.7		6.5	

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
28-ago.-21	09:41	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
29-ago.-21	09:41	24	9	0.23	0.20	12	0.30	0.26	16	0.41	0.35
30-ago.-21	09:41	48	15	0.38	0.33	19	0.48	0.41	24	0.61	0.52
31-ago.-21	09:41	72	21	0.53	0.46	25	0.64	0.54	32	0.81	0.70
01-sep.-21	09:41	96	26	0.66	0.57	29	0.74	0.63	39	0.99	0.85

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		96	5.2			79	4.3			7	0.4		
0.050		164	8.9			133	7.2			19	1.0		
0.075		246	13.3			199	10.8			75	4.1		
0.100	70.307	378	20.4	54.0	76.8	305	16.5	30.0	42.7	195	10.5	13.5	19.2
0.150		635	34.3			510	27.6			355	19.2		
0.200	105.460	1305	70.6	98.0	92.9	1046	56.6	62.5	59.3	406	22.0	28.0	26.6
0.300		1775	96.0			1422	76.9			673	36.4		
0.400		2830	153.1			2259	122.2			1065	57.6		
0.500		3665	198.2			2933	158.6			1530	82.7		

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---

---

**GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC**

TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 4

**Proyecto** : "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"

<b>Solicitante</b>	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	Ensayado por :	E.C.R
<b>Código del Proyecto</b>	: -	Revisado por :	G.R.R
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: PROVINCIA DE CHOTA	Fecha de Ensayo:	28/08/2021
<b>Material</b>	: DE CANTERA	Turno:	Diuño
<b>Identificación</b>	: 10% DE PET	Profundidad:	-
<b>Procedencia</b>	: C-1	Norte:	---
<b>Cantera</b>	: CHUYABAMBA	Este:	---
<b>Ubicación</b>		Cota:	---

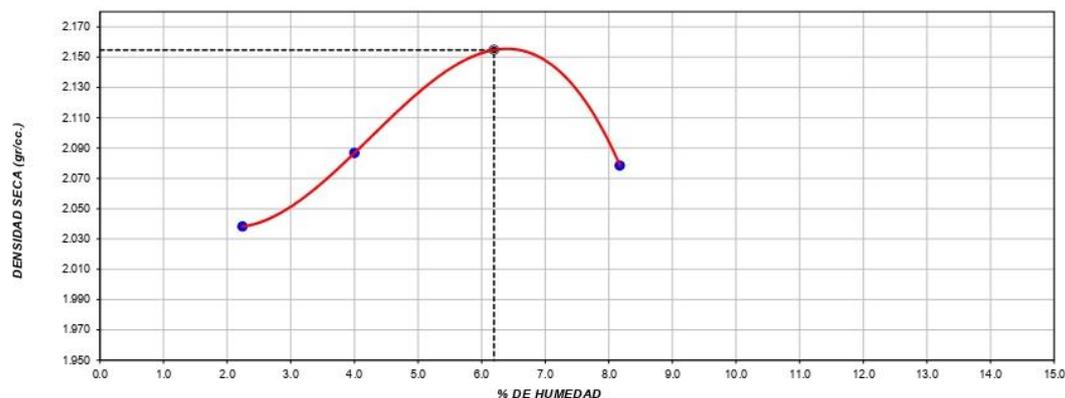
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.084	2.170	2.288	2.248	
Contenido de agua	%	2.2	4.0	6.2	8.2	
Densidad Seca	gr/cc	2.038	2.087	2.155	2.078	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>2.155</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>6.2</b>	<b>%</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	------------	----------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* ---  
---

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

	INFORME
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>

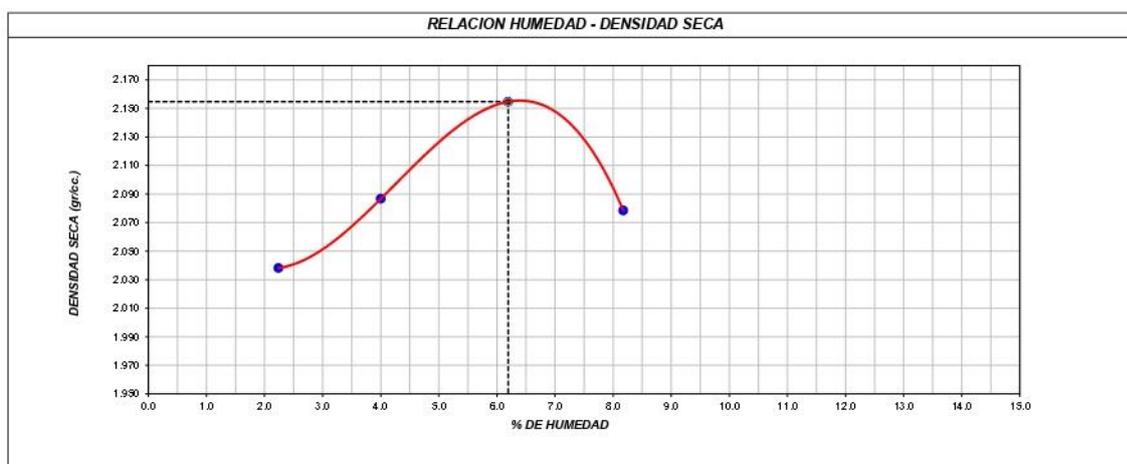
<b>Proyecto</b>	: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021"		
<b>Solicitante</b>	: ANDY ROY TAMAY RAVILLET	<b>Ensayado por</b>	: E.C.R
<b>Código del Proyecto</b>	: -	<b>Revizado por</b>	: G.R.R
<b>Ubicación de Proyecto</b>	: PROVINCIA DE CHOTA	<b>Fecha de Ensayo</b>	: 28/08/2021
<b>Material</b>	: DE CANTERA	<b>Turno</b>	: Diurno
<b>Identificación</b>	: 10% DE PET	<b>Profundidad</b>	: - m
<b>Sondaje / Calicata</b>	: C-1	<b>Norte</b>	: --
<b>Cantera</b>	: CHUYABAMBA	<b>Este</b>	: --
<b>Coordenadas</b>	: -	<b>Cota</b>	: --

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>
---

Volumen Molde	2134	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6359	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	10,806	10,990	11,242	11,157
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,447	4,631	4,883	4,798
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,084	2,170	2,288	2,248
Recipiente Numero		0	0	0	0
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	821.0	728.0	480.0	860.0
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	803.0	700.0	452.0	795.0
Peso del agua	gr.	18.0	28.0	28.0	65.0
Peso del suelo seco	gr.	803	700	452	795
Contenido de agua	%	2.2	4.0	6.2	8.2
Densidad Seca	gr/cc	2.038	2.087	2.155	2.078

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.155	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	6.2	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---

**OBSERVACIONES:**

\* Muestra provista e identificada por el solicitante

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

\* --

--

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LABORATORIO	GERENTE GENERAL	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

		INFORME DE ENSAYO				Código	AE-FO-15□			
		RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS CON TAMAÑOS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ANGELES (MTC E207 - ASTM C131)				Verisión	1			
						Fecha	20/04/2018			
						Página	1 de 1			
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>										
<b>Obra:</b>	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR TRATADA CON ADICIÓN DE PET RECICLADO TRITURADO, CANTERA CHUYABAMBA, CHOTA, 2021".									
<b>Solicitante :</b>	ANDY ROY TAMAY RAVILLET					<b>Hecho Por:</b>	E.C.R			
<b>Cantera:</b>	CHUYABAMBA					<b>Revisado por:</b>	G.R.R			
<b>Material:</b>	DE BASE					<b>Fecha:</b>	28/08/2021			
<b>Muestra:</b>	TOMADA DE CANTERA EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTE									
<b>Tamaño Max:</b>	21/2"									
<b>Ubicación:</b>										
METODO		PESOS Y GRANULOMETRIAS				PESOS Y GRANULOMETRIAS				
		REQUERIDOS				EMPLEADOS				
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	A	B	C	D	A	B	C	D	
1 1/2"	1"	0500 ± 25				0500 ± 25				
1"	3/4"	1250 ± 25				1258 ± 25				
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10				
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10			1254 ± 10				
3/8"	1/4"			2500 ± 10						
1/4"	N° 4			2500 ± 10						
N° 4	N° 8				5000 ± 10					
PESO TOTAL		4250 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	4266 ± 25				
N° de Esferas		12	11	8	6	12				
Peso de las Esferas		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445	390 - 445				
		Peso Retenido en la malla N° 12 (gr.)				<b>3,385</b>				
		Peso que pasa en la malla N° 12 (gr.)				1,615				
		% Desgate				<b>37.9%</b>				
<b>OBSERVACIONES :</b>										
_____										
_____										
_____										
_____										